

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

JOÃO GABRIEL FABIAN SILVESTRE

**ANÁLISE DA MALHA SEMAFÓRICA QUANTO À SINALIZAÇÃO, AO
POSICIONAMENTO E À SINCRONIZAÇÃO: ESTUDO DE CASO DA CIDADE DE
PATO BRANCO – PR**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PATO BRANCO

2017

JOÃO GABRIEL FABIAN SILVESTRE

**ANÁLISE DA MALHA SEMAFÓRICA QUANTO À SINALIZAÇÃO, AO
POSICIONAMENTO E À SINCRONIZAÇÃO: ESTUDO DE CASO DA CIDADE DE
PATO BRANCO – PR**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. MSc. Jairo Trombetta.

PATO BRANCO

2017



TERMO DE APROVAÇÃO

ANÁLISE DA MALHA SEMAFÓRICA QUANTO À SINALIZAÇÃO, AO POSICIONAMENTO E À SINCRONIZAÇÃO: ESTUDO DE CASO DA CIDADE DE PATO BRANCO - PR

João Gabriel Fabian Silvestre

No dia 24 de novembro de 2017, às 10h20min, na SALA Q008 da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, este trabalho de conclusão de curso foi julgado e, após arguição pelos membros da Comissão Examinadora abaixo identificados, foi aprovado como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, conforme Ata de Defesa Pública nº 43-TCC/2017.

Orientador: Prof. Msc. JAIRO TROMBETTA (DACOC/UTFPR-PB)

Membro 1 da Banca: Prof. Dr. VOLMIR SABBI (DACOC/UTFPR-PB)

Membro 2 da Banca: Prof^ª. Msc. RAYANA CAROLINA CONTERNO (DACOC/UTFPR-PB)

RESUMO

SILVESTRE, João Gabriel Fabian. **Análise da malha semafórica quanto à sinalização, ao posicionamento e à sincronização: Estudo de caso da cidade de Pato Branco – PR.** 63 páginas. Trabalho de Conclusão de Curso – Bacharelado em Engenharia Civil – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2017.

Um dos problemas vistos nos centros urbanos é o congestionamento de veículos e o grande número de acidentes no trânsito, acontecimento este que jamais esteve tão relevante como nos últimos anos. O desenvolvimento das cidades e o crescimento exponencial das frotas veiculares trazem à tona cada vez mais a importância de um sistema viário moderno e eficiente, que seja capaz de garantir a fluidez do trânsito e a segurança de seus usuários. O estudo a seguir tem como objetivo a análise da malha semafórica da cidade de Pato Branco-PR, atentando para o posicionamento, a sinalização e a sincronização dos focos semafóricos visando a melhoria do fluxo veicular e a segurança dos cidadãos. A análise desenvolvida seguiu os preceitos e teve como principal base de análise o Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito Volume V – Sinalização Semafórica. Ao fim da análise, foram apresentadas recomendações referentes a todos os aspectos analisados, para que sejam realizadas alterações na malha semafórica existente a fim de promover uma melhoria na segurança dos usuários e no fluxo veicular.

Palavras-chave: Sinalização semafórica. Posicionamento semafórico. Sincronismo. Engenharia de tráfego.

ABSTRACT

SILVESTRE, João Gabriel Fabian. **Traffic light mesh analysis for signaling, positioning and synchronization: Case study of the city of Pato Branco – PR.** 63 pages. Completion of course work - Bachelor of Civil Engineering – Federal Technological University of Paraná. Pato Branco, 2017.

One of the problems seen in urban centers is the traffic congestion and the large number of traffic accidents, an event that has never been more relevant than in recent years. The development of cities and the exponential growth of the vehicles fleets are increasingly revealing the importance of a modern and efficient road system that can guarantee the traffic flow and the safety of its users. The subsequent study aims to analyse the traffic light mesh of the city of Pato Branco – PR, focusing on the positioning, signalling and synchronization of traffic lights in order to improve the traffic flow and the safety of citizens. The analysis developed followed the guidelines and was based mainly in the Brazilian Manual of Traffic Signalling Volume V – Traffic Lights. At the end of the analysis, recommendations were made regarding all aspects analyzed, so that changes can be made in the existing traffic light mesh in order to promote an improvement in user safety and vehicular flow.

Keywords: Traffic light signalling. Traffic light positioning. Traffic light synchronization. Traffic engineering.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Interseção em T e em Y	18
Figura 2: Interseção Reta e Oblíqua	18
Figura 3: Semáforos Convencionais	25
Figura 4: Semáforo Sequencial	26
Figura 5: Semáforo regressivo	27
Figura 6: Interseção de vias com velocidade regulamentada de 40 km/h.....	29
Figura 7: Interseção de vias com velocidade regulamentada de 30 km/h.....	30
Figura 8: Interseção de vias com velocidades regulamentadas de 30 e 40 km/h	30
Figura 9: Campo visual do condutor em movimento	39
Figura 10: Representação visual da malha semafórica.....	48
Figura 11: Interação entre classificação das vias e malha semafórica.....	49
Figura 12: Foco semafórico antes da via transversal	50
Figura 13: Foco semafórico após a via transversal	50
Figura 14: Grupo focal muito próximo a linha de retenção	51
Figura 15: Semáforo repetidor para pedestres.....	52
Figura 16: Travessia sem possibilidade de visualização do semáforo	53
Figura 17: Travessia insegura de pedestre em semáforo 3 tempos.....	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Distância de visibilidade de parada em função da velocidade	40
Tabela 2: Distância da linha de retenção ao grupo focal.....	41
Tabela 3: Frota de Veículos de Pato Branco ao longo dos anos.....	45

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Cores e sinais da sinalização semafórica em focos de forma quadrada ..21	21
Quadro 2: Cores e sinais da sinalização semafórica em focos de forma circular.....22	22
Quadro 3: Formas e dimensões das lentes dos focos semafóricos23	23
Quadro 4: Semáforos para sinalização semafórica de regulamentação24	24
Quadro 5: Semáforos para sinalização semafórica de advertência com dois focos..25	25
Quadro 6: Distância mínima de Frenagem.....28	28
Quadro 7: Comparativo entre controle de tempo fixo e atuado34	34
Quadro 8: Características da posição do semáforo antes da via transversal.....37	37
Quadro 9: Características da posição do semáforo depois da via transversal38	38
Quadro 10: Identificação dos semáforos existentes46	46

LISTA DE SIGLAS

ANTP – Associação Nacional de Transportes Públicos

CONTRAN – Conselho Nacional de Trânsito

CTB – Código de Trânsito Brasileiro

DENATRAN – Departamento Nacional de Trânsito

DEPATRAN – Departamento de Trânsito de Pato Branco

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes

IPPUPB – Instituto de Pesquisa e Planejamento de Pato Branco

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	OBJETIVOS	14
1.1.1	Objetivo Geral	14
1.1.2	Objetivos Específicos	14
1.2	JUSTIFICATIVA	14
2	SISTEMA VIÁRIO	16
2.1	VIAS	16
2.2	INTERSEÇÕES	17
3	SINALIZAÇÃO SEMAFÓRICA	19
3.1	DEFINIÇÃO.....	19
3.2	IMPLANTAÇÃO	19
3.3	PADRÃO DE SINALIZAÇÃO SEMAFÓRICA.....	20
3.4	FUNÇÃO	23
3.5	TIPOS DE SEMÁFOROS VEICULARES	25
3.5.1	Semáforo convencional.....	25
3.5.2	Semáforo sequencial.....	26
3.5.3	Semáforo regressivo	27
3.6	UTILIZAÇÃO DO AMARELO INTERMITENTE	27
3.6.1	Restrições para o uso do amarelo intermitente	28
3.7	ELEMENTOS BÁSICOS DO CONTROLE SEMAFÓRICO	31
3.7.1	Grupo de movimentos	31
3.7.2	Grupo semafórico.....	32
3.7.3	Estágio	32
3.7.4	Entreverdes.....	32
3.7.5	Vermelho Geral	32
3.7.6	Ciclo	32
3.8	TIPOS DE CONTROLE SEMAFÓRICO.....	33
3.8.1	Controle de tempo fixo	33
3.8.2	Controle de tempo semiatuado	33
3.8.3	Controle de tempo totalmente atuado	33
3.8.4	Comparativo de tipos de controle.....	34
3.9	ESTRATÉGIAS DE CONTROLE SEMAFÓRICO	35

3.9.1	Controle isolado	35
3.9.2	Controle em rede	35
3.10	MODOS DE OPERAÇÃO SEMAFÓRICA.....	35
3.10.1	Controle local.....	35
3.10.2	Controle centralizado	36
3.11	POSICIONAMENTO SEMAFÓRICO VEICULAR	36
3.11.1	Padronização do posicionamento semafórico.....	36
3.11.2	Visibilidade dos semáforos	39
3.11.2.1	Visibilidade à distância.....	39
3.11.2.2	Visibilidade a partir da linha de retenção:	41
4	METODOLOGIA DA PESQUISA.....	42
4.1	ETAPAS DA PESQUISA.....	42
4.1.1	Mapeamento	42
4.1.2	Aspectos analisados	43
4.1.2.1	Quanto à sinalização	43
4.1.2.2	Quanto ao posicionamento	43
4.1.2.3	Quanto à sincronização	44
4.1.3	Diagnóstico	44
5	ANÁLISE DA MALHA SEMAFÓRICA	45
5.1	MAPEAMENTO DA MALHA SEMAFÓRICA.....	46
5.2	ANÁLISE QUANTO AO POSICIONAMENTO DOS SEMÁFOROS	49
5.3	ANÁLISE QUANTO À SINALIZAÇÃO SEMAFÓRICA	53
5.4	ANÁLISE QUANTO À SINCRONIZAÇÃO SEMAFÓRICA	57
6	DIAGNÓSTICO DA MALHA SEMAFÓRICA.....	59
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	61
	REFERÊNCIAS.....	62

1 INTRODUÇÃO

O uso de equipamentos de controle de tráfego certamente data de muito antes do que se há registros. Porém, como fato escrito, sabemos que os construtores das estradas de Roma antiga usavam grandes marcos de pedra para prover direções aos viajantes nas estradas (MUELLER, 1970).

O uso de semáforos no trânsito ocorre no mundo há mais de 100 anos. De acordo com Clowes (1986), o primeiro semáforo do mundo foi instalado em Londres, na Inglaterra em 1868. Muito embora tivesse como função coordenar os direitos de passagem assim como atualmente, esse semáforo se diferenciava dos atuais, pois possuía braços móveis que se moviam por meio de cabos de uma torre e suas lâmpadas eram a gás, sendo uma verde e outra vermelha. Segundo Mueller (1970), quando os braços do semáforo se encontravam na posição horizontal, significava 'pare' e quando abaixados para um ângulo de 45 graus, significava 'precaução'. À noite, a luz verde era empregada na posição de precaução e a luz vermelha na posição de pare.

Rychard Mayne, então comissário da polícia de Londres, deu a primeira definição do semáforo através de uma proclamação. Segundo Mayne, pelo sinal de 'precaução', todas as pessoas responsáveis por veículos ou cavalos são alertados para passar o cruzamento com cuidado e com a devida atenção aos pedestres. O sinal 'pare' será apenas utilizado quando for necessário que os veículos e cavalos parem em cada lado do cruzamento, para permitir a passagem de pessoas a pé (MUELLER, 1970).

Posteriormente, o primeiro semáforo elétrico, foi inventado por James Hoge, o qual foi utilizado pela primeira vez em Cleveland, nos Estados Unidos, em 1914. A partir dessa versão, que se difundiu nos Estados Unidos nas décadas seguintes, surgiu o semáforo com 3 cores tal qual utilizamos hoje. Porém, a interligação de semáforos só foi utilizada pela primeira vez em 1917, na cidade de Salt Lake City, no estado de Utah, e o primeiro sistema progressivo de onda verde foi proposto em 1922 (HOMBURGER; KELL; PERKINS, 1992).

De acordo com o Código de Trânsito Brasileiro (CTB), a sinalização "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 pedestre” (DENATRAN, 2008, p.110).

No Brasil, não se sabe ao certo qual foi o primeiro semáforo a ser instalado, mas sabe-se que o Manual de Semáforos no Brasil teve sua primeira edição em 1979. Atualmente, ele é desenvolvido pela Câmara Temática de Engenharia de Tráfego, da Sinalização e da Via do Departamento Nacional de Trânsito (DENATRAN), órgão de assessoramento ao Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN) (CONTRAN, 2014).

Todas as cidades, independentemente de suas dimensões, devem contar com um sistema de controle de tráfego eficiente. Um pequeno número de tentativas de efetuar o controle de tráfego urbano teve êxito, uma vez que além de englobar elementos multidisciplinares, a solução implica em enormes investimentos no sistema viário e fatores comportamentais dos usuários. O sistema viário de um município é altamente conectado, de modo que qualquer alteração ocorrida na malha acarreta em implicações diretas em sua totalidade (EGÍDIO, 2011).

A cidade de Pato Branco – PR, teve sua expansão determinada a partir de um eixo principal, sendo esse a Avenida Tupi, onde se concentrava a cidade inicialmente. Os bairros formaram-se então, gradualmente em seu entorno, se estendendo conforme a demanda de população e sem a realização de um planejamento prévio de abertura de vias, o que acarretou em diversos problemas relacionados com a malha viária da cidade.

Várias ruas de escoamento de fluxo central, como a própria Avenida Tupi, que tem parte de sua extensão em pista simples, não possuem largura suficiente para escoar o trânsito de modo eficiente. A criação de novas rotas de trânsito é prejudicada uma vez que a expansão da cidade em torno do eixo central já está consolidada, restando a alternativa de melhorar o escoamento do fluxo através dos equipamentos semaforicos de controle veicular.

Essa pesquisa pretende através do mapeamento da malha semaforica da cidade de Pato Branco – PR, realizar uma análise quanto ao posicionamento, sinalização e sincronização da malha, seguindo as normas e condutas definidas por órgãos nacionais de trânsito, principalmente o manual de trânsito do DENATRAN e com isso apontar possíveis alterações que venham a contribuir com a melhoria da segurança e do escoamento de veículos nas vias contempladas com esse sistema.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Identificar possíveis alterações quanto a malha semafórica de Pato Branco – PR a fim de melhorar o escoamento e a segurança do tráfego de veículos e pedestres nas esquinas semaforizadas.

1.1.2 Objetivos Específicos

- mapear e representar os cruzamentos semaforizados da cidade de Pato Branco – PR;
- analisar as esquinas semaforizadas quanto ao posicionamento dos semáforos;
- analisar as esquinas semaforizadas quanto à sinalização semafórica;
- analisar as esquinas semaforizadas quanto à sincronização semafórica;
- identificar alterações que possam ser adotadas quanto ao posicionamento, sinalização e sincronização.

1.2 JUSTIFICATIVA

Dentre todos os meios de transporte, o transporte rodoviário é o que mais domina o cenário nacional, chegando a representar até 96% das viagens de passageiros (PNT, 2001).

A quantidade de automóveis no país tem crescido anualmente em uma taxa elevada, passando de 17 milhões em 1998, para 27,8 milhões em 2006 e atualmente encontra-se em 51 milhões, ou seja, a frota de automóveis quase dobrou nos últimos 10 anos (DENATRAN, 2017).

No âmbito econômico, o impacto causado devido aos congestionamentos no Brasil é impactante. Estima-se que os custos estimados oriundos do congestionamento na cidade de São Paulo passaram de R\$17,3 bilhões em 2002 para R\$ 40,1 bilhões em 2012 (CINTRA, 2014).

Atualmente, a locomoção de forma ágil e efetiva, tornou-se uma das principais necessidades diárias do ser humano, uma vez que com o crescimento econômico das cidades, o aumento da população e o avanço das tecnologias que permitem a fabricação dos veículos automotores, a quantidade de veículos que compõe o trânsito urbano vem tomando proporções alarmantes (REIS, 2004 apud QUEDNAU, 2008).

De acordo com Joner e Volpi (2013), diversos métodos para melhorar o fluxo de veículos no trânsito tem sido alvos de estudos recentes, uma vez que se sabe que um fluxo de veículos mais eficiente pode diminuir consideravelmente os desperdícios de combustível e de tempo empregados nas locomoções diárias dos que utilizam o sistema de transporte urbano.

O recurso técnico mais utilizado atualmente para o controle dos fluxos é o semáforo. Na maioria das metrópoles do país, é crescente a quantidade de interseções semaforizadas, que tem como principal objetivo assegurar maior segurança à pedestres e veículos. Contudo, normalmente, o aumento da segurança acaba gerando perda de fluidez nas vias, o que resulta em maiores tempos de locomoções entre os pontos. Essa incompatibilidade vivida pelos engenheiros e controladores de tráfegos é justificada em períodos de pico de volume de tráfego, onde o número de conflitos entre veículos é maior. Porém, em períodos de menores volumes de tráfegos, uma malha de semáforos não sincronizada, pode ocasionar elevados tempos de espera indevidos, que podem ocasionar o desrespeito à sinalização e o conseqüente aumento do risco de acidentes (PAIVA NETO; CASTRO NETO; LOUREIRO, 2017).

Pode-se observar em algumas vias de trânsito da cidade de Pato Branco –PR, que os semáforos não são dispostos e não são sincronizados da maneira mais adequada, gerando assim problemas tanto para os pedestres que muitas vezes tem dificuldades para executar as travessias, quanto para os veículos que acabam enfrentando congestionamentos excessivos, principalmente em horários de pico.

Foi devido à observação dessa inadequação, tanto do ponto de vista de usuário, quanto do ponto de vista técnico que se verificou a importância atrelada a necessidade do desenvolvimento deste trabalho.

Acredita-se que através de uma análise da malha semaforizada da cidade, juntamente com as informações cedidas pelos órgãos municipais, será possível realizar alterações nos cruzamentos semaforizados que resultarão em melhorias de fluxo e de segurança para o trânsito do município.

2 SISTEMA VIÁRIO

Segundo Simões e Simões (2016), as avenidas e ruas de uma cidade compõem o sistema viário, enquanto as normas para os deslocamentos de pessoas e veículos formam o sistema de trânsito urbano, nos quais se deve aplicar várias medidas para que o trânsito ocorra de maneira segura e confortável.

A Associação Nacional de Transportes Públicos (ANTP) (2007), afirma que o sistema viário forma a estrutura do tecido urbano, determinando o modelo de organização espacial da cidade e fornecendo os caminhos para os deslocamentos de seus moradores. Ressalta-se ainda, que uma vez implantado, o sistema só poderá ser modificado através de procedimentos complexos e com alto custo.

De acordo com o DENATRAN (2008, p.19), trânsito é definido como sendo “a utilização das vias por pessoas, veículos e animais, isolados ou em grupos, conduzidos ou não, para fins de circulação, parada, estacionamento e operação de carga ou descarga”.

2.1 VIAS

As vias são componentes do sistema viário, que de acordo com o DENATRAN (2008) são definidas como superfícies por onde se transitam, compreendendo a pista, a calçada, o acostamento, ilha e canteiro central.

Segundo o DENATRAN as vias urbanas possuem diferentes classificações, sendo elas:

- Via de trânsito rápido – caracterizada por acessos especiais com trânsito livre, sem interseções em nível, sem acessibilidade direta aos lotes lindeiros e sem travessia de pedestres em nível. Não possuem semáforos, cruzamento ou retorno.
- Via arterial - caracterizada por interseções em nível, geralmente controlada por semáforo, com acessibilidade aos lotes lindeiros e às vias secundárias e locais, possibilitando o trânsito entre as regiões da cidade. Fazem ligações entre bairros na cidade.
- Via coletora - é destinada a coletar e distribuir o trânsito que tenha necessidade de entrar ou sair das vias de trânsito rápido ou arteriais, possibilitando o

trânsito dentro das regiões da cidade. Facilitam a movimentação de um ponto ao outro da cidade por possuírem ligação com as vias arteriais e de trânsito rápido.

- Via local – é caracterizada por possuir interseções em nível não semaforizadas, destinada apenas ao acesso local ou a áreas restritas. Não possuem nenhuma ligação, sendo usadas por veículos restritos.

Apesar da classificação simples do CTB, alguns autores expandem a classificação de vias, subdividindo-as de acordo com diversos fatores. Goldner (2008) ressalta que as vias podem ser classificadas segundo diferentes critérios, como: quanto ao gênero – aerovias, ferrovias, hidrovias, e rodovias; quanto à espécie – urbana, interurbana, metropolitana, rural; quanto à posição – radial, perimetral, longitudinal, transversal, anular, tangencial, diametral; quanto ao tipo – em nível, rebaixada, elevada, em túnel; quanto ao número de pistas – simples, e múltiplas; quanto à natureza da superfície de rolamento – pavimentada, simplesmente revestida, e em terreno natural; quanto às condições operacionais – sentido único, sentido duplo, reversível, interditada, e com ou sem estacionamento; quanto à jurisdição – federal, estadual, municipal e particular; e quanto à função das vias urbanas – expressa, arterial, coletora e local.

2.2 INTERSEÇÕES

Segundo o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) (2005), interseção é: confluência, entroncamento ou cruzamento de duas ou mais vias.

De acordo com Simões e Simões (2016), os tipos de interseção mais usuais em área urbana são reta, em T, em Y e oblíqua, conforme demonstrado na Figura 1 e na Figura 2. Algumas podem ter mais de quatro aproximações e outras podem conter rotatórias. A melhor angulação das vias, para melhor visibilidade de aproximação de usuários, é em torno de 90°.

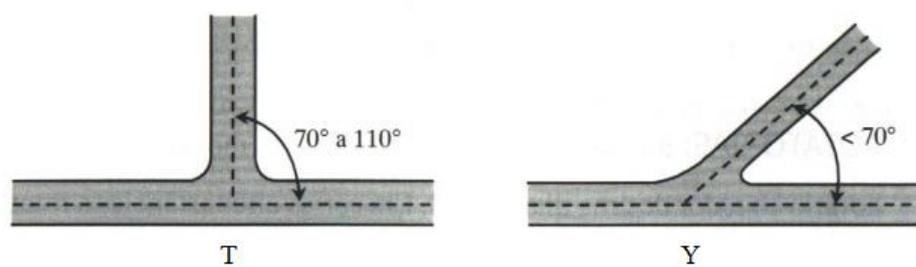


Figura 1: Interseção em T e em Y

Fonte: ALBANO (2017)

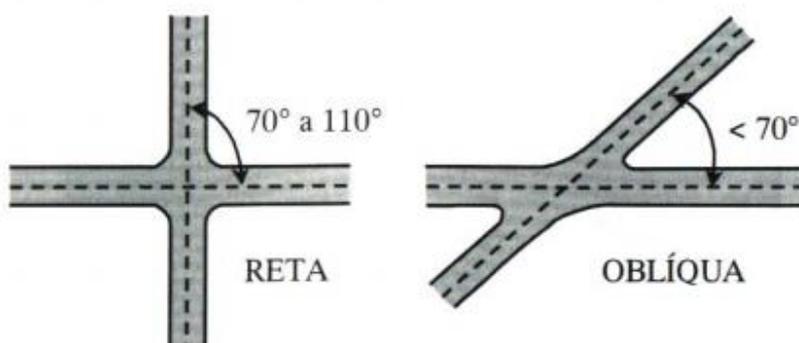


Figura 2: Interseção Reta e Oblíqua

Fonte: ALBANO (2017)

3 SINALIZAÇÃO SEMAFÓRICA

3.1 DEFINIÇÃO

A sinalização semafórica é um subsistema da sinalização viária que emprega indicativos luminosos (verde, vermelho e amarelo) acionadas alternada ou intermitentemente para coordenar os deslocamentos determinando alternância no direito de passagem (SIMÕES; SIMÕES, 2016).

Ainda segundo o CONTRAN (2014), a sinalização semafórica tem por objetivo comunicar aos usuários a informação a respeito do direito de passagem em interseções e/ou seções de via onde o espaço viário é disputado por dois ou mais movimentos conflitantes, ou orientar acerca de ocorrências nas vias que possam prejudicar a segurança dos usuários.

Existem basicamente dois grupos: a sinalização semafórica de regulamentação e a de advertência (SIMÕES; SIMÕES, 2016).

3.2 IMPLANTAÇÃO

Segundo o CONTRAN (2014), a adoção de sinalização semafórica não deve ser realizada sem realização prévia de avaliação sobre a eficácia de outros métodos de controle de tráfego substitutos a sinalização semafórica, tais como:

- controle a partir da obediência às normas gerais de circulação e conduta estabelecidas no Código de Trânsito Brasileiro;
- uso de sinalização vertical de regulamentação e/ou de sinalização horizontal;
- implantação de rotatórias ou outras formas de canalização do tráfego em interseções.

Em caso de, após avaliação dos demais métodos propostos, se optar pela sinalização semafórica, deve-se ter como princípio fundamental as condições de assimilação dos usuários da via, assegurando a eficácia dos semáforos. Para tal, é preciso garantir à sinalização semafórica os mesmos conceitos da sinalização de trânsito em geral, conforme abaixo (CONTRAN, 2014):

- **legalidade:** estar de acordo com o Código de Trânsito Brasileiro - CTB e legislação complementar;
- **suficiência:** permitir fácil percepção do que realmente é importante, com quantidade de sinalização compatível com a necessidade;
- **padronização:** seguir um padrão legalmente estabelecido e atender à regra de que situações iguais devem ser sinalizadas segundo os mesmos critérios;
- **clareza:** transmitir mensagens objetivas de fácil compreensão;
- **precisão e confiabilidade:** ser precisa e confiável, corresponder à situação existente, atender aos requisitos mínimos de segurança viária e fluidez, alternando o direito de passagem de movimentos conflitantes;
- **visibilidade e legibilidade:** ser vista à distância necessária e em tempo hábil para a tomada de decisão;
- **manutenção e conservação:** estar permanentemente limpa, conservada e visível; sofrer as adequações necessárias, tais como reprogramação, atualização e remoção, acompanhando a dinâmica do trânsito.

3.3 PADRÃO DE SINALIZAÇÃO SEMAFÓRICA

Em função da sequência de cores, o semáforo de regulamentação pode ser vertical ou horizontal, desde que estejam de acordo com o padrão descrito abaixo (SIMÕES; SIMÕES, 2016).

- **Semáforo de Regulamentação Vertical:** possui na posição superior o vermelho (significado de pare), no centro o amarelo (significado de atenção) e na posição inferior o verde (significado de siga).
- **Semáforo de Regulamentação Horizontal:** possui na posição esquerda o vermelho, na posição central o amarelo e na posição da direita o verde.

O semáforo de pedestres, possui apenas duas cores, sendo que não há a cor amarela. Na posição superior encontra-se o vermelho e na posição inferior o verde. A função de atenção, exercida pela cor amarela no semáforo de veículos é exercida pelas cores verde ou vermelho piscante (SIMÕES; SIMÕES, 2016).

Os Quadros 1 e 2 apresentam, respectivamente, as combinações envolvendo focos de forma retangular e circular, enquanto o Quadro 3 apresenta as formas e

respectivas dimensões das lentes dos focos semafóricos, conforme estabelecido na Resolução Nº 160/04 do CONTRAN (CONTRAN, 2014).

Quadro 1: Cores e sinais da sinalização semafórica em focos de forma quadrada

FORMA	COR	SINAL	SIGNIFICADO	AÇÃO DO USUÁRIO DA VIA
Quadrada	Vermelha		Indica para o pedestre a proibição da travessia	O pedestre não deve iniciar a travessia
	Vermelha (intermitente)		Indica para o pedestre o término do direito de iniciar a travessia. Sua duração deve permitir a conclusão das travessias iniciadas no tempo de verde.	O pedestre não deve iniciar a travessia. O pedestre que já iniciou a travessia no tempo de verde deve concluí-la, atentando para o fato de que os veículos estão prestes a receber indicação luminosa verde.
	Verde		Indica para o pedestre a permissão do direito de travessia	O pedestre tem a permissão de iniciar a travessia
	Vermelha		Indica, por meio do símbolo “X”, a proibição de circular na faixa sinalizada	O condutor não deve circular pela faixa sinalizada
	Verde		Permite a circulação na faixa indicada pela seta	O condutor tem a permissão de circular pela faixa sinalizada

Fonte: CONTRAN (2014)

Quadro 2: Cores e sinais da sinalização semafórica em focos de forma circular

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.
	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 3: Formas e dimensões das lentes dos focos semafóricos

SEMÁFOROS DESTINADOS A	FORMA DO FOCO	DIMENSÃO DA LENTE (mm)
Veículos automotores	Circular	Diâmetro de 200 ou 300
Bicicletas	Circular	Diâmetro de 200 ou 300
Faixas reversíveis	Quadrada	Lado de 300 (mínimo)
Advertência	Circular	Diâmetro de 200 ou 300
Pedestres	Quadrada	Lado de 200 ou 300

Fonte: CONTRAN (2014)

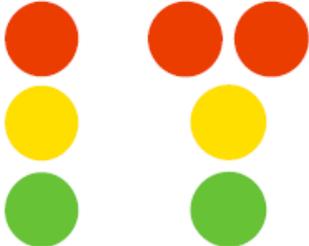
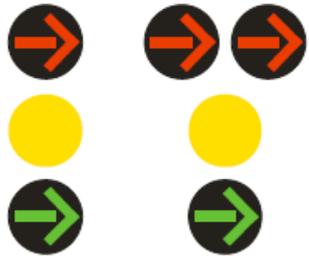
3.4 FUNÇÃO

Quanto a função, de acordo com o CONTRAN (2014) a sinalização semafórica pode ser classificada de dois modos, sendo eles:

- **Sinalização Semafórica de Regulamentação:** possui a função de regulamentar o controle de trânsito numa interseção ou seção de via, através de indicações luminosas, alternando o direito de passagem dos diversos fluxos de veículos e/ou pedestres.
- **Sinalização Semafórica de Advertência:** possui a função de advertir condutores e/ou pedestres a respeito da existência de obstáculo ou situação perigosa, devendo o condutor reduzir a velocidade e adotar as medidas de precaução compatíveis com a segurança para seguir adiante

O Quadro 4 a seguir, mostra os tipos de semáforos utilizados para sinalização semafórica de regulamentação, sendo eles: veicular, veicular direcional, veicular direção livre, veicular controle de acesso específico, veicular controle ou faixa reversível, pedestre e ciclista. O Quadro 5, diz respeito à disposição dos focos para a sinalização semafórica de advertência.

Quadro 4: Semáforos para sinalização semafórica de regulamentação

TIPO DO SEMÁFORO	POSIÇÃO VERTICAL	POSIÇÃO HORIZONTAL
Veicular	 <p>Observação: O grupo focal pode ser configurado com vermelho 300mm e amarelo/verde 200mm</p>	 <p>Observação: Só utilizar quando projetado sobre a via</p>
Veicular Direcional	 <p>Observação: Opcionalmente, pode-se utilizar foco amarelo com seta.</p>	 <p>Observações:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Só utilizar quando projetado sobre a via. ✓ Opcionalmente, pode-se utilizar foco amarelo com seta.
Veicular Direção Livre		
Veicular Controle de Acesso Específico		
Veicular Controle ou Faixa Reversível	Em semáforos de LED pode ser usado foco único.	
Pedestre		
Ciclista		

Quadro 5: Semáforos para sinalização semafórica de advertência com dois focos

TIPO DO SEMÁFORO	POSIÇÃO VERTICAL	POSIÇÃO HORIZONTAL
Veicular		

Fonte: CONTRAN (2014)

3.5 TIPOS DE SEMÁFOROS VEICULARES

Semáforo é definido como sendo o conjunto de grupos focais e seus respectivos suportes, instalados numa intersecção ou via (EJZENBERG, 2005).

3.5.1 Semáforo convencional

A Figura 3 mostra alguns tipos de semáforos veicular convencionais, com suas variações. Há 2 modelos de semáforos, sendo o modelo 'I' (Figura 3a e 3b) e o modelo 'T' (Figura 3c), onde há dois focos para o vermelho e apenas um para os demais. Também há variação no tamanho dos focos, conforme Figura 3b, onde o foco do vermelho é 300mm e dos demais é 200mm, variação permitida conforme explicado no Quadro 3.

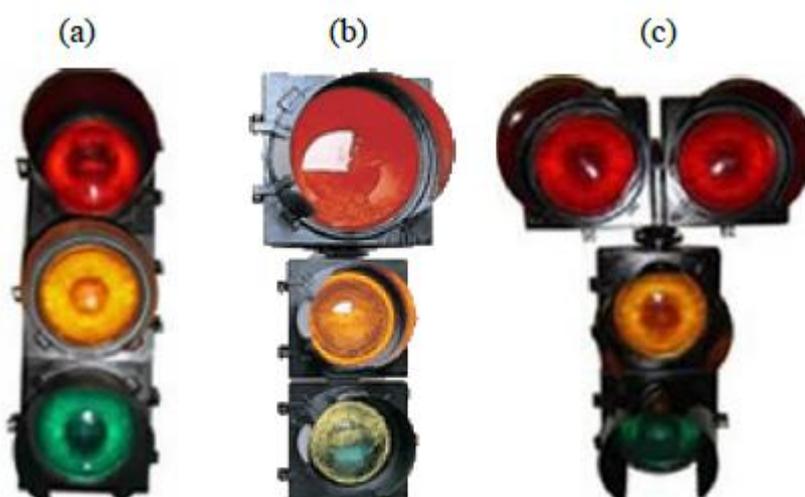


Figura 3: Semáforos Convencionais

Fonte: COBRASIN (2017).

3.5.2 Semáforo sequencial

Nos semáforos sequenciais a indicação do tempo de verde/vermelho remanescente é feita através de focos com tamanho normal com luzes que vão se apagando acima do foco usual que se mantém aceso (SPIGOLON, 2010).

De acordo com Serttel (2011 apud EGÍDIO, 2011, p. 22) o seu funcionamento é fundamentado no acendimento simultâneo de duas lâmpadas de mesma cor, a da extremidade inferior e a da extremidade superior. Esta última, então, desloca-se para baixo naquela fila, sempre apagando a atual e acendendo a seguinte. Esta cadência inicia-se quando estiver terminando o tempo daquela fase. Os tempos definidos para cadência são calculados proporcionalmente a partir do tempo total daquela fase (verde ou vermelho).

A Figura 4 mostra um dos modelos utilizados atualmente de semáforo sequencial, com o emprego de lâmpadas de LED.



Figura 4: Semáforo Sequencial

Fonte: Aatoria Própria (2017)

Beck, Jacques e Andrade (1996), citam como vantagem desse tipo de semáforo o aumento de tempo de verde efetivo, uma vez que o motorista utiliza o tempo de verde desde o início com maior segurança, reduzindo o tempo de verde perdido e o stress causado pela expectativa da mudança de cor no semáforo convencional, que pode ocorrer a qualquer momento. Além disso, quando utilizados em sistemas sincronizados, podem informar ao motorista a sua posição no sincronismo de onda verde, permitindo dessa forma ajustar a velocidade e proporcionar um melhor fluxo.

3.5.3 Semáforo regressivo

Este tipo de semáforo é muito semelhante ao semáforo sequencial no ponto de vista de informação apresentada ao motorista. No entanto, ele é composto de um semáforo convencional com um display numérico de contagem regressiva acoplado lateralmente, que possui a função de informar o tempo restante de verde e vermelho do semáforo (EGÍDIO, 2011).

A Figura 5 exemplifica um modelo de semáforo regressivo.



Figura 5: Semáforo regressivo
Fonte: Interativa Soluções (2017)

3.6 UTILIZAÇÃO DO AMARELO INTERMITENTE

Em certos horários, que geralmente ocorrem durante a madrugada, onde a demanda de veículos em uma determinada interseção semaforizadas não justifica a necessidade do semáforo, é possível, através dos controladores semaforicos eletrônicos, programar a operação do semáforo em amarelo intermitente. Nesse caso, o motorista do veículo fica exigido a reduzir a velocidade, conforme disposto no artigo 29, inciso III do CTB (CONTRAN, 2014).

Quando empregado de modo correto, o semáforo operando em amarelo intermitente pode reduzir o tempo de espera e parada dos veículos, contudo, existem diversas restrições ao seu uso, que necessitam ser observadas, de modo a prevenir acidentes (CONTRAN, 2014).

3.6.1 Restrições para o uso do amarelo intermitente

De acordo com o CONTRAN (2014) o sistema de semáforo operando em amarelo intermitente, não deve ser utilizado, mesmo que em períodos de pouco trânsito veicular, nos seguintes casos:

- no qual pelo menos uma das vias tenha velocidade regulamentada acima de 60 km/h;
- no qual a intervisibilidade dos condutores dos movimentos conflitantes não atende a distância de frenagem para a via;
- em sinalização semaforica que opera com três ou mais estágios veiculares;
- onde existirem duas ou mais linhas focais próximas, em sequência, no mesmo campo de visão do condutor, e uma delas não possa operar em amarelo intermitente, para não gerar dúvidas de interpretação do condutor.

No que diz respeito ao caso de intervisibilidade dos condutores dos movimentos conflitantes, essa distância de intervisibilidade é função da velocidade do veículo e da taxa de desaceleração do mesmo, e é tido como o critério mais importante na implantação do amarelo intermitente. Se a distância de frenagem for suficiente para que os condutores detenham seus veículos a tempo, o risco de colisões será minimizado (CONTRAN, 2014).

Os valores adotados para distância de frenagem mínima dos veículos estão dispostos no Quadro 6 abaixo.

Quadro 6: Distância mínima de Frenagem

Velocidade (km/h)	30	40	50	60
Distância de Frenagem (m) ⁽¹⁾	12	21	33	47
Notas: ⁽¹⁾ distância calculada utilizando taxa de desaceleração igual a e tempo de percepção e reação igual a zero.				

Fonte: CONTRAN (2014)

A velocidade do veículo é considerada através da velocidade regulamentar máxima da via.

As Figuras 6, 7 e 8 a seguir, demonstram respectivamente, exemplos de aplicação deste método, com as considerações para distância de frenagem mínima, em uma interseção formada por ruas de mão única com velocidade regulamentar

máxima de 40km/h, 30km/h e em um caso em que uma das ruas possui velocidade máxima de 40km/h e a outra de 30km/h.

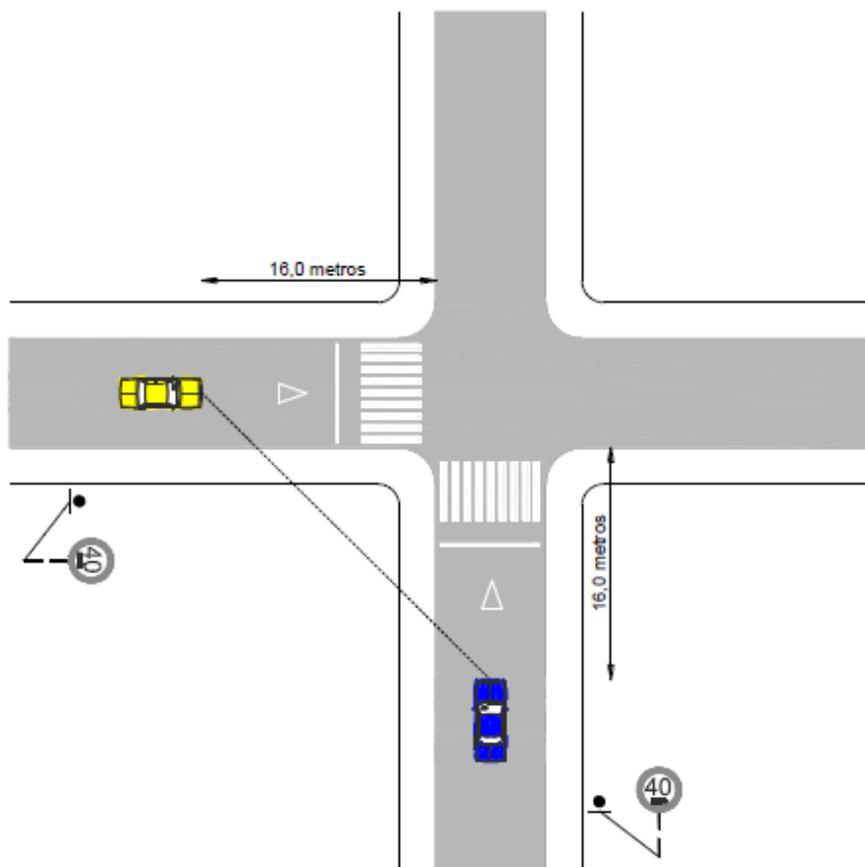


Figura 6: Interseção de vias com velocidade regulamentada de 40 km/h

Fonte: CONTRAN (2014)

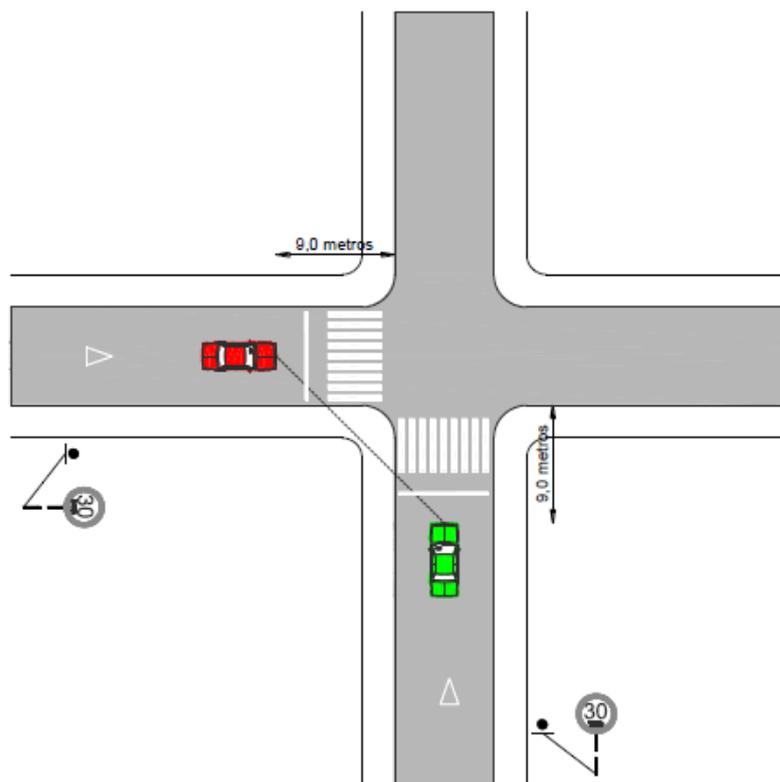


Figura 7: Interseção de vias com velocidade regulamentada de 30 km/h

Fonte: CONTRAN (2014)

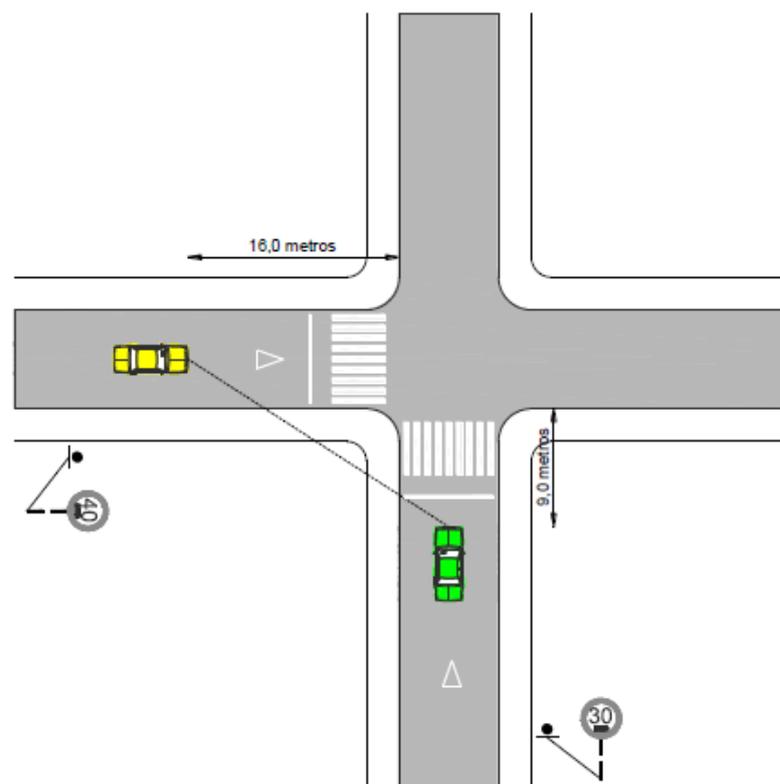


Figura 8: Interseção de vias com velocidades regulamentadas de 30 e 40 km/h

Fonte: CONTRAN (2014)

O uso do amarelo intermitente só é permitido se a área junto da interseção, definida pela linha que liga a posição dos dois veículos estiver isenta de obstáculos que atrapalhem a intervisibilidade dos condutores (CONTRAN, 2014).

Akishino (2004), apresenta ainda requisitos para programação e instalação do amarelo piscante. Segundo o autor, se for utilizado o amarelo piscante, é fundamental indicar ao usuário qual das duas vias é a preferencial, sendo que um dos métodos para isso, é deixar o amarelo piscante na via preferencial e o vermelho piscante na outra via.

Ainda segundo Akishino (2004), a transição do ciclo normal do semáforo para o amarelo piscante, assim como a indicação do amarelo piscante, deve ocorrer de acordo com os seguintes critérios:

- a troca da operação usual para a piscante deve ser iniciada no fim da indicação vermelha para a via principal;
- a troca da operação piscante para a usual deve ser iniciada no começo da indicação luminosa verde para a via principal;
- em qualquer caso, a troca de uma indicação amarela piscante para uma vermelha fixa ou piscante, não pode ser realizada sem uma indicação amarela fixa de limpeza;
- no semáforo piscante, a frequência deverá ser de 50 a 60 repetições por minuto.

3.7 ELEMENTOS BÁSICOS DO CONTROLE SEMAFÓRICO

Os termos apresentados a seguir são termos utilizados para o controle semafórico veicular.

3.7.1 Grupo de movimentos

Grupo de movimentos pode ser entendido como o conjunto de movimentos existente em uma mesma interseção que recebem concomitantemente o direito de passagem (CONTRAN, 2014).

3.7.2 Grupo semafórico

Denomina-se grupo semafórico o conjunto de semáforos com indicações luminosas iguais que controlam grupos de movimentos que recebem concomitantemente o direito de passagem (CONTRAN, 2014).

3.7.3 Estágio

Estágio é tido como o intervalo de tempo em que um ou mais grupos de movimentos recebem concomitantemente o direito de passagem, compreendendo o tempo de verde e o tempo de entreverdes (CONTRAN, 2014).

3.7.4 Entreverdes

O tempo de entreverdes é o intervalo abrangido entre o fim de um estágio de verde e o início do próximo estágio de verde, sendo, portanto, composto de um estágio amarelo e de um vermelho geral quando necessário. Esse tempo tem a intenção de evitar acidentes na área de conflito dos cruzamentos (CONTRAN, 2014).

3.7.5 Vermelho Geral

É o tempo onde todos os grupos semafóricos de uma interseção encontram-se com o foco vermelho ativado, sendo, portanto, o tempo compreendido entre o fim do estágio amarelo e o início do verde do próximo estágio (CONTRAN, 2014).

3.7.6 Ciclo

Designa-se como ciclo uma sequência completa de estágios de uma sinalização semafórica, sendo a soma dos tempos de todos os estágios (verde, amarelo e vermelho) (CONTRAN, 2014).

3.8 TIPOS DE CONTROLE SEMAFÓRICO

A sinalização semafórica em uma interseção pode ser controlada através de diferentes tipos.

Essencialmente, dois tipos são considerados, sendo eles o controle em tempo fixo e controle atuado pelo tráfego, que pode ser subdividido em controle semiatuado e controle totalmente atuado (CONTRAN, 2014).

3.8.1 Controle de tempo fixo

O controle em tempo fixo utiliza-se de contagem volumétrica de veículos e demais levantamentos de campos e dados de tráfego como base para calcular os planos semafóricos. Tal controle pode ser realizado com um único plano semafórico, ou com vários planos semafóricos que variam ao longo do dia, atendendo as demandas distintas de cada período do dia e de cada dia da semana (CONTRAN, 2014).

Ao decorrer do tempo de ação de um plano semafórico, a sequência de estágios, a duração dos estágios, o tempo de ciclo e a defasagem são mantidos constantes (CONTRAN, 2014).

3.8.2 Controle de tempo semiatuado

Esse tipo de controle, diferente do controle de tempo fixo apresenta tempos de estágios variados e utiliza detectores de tráfego implantados nas vias. O foco verde é mostrado continuamente na via principal, sendo interrompido quando tais detectores identificam a aproximação de veículos na via secundária (CONTRAN, 2014).

3.8.3 Controle de tempo totalmente atuado

O controle totalmente atuado baseia-se no monitoramento da demanda de tráfego na interseção, através de detectores de tráfego em todas as suas aproximações. Nesse tipo de controle, o princípio básico é a determinação do tempo

de verde associado a cada estágio, que flutua entre valores mínimos e máximos pré-estabelecidos (CONTRAN, 2014).

Esse tipo de controle pode permitir o ajuste em tempo real dos valores de alguns dos parâmetros de programação, como por exemplo, a prioridade a ser dada para uma aproximação congestionada (CONTRAN,2014).

3.8.4 Comparativo de tipos de controle

O Quadro 7 abaixo, apresenta um comparativo entre dois dos tipos de controle semafórico, o de tempo fixo e o atuado, apresentado as vantagens e desvantagens de cada sistema. Uma vez que os dois tipos são amplamente utilizados e possuem características distintas, cabe então ao responsável pelo sistema verificar qual dos tipos é o mais adequado para a área a ser controlada.

Quadro 7: Comparativo entre controle de tempo fixo e atuado

TIPO DE CONTROLE	VANTAGENS	DESVANTAGENS
Tempo fixo	<ul style="list-style-type: none"> ✓ A definição da programação e sua implantação são simples no caso de redes pequenas e operação isolada. ✓ Custo de implantação e operação inferior ao do controle atuado. ✓ Quando bem programado, levando em conta a variação do tráfego ao longo do dia, tem desempenho satisfatório. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Planos elaborados com dados de volume que não refletem a real situação do tráfego podem causar excessivo atraso para veículos e pedestres. ✓ Requer coleta periódica de dados de tráfego para assegurar a qualidade dos planos semafóricos. ✓ Pouco eficiente para locais ou períodos com grande variações de volume de tráfego.
Atuado	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Desempenho favorável em situações de volume variável. ✓ Minimiza tempos de verde ociosos. ✓ É o mais indicado para o controle de travessias de pedestres em meio de quadra. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Custo de implantação e manutenção mais elevado. ✓ Nem todos os controladores podem operar em modo totalmente atuado. ✓ A instalação dos detectores é onerosa e requer inspeção e manutenção periódica.

Fonte: CONTRAN (2014)

3.9 ESTRATÉGIAS DE CONTROLE SEMAFÓRICO

Existem basicamente duas formas de controle semafórico, sendo elas, o controle isolado ou o controle em rede (CONTRAN, 2014).

3.9.1 Controle isolado

O controle isolado de semáforos, como o próprio nome sugere, trata cada interseção semaforizadas separadamente, isto é, não existe nenhuma coordenação semafórica. Nesse caso, a definição da programação semafórica é definida através da demanda histórica do tráfego nas aproximações (CONTRAN, 2014).

3.9.2 Controle em rede

O controle em rede, contrariamente ao controle isolado busca considerar não somente o tráfego na interseção, mas, principalmente, o desempenho geral dos cruzamentos semaforizados, realizando a programação semafórica de toda a malha (CONTRAN, 2014).

3.10 MODOS DE OPERAÇÃO SEMAFÓRICA

O controle semafórico, além de definido entre isolado ou em rede, deve também ser definido conforme seu modo de operação, podendo ser o mesmo considerado como local ou centralizado.

3.10.1 Controle local

No controle local o controlador é situado em campo em cada interseção semaforizadas e recebe manualmente os dados da programação semafórica (CONTRAN, 2014).

A principal vantagem desse sistema é o seu custo de implantação e manutenção ser consideravelmente inferior que o modelo de controle centralizado (CONTRAN, 2014).

3.10.2 Controle centralizado

O controle centralizado utiliza um computador central ligado aos controladores eletrônicos de modo a gerenciar a operação conjunta de todos os equipamentos (CONTRAN, 2014).

Esse sistema permite o monitoramento do estado de funcionamento em tempo real dos controladores e dos semáforos, além da implantação remota de alguns dos elementos da programação semafórica (CONTRAN 2014).

Como principais vantagens desse sistema, encontram-se a facilidade da gestão semafórica, que permite rápidas alterações na programação semafórica, podendo contornar problemas originados por ocorrências de trânsito que venham a obstruir o sistema viário. Também a minimização de problemas de erro do relógio controlador e a rápida identificação de falhas de funcionamento nos equipamentos, permitindo um reparo mais rápido (CONTRAN, 2014).

3.11 POSICIONAMENTO SEMAFÓRICO VEICULAR

O posicionamento dos elementos de sinalização semafórica deve seguir critérios de projetos para a implantação, de forma que a informação passada pelos aos condutores e pedestres seja clara e que a visibilidade dos dispositivos aconteça a distâncias apropriadas e seguras. Além disso, deve ser levado em conta as interferências que tais dispositivos possam causar na circulação dos pedestres e nos acessos de veículos a lotes lindeiros (CONTRAN, 2014).

3.11.1 Padronização do posicionamento semafórico

Essencialmente existem dois tipos de posicionamento de semáforos em interseções, o posicionamento antes e o depois da via transversal (CONTRAN, 2014).

Cada uma das opções apresenta vantagens e desvantagens, sendo que ambas são viáveis, no entanto, o recomendável é a utilização de um único padrão por município. Deste modo, é interessante que os projetos possuam sempre o mesmo padrão, mantendo a clareza e a padronização da sinalização (CONTRAN, 2014).

A não utilização do padrão estabelecido pelo município só deve acontecer em casos em que não seja possível obedecer ao padrão adotado, seja por motivos de segurança ou por situações críticas de fluidez (CONTRAN, 2014).

Os Quadros 8 e 9 apresentam as características das duas opções de posicionamento em relação a diversos fatores, sendo o Quadro 8 referente ao posicionamento antes da via transversal e o Quadro 9 referente ao posicionamento depois da via transversal.

Quadro 8: Características da posição do semáforo antes da via transversal

TÓPICO	CARACTERÍSTICA
Parada na linha de retenção	Induz o condutor a parar o veículo antes da linha de retenção devido à condição de visualização do semáforo.
Transposição da interseção	Transposição da interseção sem informação da indicação luminosa do semáforo.
Travessia de pedestre	Induz o condutor a parar o veículo antes da faixa de travessia de pedestres devido à condição de visualização do semáforo.
Visibilidade do semáforo	Reduz os riscos de saída antecipada dos veículos devido à dificuldade de visualização do semáforo da via transversal.
Quantidade de material	Necessidade de implantar semáforos adicionais para que os condutores possam visualizar os focos a curta distância. Em determinadas situações a implantação de semáforos para pedestres é necessária devido à dificuldade de visualização.
Caixa de acumulação de veículos	Caixas de acumulação pequenas podem não comportar a quantidade de veículos, por ser necessário manter distância mínima de visibilidade entre a linha de focos e a retenção.
Interferências	A visualização clara da linha de focos em coluna simples pode ser prejudicada pelas interferências laterais, tais como postes de energia elétrica e árvores.

Fonte: CONTRAN (2014)

Quadro 9: Características da posição do semáforo depois da via transversal

TÓPICO	CARACTERÍSTICA
Parada na linha de retenção	Devido à facilidade de visualização dos grupos focais posicionados após a interseção, pode haver desrespeito à faixa de retenção e consequentes invasões da faixa de pedestres pelos veículos.
Transposição da interseção	Transposição da interseção com informação da indicação luminosa do semáforo.
Travessia de pedestre	Os pedestres, mesmo sem grupos focais específicos, geralmente conseguem visualizar a operação da sinalização semafórica por meio dos grupos veiculares, e compreender quando as correntes de tráfego são interrompidas para que eles possam realizar as travessias.
Visibilidade do semáforo	Pode haver saída antecipada dos veículos devido à possibilidade de visualização do semáforo da via transversal.
Quantidade de material	Geralmente não é necessário implantar semáforos veiculares adicionais para a visibilidade dos focos a curta distância.
Caixa de acumulação de veículos	A caixa de acumulação pode iniciar no limite da área de conflito da interseção, maximizando a quantidade de veículos acumulados.
Interferências	A visualização clara da linha de focos em coluna simples é menos prejudicada pelas interferências laterais, tais como postes de energia elétrica e árvores.

Fonte: CONTRAN (2014)

Independentemente do padrão adotado, é de extrema importância a verificação visual em campo, pois apenas assim será possível mensurar as interferências visuais e a real visibilidade do ponto de vista do pedestre e do condutor (CONTRAN, 2014).

Do mesmo modo, é imprescindível averiguar frequentemente as condições de visibilidade dos semáforos instalados, a fim de verificar se os mesmos não foram obstruídos por interferências visuais, como por exemplo galhos de árvores, painéis publicitários ou outros. Tal averiguação deve ser feita em diferentes horários e condições de luminosidade (CONTRAN, 2014).

Segundo Akishino (2004), na maioria das cidades brasileiras, adotou-se o sistema de focos depois da via transversal como padrão. Porém, a locação dos focos antes da via transversal, pode ser mais adequado, desde que existam precauções para assegurar a visibilidade quando os veículos estão parados na linha de retenção.

3.11.2 Visibilidade dos semáforos

De acordo com o CONTRAN (2014), os semáforos de um cruzamento têm de ser visíveis ao condutor de veículos sob duas condições:

- quando o veículo está se aproximando de local semaforizados, conceito conhecido como visibilidade à distância;
- quando o veículo se encontra parado na linha de retenção, conceito conhecido como visibilidade a partir da linha de retenção;

3.11.2.1 Visibilidade à distância

“A visibilidade do semáforo, seja em suporte projetado sobre a via ou em coluna simples, para o condutor de veículo em movimento de aproximação, deve considerar o campo visual do condutor (Figura 9) e a sua velocidade de aproximação” (CONTRAN, 2014, p.221).

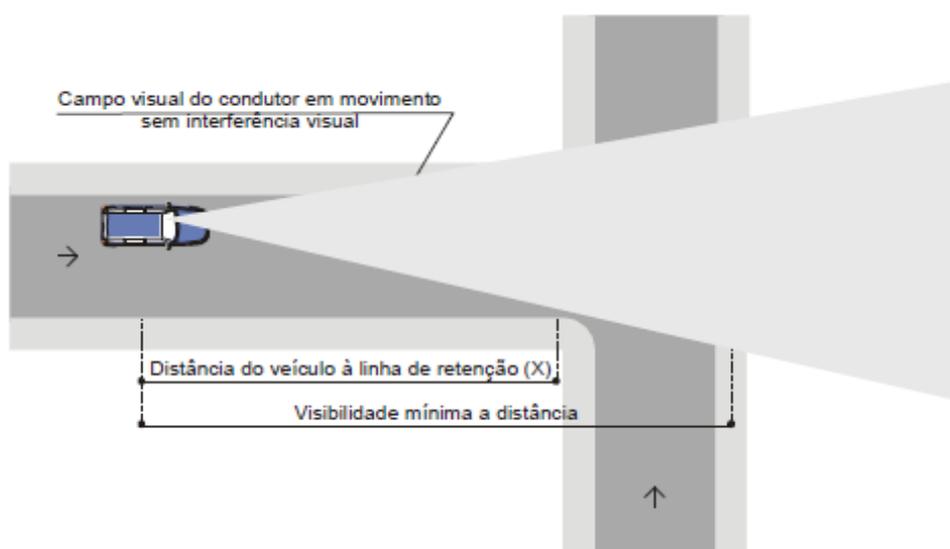


Figura 9: Campo visual do condutor em movimento

Fonte: CONTRAN (2014)

Ainda de acordo com o CONTRAN (2014, p.221), “A visibilidade à distância deve garantir o tempo necessário para o condutor perceber, reagir e parar o seu veículo na linha de retenção, de forma segura”.

A Tabela 1 apresenta valores estimados para distância de visibilidade de parada em função da velocidade da via. Para tal, foram adotados valores usuais de tempo de percepção e reação (1,0s) e desaceleração (3,0 m/s²), considerado via plana, sem obstáculos visuais e pavimento com boas condições de aderência.

Tabela 1: Distância de visibilidade de parada em função da velocidade

VELOCIDADE (km/h)	DISTÂNCIA DE VISIBILIDADE DE PARADA (m)
30	20
40	32
50	46
60	63
70	82
80	105

Fonte: CONTRAN (2014)

De acordo com Akishino (2004), alguns critérios devem ser adotados em relação a boa visibilidade, de forma a garantir a segurança do local semaforizados, sendo eles:

- no caso de vias sem volume elevado (até 1000 veículos/faixa) e com velocidades até 60km/h e largura menor que 10,5m, deve-se utilizar ao menos 2 grupos focais, sendo 1 em braço projetado e 1 repetidor;
- nos casos em que o volume e a velocidade, ou a largura, excederem os limites do caso anterior, deve-se utilizar 4 grupos focais, sendo 2 em braços projetados e 2 repetidores;
- é sempre mais plausível ter excesso de grupos focais do que falta dos mesmos;
- os grupos focais utilizados em braço projetados, devem ser dotados de anteparos para melhor visualização e destaque em relação ao fundo.

3.11.2.2 Visibilidade a partir da linha de retenção:

A distância compreendida entre o grupo focal e a linha de retenção, projetada em um plano horizontal, deve ser calculada de modo que o condutor do veículo, ao parar próximo a linha de retenção possa visualizar inteiramente o grupo focal a partir de sua posição natural de condução (CONTRAN, 2014).

A Tabela 2 estabelece as distâncias mínimas e máximas de visualização a partir da linha de retenção para semáforos de braço projetado e repetidores em coluna simples.

Tabela 2: Distância da linha de retenção ao grupo focal

DISTÂNCIA DA LINHA DE RETENÇÃO (D)	MÍNIMA (m)	MÁXIMA (m)
Semáforo em coluna simples (H=2,40m)	4,50	30,00
Semáforo projetado sobre a via (H=5,50m)	13,00	30,00

Fonte: CONTRAN (2014)

Nos casos em que não seja possível respeitar a distância mínima da linha de retenção, deve ser colocado semáforo repetidor em altura compatível com a distância disponível (CONTRAN, 2014).

4 METODOLOGIA DA PESQUISA

Este estudo classifica-se segundo seus objetivos, como pesquisa exploratória que, de acordo com Gil (2002, p. 41), “tem como objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou a constituir hipóteses”.

Segundo a sua abordagem, este estudo se caracteriza como uma pesquisa quali-quantitativa. De acordo com Fonseca (2002, p. 20):

Os resultados da pesquisa quantitativa podem ser quantificados. Como as amostras geralmente são grandes e consideradas representativas da população, os resultados são tomados como se constituíssem um retrato real de toda a população alvo da pesquisa. A pesquisa quantitativa se centra na objetividade. Influenciada pelo positivismo, considera que a realidade só pode ser compreendida com base na análise de dados brutos, recolhidos com o auxílio de instrumentos padronizados e neutros. A pesquisa quantitativa recorre à linguagem matemática para descrever as causas de um fenômeno, as relações entre variáveis, etc.

4.1 ETAPAS DA PESQUISA

Este trabalho se desenvolveu basicamente em três etapas principais. Primeiramente, foram obtidas juntamente ao Departamento de Trânsito de Pato Branco (DEPATRAN) as informações a respeito do mapeamento de todos os semáforos que compõem a malha semafórica de Pato Branco – PR, juntamente com as informações a respeito dos seus ciclos e método de funcionamento.

Em seguida, através de pesquisa de campo, analisou-se os semáforos quanto a três aspectos diferentes: sinalização, posicionamento e sincronização.

Por fim, de posse dos dados obtidos, foi possível elaborar um diagnóstico a respeito dos aspectos observados, de forma a expor os principais pontos de melhoria do sistema relativo a cada um dos aspectos analisados.

4.1.1 Mapeamento

A coleta dos dados a respeito da malha semafórica se deu através de contato com o DEPATRAN, órgão público responsável pelo controle dos semáforos do município, que detém as informações a respeito dos mesmos. A partir dos dados de

localização dos semáforos existentes disponibilizados pelo DEPATRAN, desenvolveu-se a representação em forma visual da malha semafórica da cidade.

4.1.2 Aspectos analisados

4.1.2.1 Quanto à sinalização

A análise quanto à sinalização dos semáforos se deu em quatro aspectos principais, sendo eles: padrão de sinalização, tipo de semáforo, tempo de entreverdes e uso do amarelo intermitente.

Analisou-se, portanto, se todos os semáforos se encontravam em conformidade com os padrões de sinalização estabelecidos pelo DENATRAN, assim como a sua qualificação quanto ao tipo, podendo esse ser convencional, sequencial ou regressivo.

Em seguida, os semáforos foram analisados quanto ao dimensionamento do tempo de amarelo, averiguando se o mesmo encontra-se adequado as situações do trânsito local.

O último aspecto de análise quanto a sinalização foi o uso do amarelo intermitente, onde foi verificado se a utilização de tal método está condizente com as diretrizes estabelecidas pelo DENATRAN para uso do mesmo.

4.1.2.2 Quanto ao posicionamento

Em relação ao posicionamento, analisou-se dois aspectos: padronização e visibilidade.

Quanto a padronização, foi observado se os semáforos da cidade se encontram em um mesmo padrão de posicionamento, assim como indicado pelo manual do CONTRAN.

Quanto a visibilidade, foi observado se a visibilidade que os motoristas dos veículos possuem do semáforo ao se aproximarem do mesmo e ao pararem antes da linha de retenção estava adequada às normas. Além disso, foi examinado também a visualização dos grupos focais do ponto de vista dos pedestres.

4.1.2.3 Quanto à sincronização

No que diz respeito a sincronização, foram obtidas informações junto ao DEPATRAN a respeito do tipo de controle semafórico empregado atualmente, assim como qual a estratégia de controle e modo de operação utilizados na malha semafórica da cidade. Além disso, foram obtidos dados a respeito dos ciclos de cada semáforo.

De posse dessas informações, e através de observação de campo, realizou-se uma análise para determinar quais são as vias em que os semáforos agem em sincronismo e quais são as vias em que há problemas em relação à sincronização.

4.1.3 Diagnóstico

Tendo-se em mãos todos os dados coletados, pode-se desenvolver um diagnóstico apresentando possíveis modificações a serem realizadas quanto a sinalização, posicionamento e sincronização de alguns semáforos existentes na cidade, de modo a contribuir para um melhor fluxo de tráfego e também para a segurança dos usuários do sistema viário urbano.

5 ANÁLISE DA MALHA SEMAFÓRICA

Pato Branco é um município localizado no sudoeste do Paraná com população de 72.320 pessoas de acordo com o censo demográfico de 2010 e população estimada de 80.710 pessoas em 2017, representando um crescimento estimado de aproximadamente 11,60% nos últimos 7 anos (IBGE, 2017).

Com o aumento da população tem-se, conseqüentemente, o aumento da frota de veículos do município. De acordo com o DETRAN-PR, a frota de veículos registrados em Pato Branco era de 38.217 veículos em Julho de 2010 e de 55.831 em Julho de 2017, conforme demonstrado na Tabela 3

Tabela 3: Frota de Veículos de Pato Branco ao longo dos anos

Data	Julho de 2006	Julho de 2010	Julho de 2012	Julho de 2017
Número de Veículos	26.295	38.217	44.498	55.831

Fonte: Detran-PR (2017)

Em uma comparação ao crescimento populacional do município, podemos notar que o crescimento da frota veicular foi superior ao populacional, atingindo no mesmo período um crescimento de aproximadamente 48,09%, quase 4 vezes mais do que os 11,60% do crescimento populacional. Se comparado em um período de 11 anos, relativo ao ano de 2006, a frota de veículos teve um aumento ainda mais significativo, chegando a 112%. Deste modo, podemos perceber que a estrutura viária central da cidade, que pouco se modificou ao longo dos últimos anos, precisa agora comportar mais do que o dobro de veículos do que há 11 anos atrás.

Atualmente, a cidade de Pato Branco conta com uma malha semafórica composta por 44 semáforos, todos distribuídos pela região denominada região central do município.

O sistema de controle empregado consiste em um sistema de tempo fixo, com determinação de tempos de ciclos determinados em função das características e volumes de tráfego local e estabelecidos com utilização do sistema computacional *Antares* da empresa brasileira Dataprom.

O sistema atual, de acordo com o DEPATRAN foi adotado em meados de 2012, quando então houve um estudo do tráfego local realizado pela empresa Dataprom

para realizar a implantação dos controladores, a instalação de novos focos semaforicos e a sincronização da malha semaforica. No entanto, os dados utilizados pelos controladores ainda datam majoritariamente das pesquisas de tráfego realizadas em 2012, de forma que tais dados tornaram-se obsoletos, visto que o número de veículos aumentou cerca de 25% nos últimos 5 anos.

5.1 MAPEAMENTO DA MALHA SEMAFÓRICA

Através de levantamento de campo, foram contabilizados todos os cruzamentos semaforizados da cidade, totalizando 44 cruzamentos, sendo 43 deles localizados no bairro Centro e 1 localizado no bairro Baixada, conforme Quadro 10.

Os cruzamentos foram então numerados de 01 a 44 e dispostos por via para facilitar as análises posteriores, de modo que esta identificação numérica será utilizada para citar o referido cruzamento ao longo do trabalho.

Quadro 10: Identificação dos semáforos existentes

ID	Cruzamento	Bairro
1	Itacolomi x Tocantins	Centro
2	Itacolomi x Goianases	Centro
3	Itacolomi x Av. Tupi	Centro
4	Itacolomi x Caramuru	Centro
5	Itacolomi x Tamoio	Centro
6	Itacolomi x Av. Brasil	Centro
7	Itacolomi x Paraná	Centro
8	Pedro R. de Mello x Paraná	Centro
9	Pedro R. de Mello x Av. Brasil	Centro
10	Pedro R. de Mello x Tamoio	Centro
11	Arariboia x Caramuru	Centro
12	Arariboia x Tupi	Centro
13	Arariboia x Tocantins	Centro
14	Arariboia x Goianases	Centro
15	Arariboia x Aimoré	Centro
16	Arariboia x Itapuã	Centro
17	Iguaçu x Tocantins	Centro

Quadro 10: Identificação dos semáforos existentes - Continuação

18	Iguaçu x Caramuru	Centro
19	Ibiporã x Tocantins	Centro
20	Ibiporã x Av. Tupi	Centro
21	Ibiporã x Tapajós	Centro
22	Ibiporã x Guarani	Centro
23	Ibiporã x Caramuru	Centro
24	Itabira x Paraná	Centro
25	Itabira x Av. Brasil	Centro
26	Itabira x Tamoio	Centro
27	Itabira x Caramuru	Centro
28	Itabira x Guarani	Centro
29	Itabira x Tapajós	Centro
30	Itabira x Tupi	Centro
31	Itabira x Tocantins	Centro
32	Itabira x Aimoré	Centro
33	Xingu x Av. Brasil	Centro
34	Xingu x Paraná	Centro
35	Tapir x Tocantins	Centro
36	Tapir x Tapajós	Centro
37	Tapir x Guarani	Centro
38	Tapir x Caramuru	Centro
39	Oswaldo Aranha x Guarani	Centro
40	Oswaldo Aranha x Tapajós	Centro
41	Oswaldo Aranha x Av. Tupi	Centro
42	Tocantins x Dr. Silvio Vidal	Centro
43	Tocantins x Dr. Beltrão	Baixada
44	Paraná x Mato Grosso	Centro

Fonte: Autoria própria (2017)

Com os dados de posicionamento dos cruzamentos semaforizados, foi então elaborado um mapa para representação visual da malha semafórica, a fim se perceber de forma mais prática o posicionamento dos cruzamentos ao longo malha viária da cidade, conforme demonstrado na Figura 10, onde os pontos verdes no mapa representam os cruzamentos semaforizados.

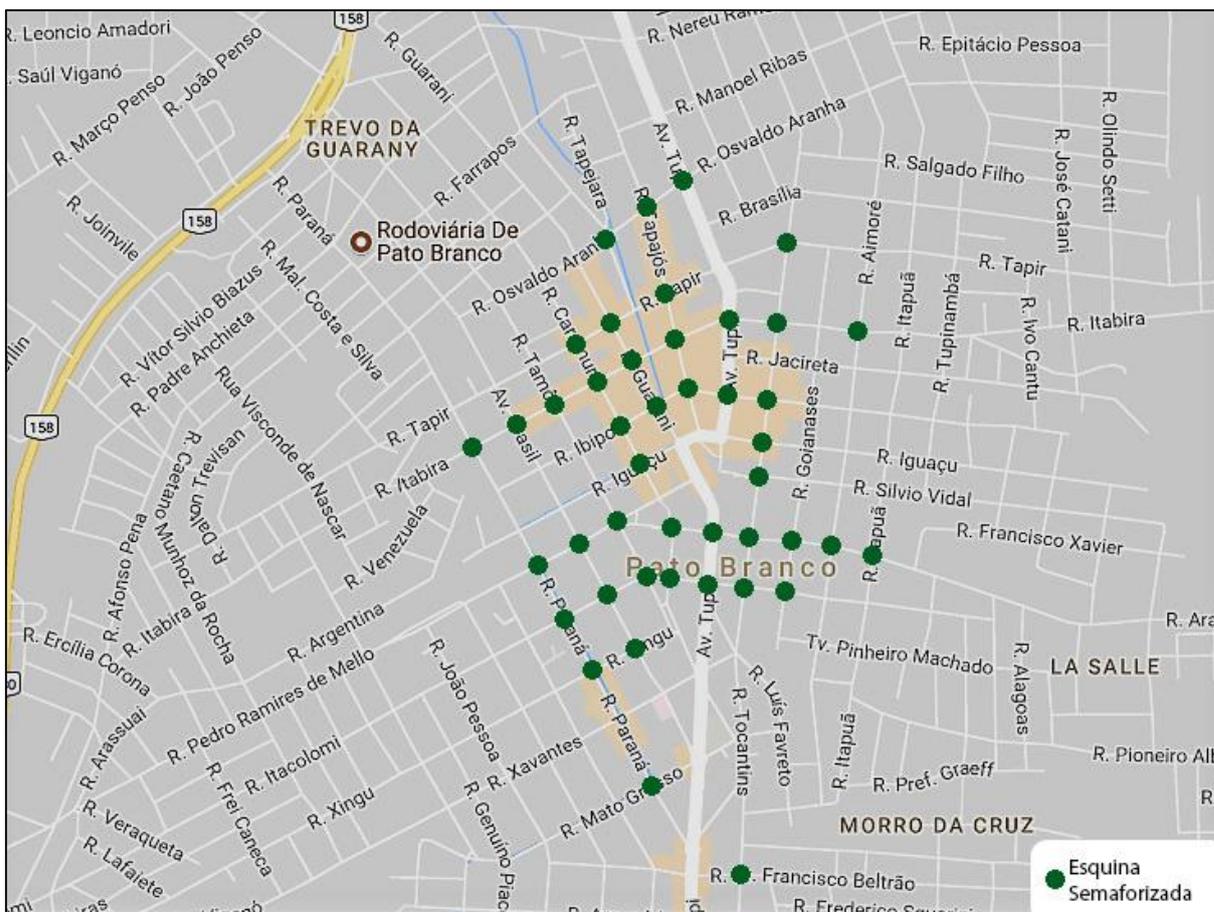


Figura 10: Representação visual da malha semafórica

Fonte: Autoria própria (2017)

Posteriormente, a mesma representação foi elaborada utilizando-se o mapa de hierarquia viária da cidade de Pato Branco, desenvolvido pelo Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Pato Branco. Esse mapa estabelece a classificação das vias urbanas quanto a sua condição de trânsito, fator esse que determina a velocidade máxima estabelecida na via, de acordo com o artigo 61 do CTB, como sendo:

- Oitenta quilômetros por hora nas vias estruturais;
- Sessenta quilômetros por hora nas vias arteriais;
- Quarenta quilômetros por hora nas vias coletoras;
- Trinta quilômetros por hora nas vias locais.

Deste modo, com a sobreposição das informações de mapeamento coletadas, obteve-se a Figura 11, com a função de proporcionar a prática visualização da velocidade máxima da via nas aproximações dos cruzamentos semafORIZADOS.

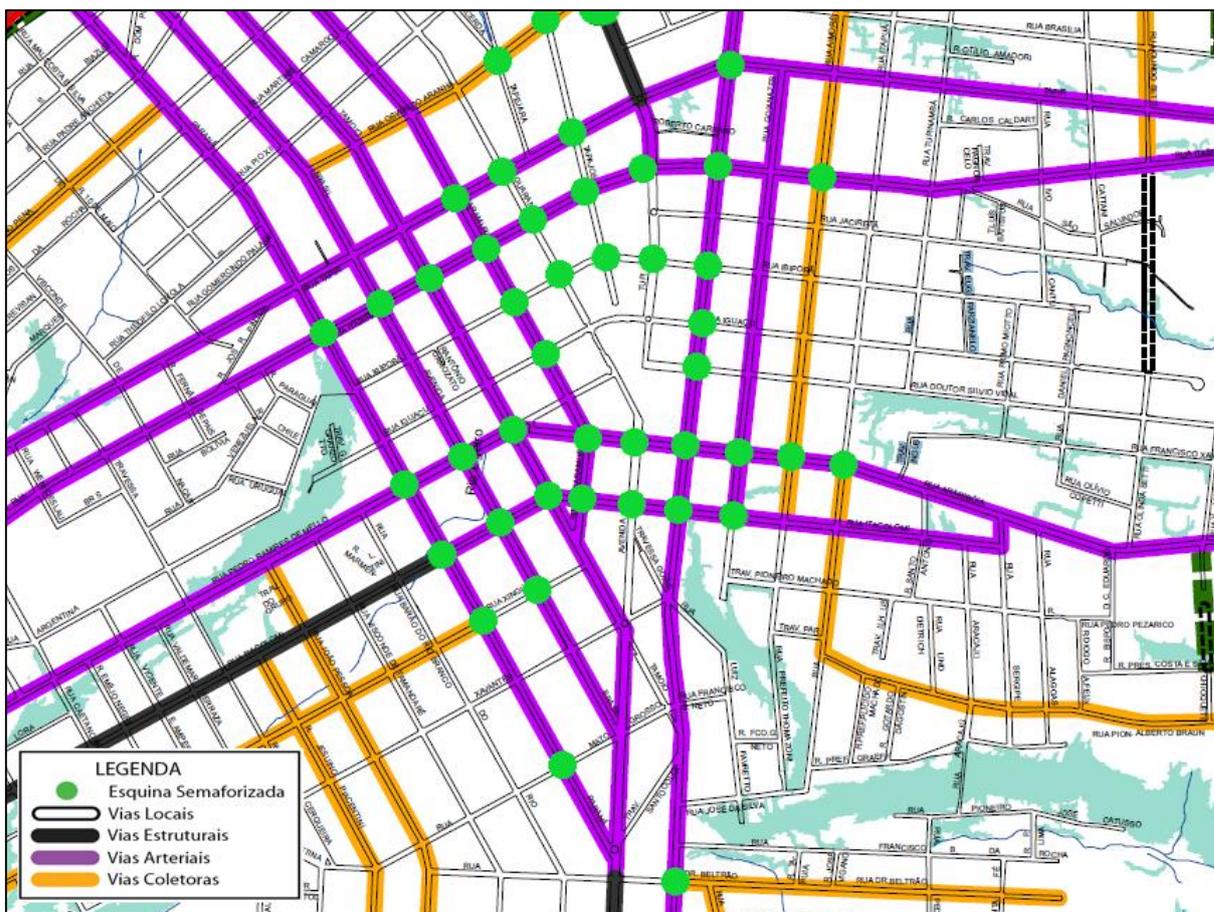


Figura 11: Interação entre classificação das vias e malha semafórica

Fonte: Autoria própria (2017)

5.2 ANÁLISE QUANTO AO POSICIONAMENTO DOS SEMÁFOROS

O primeiro aspecto analisado quanto ao posicionamento dos semáforos diz respeito à padronização. Como exposto anteriormente, existem duas opções distintas de locação de semáforos, sendo elas antes da via transversal e depois da via transversal. Dos 44 cruzamentos semaforizados existentes, averiguou-se que atualmente 37 cruzamentos contam com semáforos posicionados antes da via transversal e 7 cruzamentos com semáforos posicionados depois da via transversal, sendo eles os cruzamentos de número 24, 26, 32, 33, 34, 36 e 39.

Assim sendo, constata-se que o critério de padronização recomendado pelo CONTRAN em que todos os semáforos devem se encontrar posicionados da mesma maneira não está sendo atendido.

A figura 12, a seguir, do cruzamento 3 (Avenida Tupi x Itacolomi), demonstra o posicionamento do foco semafórico antes da via transversal, enquanto a figura 13 do cruzamento 32 (Itabira x Aimoré), demonstra o posicionamento do foco semafórico localizado após a via transversal.



Figura 12: Foco semafórico antes da via transversal

Fonte: Aatoria própria (2017)



Figura 13: Foco semafórico após a via transversal

Fonte: Aatoria própria (2017)

O segundo aspecto analisado foi a visibilidade dos grupos semafóricos, Sendo que no que diz respeito a visibilidade à distância, todos os 44 cruzamentos atenderam as condições de visualização estabelecidas na Tabela 1.

Em relação a visibilidade a partir da linha de retenção, os semáforos localizados após a via transversal cumprem com a distância mínima estabelecida de 13m, não necessitando portanto de grupo focal auxiliar para atender esse quesito. No entanto, dos 37 semáforos localizados antes da via transversal, apenas 8 cruzamentos contam com grupos focais auxiliares posicionados corretamente a distância de pelo menos 4,5m da linha de retenção, sendo estes os cruzamentos de número 2, 4, 5, 8, 9, 10, 11 e 13. Desta forma, temos um total de 15 cruzamentos em conformidade e 29 cruzamentos em desacordo com os padrões do CONTRAN.

Alguns cruzamentos encontram-se com o grupo focal auxiliar a uma distância de menos de 1 metro da linha de retenção, como demonstrado na Figura 14 referente ao cruzamento 3 (Avenida Tupi x Itacolomi) impossibilitando assim que o motorista parado na linha de retenção tenha acesso a informação da indicação luminosa, e portanto, inutilizando a principal função do grupo focal auxiliar atuante em cruzamentos com padrões de posicionamento anterior a via transversal.



Figura 14: Grupo focal muito próximo a linha de retenção

Fonte: Aatoria própria (2017)

Em relação ao aspecto de visibilidade para pedestres, de acordo com o CONTRAN (2014), a indicação luminosa do grupo focal deve ser visível pelos pedestres em toda a área de abrangência da faixa de travessia. Tal fator só foi atendido em 10 cruzamentos (12, 24, 26, 32, 33, 34, 36, 39, 40 e 41), dentre os quais encontram-se os 7 cruzamentos com semáforos posicionados após a via transversal, o cruzamento das ruas Avenida Tupi x Arariboia, por ser o único cruzamento na cidade com semáforo para pedestres e 2 outros cruzamentos em que o foco auxiliar está localizado anteriormente a extensão da faixa de pedestre.

A figura 15 demonstra o semáforo repetidor para pedestre localizado no cruzamento das ruas Tupi x Arariboia, permitindo visão completa da indicação luminosa para o pedestre durante a travessia, enquanto a figura 16 demonstra o caso oposto, no cruzamento 11 entre as ruas Arariboia x Caramuru, onde devido a posição dos grupos focais, o pedestre não consegue visualizar a indicação luminosa para realizar a travessia com segurança, o que comumente acarreta em travessias realizadas fora da faixa de pedestres.



Figura 15: Semáforo repetidor para pedestres

Fonte: Autoria própria (2017)



Figura 16: Travessia sem possibilidade de visualização do semáforo

Fonte: Autoria própria (2017)

5.3 ANÁLISE QUANTO À SINALIZAÇÃO SEMAFÓRICA

No que diz respeito ao aspecto de sinalização semafórica, se faz necessário a existência de uma sinalização de acordo com os padrões estabelecidos pelo CONTRAN, para que a sinalização seja clara e efetiva. Deste modo, foi analisado se todos os semáforos estavam de acordo com os padrões de cores e formas estabelecidos nos Quadros 1 e 2, e se o diâmetro das lentes estava de acordo com o especificado pelo Quadro 3. Sendo que todos os semáforos, tanto os principais como os de foco auxiliar presentes nos 44 cruzamentos, atenderam as especificações de padronização, uma vez que são utilizados semáforos dotados de sinalização através das cores verde, amarelo e vermelho e lentes circulares de 200mm.

O segundo aspecto desta análise quanto à sinalização diz respeito ao tipo de semáforo empregado nos cruzamentos. Nos últimos anos, a cidade de Pato Branco passou um processo de modernização dos grupos focais, de modo que grande parte

dos semáforos convencionais existentes foram substituídos por semáforos sequenciais. Sendo alguns deles, os substituídos mais recentemente, já dotados de lâmpadas de Light Emission Diod (LED), em substituição às lâmpadas comuns.

De acordo com SPIGOLON (2010), os semáforos dotados de lâmpadas de LED têm como suas principais vantagens a melhor visibilidade por parte dos usuários, tanto diurna como noturna e o menor consumo de energia, o qual pode chegar a ser reduzido em até 80%.

Dos 44 cruzamentos semaforizados analisados, 42 contam com a utilização de semáforos sequenciais nos grupos semaforicos principais, e apenas 2 cruzamentos continuam com a utilização de semáforos convencionais, sendo eles os dos cruzamentos 32 e 36 (Itabira x Aimoré e Tapir x Tapajós respectivamente). Em relação aos 18 cruzamentos que possuem focos auxiliares, todos os focos são no formato convencional, de modo que nos casos em que a visibilidade a partir da linha de retenção do grupo principal não é atendida, as vantagens da utilização do modelo sequencial acabam por serem inutilizadas, uma vez que o usuário tem acesso apenas a informação do grupo auxiliar de modelo convencional.

O terceiro ponto da análise é referente ao uso do amarelo intermitente durante horários noturnos de baixo tráfego veicular. Existe hoje, na programação semaforica da cidade, um ciclo atuante em todos os dias da semana, com abrangência da meia noite às seis horas da manhã, para que os semáforos atuem no modo de luz amarela piscante. Dos 44 cruzamentos, apenas 3 não estão programados com essa função, sendo eles os cruzamentos 30 e 41 (Itabira x Avenida Tupi e Osvaldo Aranha x Avenida Tupi, respectivamente), que de acordo com o DEPATRAN, não atuam nesse modo por estarem em pontos chaves da principal avenida da cidade, possuindo tráfego veicular e de pedestres mesmo em horários noturnos e o cruzamento 44, por questões técnicas do controlador.

Como citado no item 3.6.1, o CONTRAN estabelece que o sistema de semáforo operando em amarelo intermitente, não deve ser utilizado em alguns casos, mesmo que em períodos de pouco trânsito veicular. Desta maneira, foi analisado se os semáforos que se utilizam desse modo de operação estavam de acordo com os critérios estabelecidos.

Alguns dos semáforos analisados não atenderam a mais de um critérios expostos no item 3.6.1, como é o caso dos semáforos dos cruzamentos 1, 13, 17, 19, 31 e 35, que atuam com três estágios veiculares, designados como semáforos 3

tempos. No entanto, o fator comum encontrado em todos os 41 cruzamentos analisados que nenhum deles atende ao critério considerado pelo CONTRAN como sendo o principal critério a ser respeitado para adoção do sistema: o de intervisibilidade entre os condutores de modo a atender a distância mínima de frenagem para a via.

De acordo com as distâncias mínimas de frenagem para cada via expostas no Quadro 6 e de acordo as velocidades máximas das vias expostas na figura 11 foi realizado a medição em campo para observação da intervisibilidade, de modo que devido principalmente ao fato de as construções existentes estarem próximas as vias, essa distância mínima não é atingida em todos os movimentos conflitantes possíveis de um cruzamento em nenhum dos cruzamentos analisados, comprometendo assim a segurança dos usuários na utilização deste modo de operação.

Além disso, não há a definição de qual das duas vias do cruzamento é considerada como sendo a via principal (tal como sugerido por Akishino e apresentado no item 3.6.1) para evitar impasses nas decisões dos motoristas que necessitam ceder ou não a preferência aos demais usuários. Por fim, a falta da definição da via principal não permite que o sistema atenda aos critérios de que a troca da operação usual para a piscante deve ser iniciada no fim da indicação vermelha para a via principal e de que troca da operação piscante para a usual deve ser iniciada no começo da indicação luminosa verde para a via principal.

Os únicos critérios atendidos pelo modo atuante na atualidade, são os de uso de indicação de amarelo fixo de limpeza anteriormente a troca da indicação piscante para a fixa, e o de frequência de repetições por minuto, que encontra-se em 60 repetições por minuto.

O último critério analisado na sinalização foi referente à sinalização para pedestres.

De acordo com o CONTRAN (2014), é obrigatório o uso de grupos focais destinados a pedestres nas travessias com volume de pedestres e tempo médio de espera superiores aos parâmetros máximos definidos pelo CONTRAN. No entanto, a implantação dos grupos focais para pedestres em travessias também devem considerar outros fatores, dentre eles:

- visibilidade para o pedestre da indicação luminosa do grupo focal veicular;
- extensão da travessia;
- sinalizações semaforicas operando com mais de dois estágios;

- locais com demanda específica, como crianças, idosos, pessoas com dificuldade de locomoção.

Como já citado anteriormente na análise quanto ao posicionamento, em diversos cruzamentos, tanto o foco principal, quanto o foco auxiliar não atendem às distâncias mínimas em relação a linha de retenção. Isso impossibilita a visibilidade para o pedestre da indicação luminosa do grupo focal veicular, e portanto, fazendo-se necessária a instalação de um grupo focal para pedestres.

Além disso, há cruzamentos que, além de não permitirem essa visibilidade, operam com mais de dois estágios veiculares (1, 13, 17, 19, 31 e 35). Isso resulta em um grande risco para o pedestre, uma vez que se o mesmo não possuir o conhecimento de que o cruzamento atua em 3 estágios, esse, ao visualizar a indicação luminosa vermelha para os veículos, pode entender que poderá realizar a travessia com segurança. No entanto, a indicação luminosa pode estar verde para o trânsito no sentido oposto da mesma via, conforme demonstrado na figura 17.



Figura 17: Travessia insegura de pedestre em semáforo 3 tempos

Fonte: Autoria própria (2017)

5.4 ANÁLISE QUANTO À SINCRONIZAÇÃO SEMAFÓRICA

Os 44 cruzamentos semaforizados da cidade de Pato Branco se distribuem através de 11 vias que atravessam a região central no sentido norte-sul e de 10 vias que atravessam a região central no sentido leste-oeste. A Rua Itabira, uma das vias de maior fluxo, é a que possui maior número de cruzamentos semaforizados, com 9. Enquanto 4 ruas, sendo elas a Rua Dr. Beltrão, Rua Mato Grosso, Rua Dr. Silvio Vidal e Rua Itapuã, possuem apenas 1 cruzamento semaforizado.

O sistema de coordenação semafórica empregado atualmente na cidade, foi identificado como sendo sistema de controle em corredores, onde o objetivo principal é estabelecer a sincronização entre as interseções situadas ao longo de uma única via, não considerando como prioridade às vias transversais as mesmas.

Deste modo, identificou-se que as principais linhas de sincronização adotadas na cidade são as que atravessam a cidade no sentido leste-oeste, sendo elas as ruas Tapir, Itabira, Ibiporã, Pedro Ramires de Mello, Itacolomi e Arariboia. No entanto, alguns semáforos dessas vias, localizados nas extremidades das malhas semafóricas, encontram-se dessincronizados dos restantes, atuando como semáforos isolados. Esse é o caso dos cruzamentos: Itabira x Aimoré, Tapir x Tocantins e Itapuã x Arariboia.

O que se identificou durante as observações de campo, em relação ao tráfego, é que, mesmo nas vias sincronizadas, o tempo de verde dos semáforos não é suficiente para escoar a vazão dos pelotões que se aproximam a cada ciclo. Além disso, os outros itens citados anteriormente, como a inexistência de focos auxiliares em alguns cruzamentos e a falta de distância de visibilidade a partir da linha de retenção, também prejudicam o andamento do tráfego veicular.

Alguns outros fatores citados pelo DENATRAN como fatores prejudiciais ao sincronismo também foram observados em campo. O primeiro fator observado foi a presença de pontos de ônibus nas proximidades do cruzamento semaforizados, o que pode ter um impacto significativo sobre o fluxo de saturação correspondente. O segundo ponto observado foi a presença de fila nas aproximações, decorrentes de altos volumes de movimentos de conversão de veículos, ocasionando a necessidade de redução da defasagem do corredor semaforizados em questão. Além disso, um último ponto específico observado, foi a presença de uma faixa de pedestre elevada,

localizada embaixo do foco semafórico principal no cruzamento das ruas Dr. Silvio Vidal x Tocantins. Essa faixa elevada ocasiona uma necessidade de intervalo de tempo maior para os motoristas cruzarem a interseção, diminuindo assim o volume de veículos necessários para saturar o cruzamento.

6 DIAGNÓSTICO DA MALHA SEMAFÓRICA

A partir do exposto na análise, definiram-se algumas propostas para implantação ou modificação das condições atuais, com o intuito de proporcionar melhorias na malha semafórica e no uso do sistema viário, tanto para os motoristas quando para os pedestres.

A seguir, tais propostas são expostas através de tópicos, nos quais são elencados brevemente a alteração proposta, e a melhoria que essa viria a trazer para o tráfego local.

- Realização da troca dos grupos semafóricos posicionados depois da via transversal para antes da via transversal, uma vez que a maioria dos cruzamentos possuem essa configuração, a fim de adotar um padrão de sinalização para evitar erros de observação por parte dos usuários.
- Reposicionamento dos grupos focais auxiliares que não atendem a distância mínima de visibilidade a partir da linha de retenção e adicionar grupos focais auxiliares, preferencialmente com lâmpadas de LED e sistema sequencial em todas as esquinas semaforizadas que não são contempladas com essa função a fim de que motoristas parados próximos a linha de retenção e pedestres que queiram realizar a travessia tenham acesso facilitado a informação, aumentando a segurança no cruzamento e proporcionando mais conforto aos usuários. Em casos que o reposicionamento não seja possível, ajustar a altura do grupo auxiliar, de forma a garantir a visualização para o primeiro motorista parado atrás da linha de retenção.
- Adição de grupo focal auxiliar em ambos os lados da rua para vias de mão única com 2 ou mais faixas de rolagem, permitindo a visualização do mesmo a partir da linha de retenção para os motoristas que transitam em qualquer uma das faixas.
- Inserção de grupos focais para pedestres nas travessias dos cruzamentos onde existam semáforos atuando com 3 estágios veiculares, assim como indicado pelo DENATRAN, de modo a garantir a segurança do pedestre durante a travessia.
- Substituição da faixa elevada de pedestres do cruzamento das ruas Dr. Silvio Vidal x Tocantins, para faixa de pedestres comum, a fim de aumentar o volume

de passagem de veículos durante a indicação verde para a via, diminuindo assim o volume de saturação do cruzamento.

- Alteração dos ciclos operantes em amarelo piscante para operação usual, utilizando-se de tempos mínimos de ciclos durante o período em que a indicação piscante é utilizada, de modo a aumentar a segurança dos usuários.
- Realização de uma contagem de fluxo atualizada nas vias semaforizadas para determinar o tempo de ciclo ideal para cada horário do dia, com o intuito de reprogramação dos ciclos dos semáforos para que esses atendam o fluxo atual, de modo a ser necessário um aumento dos tempos de ciclo e alteração das defasagens de cada linha de semáforos, aumentando assim a eficiência da sincronização e conseqüentemente diminuindo o tempo de percurso para deslocamentos na região central.
- Contratação por parte da prefeitura municipal de um profissional qualificado na área de planejamento de tráfego e desenvolvimento urbano, de modo a garantir que as alterações futuras sejam executadas de forma correta e que o sistema mantenha-se atualizado de acordo com as mudanças necessárias que surgem ao longo dos anos com as constantes mudanças decorrentes do crescimento populacional.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O crescimento e o desenvolvimento de uma cidade pode acarretar em diversos problemas, porém, esse desenvolvimento não deve ser freado em decorrência destes problemas, e sim, deve-se pensar em alternativas e alterações que possam garantir que esse crescimento ocorra de forma planejada, mantendo o bem estar, a segurança e as necessidades da população.

A frota veicular é um fator que cresce paralelamente ao crescimento populacional, de modo que o sistema viário também necessita de planejamento e atualizações constantes. A análise realizada foi efetiva ao constatar que algumas partes constituintes do sistema de sinalização semafórica analisado não encontram-se em conformidade com as configurações ideais, provando assim a necessidade de mudanças na configuração atual, visando principalmente uma melhor fluidez do trânsito veicular e maior segurança para os usuários.

O objetivo principal do presente estudo foi alcançado uma vez que foi possível, ao final do mesmo, sugerir alterações viáveis para o trânsito local que se executadas, poderão contribuir significativamente para a melhoria do sistema e para o conforto e segurança dos seus usuários.

Ressalta-se que uma das principais responsabilidades dos gestores de um município é a de garantir o bem-estar, a segurança e a qualidade de vida da população que ali reside e circula, de modo que ao identificar fatores que sejam prejudiciais a população, um planejamento de ações corretivas deve ser sempre realizado.

O vigente trabalho propiciou ao autor uma percepção mais global a respeito de uma área de suma importância para o desenvolvimento urbano, que de certo modo é inexplorada ao longo do curso de engenharia civil. O sistema de sinalização semafórico acaba sendo responsável por grande parte da qualidade do resultado final obtido na locomoção da população de um município, sendo portanto ponto imprescindível de atenção do planejamento urbano.

REFERÊNCIAS

- AKISHINO, Pedro. **Algumas Técnicas de Engenharia de Tráfego na Redução e Prevenção de Acidentes de Trânsito**. UFPR, 2004.
- ALBANO, João Fortini. **Noções sobre Interseções**. UFRGS. 2017.
- ANTP. **PlanMob Construindo a Cidade Sustentável-1** Caderno de Referência para Elaboração de Plano de Mobilidade Urbana, 2007.
- BECK, R.V.; JACQUES, M.A.; ANDRADE, N.P. (1996). **Avaliação do impacto do semáforo com informador auxiliar de tempo sobre a capacidade das interseções**. In: X CONGRESSO DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTE, 1996, Brasília.
- CINTRA, Marcos. **Os custos dos congestionamentos na cidade de São Paulo**. Escola de Economia de São Paulo da Fundação Getulio Vargas – FGV –EESP. São Paulo, 2014.
- CLOWES, D.J. **Second International Conference on Road Traffic Control**. 1986.
- COBRASIN. **Catálogo de produtos**. Disponível em: <<http://www.cobrasin.com.br/semaforos.htm>>. Acesso em: maio de 2017.
- CONTRAN. Conselho Nacional de Trânsito. **Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito** Volume V – Sinalização Semafórica. 2014.
- DENATRAN. Departamento Nacional de Trânsito. **Código de Transito Brasileiro**. Brasil 2008.
- DENATRAN. **Relatórios Estatísticos** – Frota de Veículos. Disponível em: <<http://www.denatran.gov.br/index.php/estatistica/237-frota-veiculos>> Acesso em maio de 2017.
- DETRAN – PR. **Estatísticas** – Frota de veículos por Tipo e Município. Disponível em: <<http://www.detran.pr.gov.br/modules/catasg/servicos-detalhes.php?tema=detran&id=469>> Acesso em Agosto de 2017.
- DNIT - Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. **Manual de projeto de interseções**. 2.ed. - Rio de Janeiro, 2005.
- EGIDIO, Fabio Luiz. **Micro-controlador para um sistema dinâmico de controle de tráfego urbano**. Marília, 2011.
- EJZENBERG, S. **Reprogramação de semáforos**: método baseado em observação de campo. São Paulo, 2005.

FONSECA, João José Saraiva da. **Metodologia da pesquisa científica**. UECE – Universidade Estadual do Ceará, 2002.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GOLDNER, Lenise Grando. **Engenharia de tráfego**: 1.º módulo. Material de apoio didático. Florianópolis, 2008.

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.

IBGE. **Pato Branco**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/pato-branco/panorama>> Acesso em: Agosto de 2017.

INTERATIVA SOLUÇÕES. **Semáforo Regressivo**. Disponível em: <http://www.interativasolucoes.com.br/outros-semaforos/semaforo_regressivo.html>. Acesso em: Maio de 2017.

JONER, S; VOLPI, N. M. P. **Sincronização de Semáforos**: Modelo Matemático para uma Aplicação ao Tráfego de Curitiba. 2013.

MUELLER, Edward A. **History of Traffic Signals**. 1970

PAIVA NETO, P. M.; CASTRO NETO, M. M.; LOUREIRO, C. F. G. **Progressão em Tempo Real Versus Tempo Fixo por Banda de Passagem em Período de Baixa Demanda** – Estudo de Caso. 2017.

PNT: **Política Nacional de Trânsito** - Versão para debate apresentado no 12º Congresso Brasileiro de Transportes e Trânsito, ANTP, 14 a 18 de Junho de 2001, Recife.

QUEDNAU, Marcelo. **Sincronização do Tempo de Sinal Verde de Semáforos Utilizando Microcontrolador (Malha Aberta)**. Brasília, 2008.

SIMÕES, Fernanda; SIMÕES, Eliane. **Sistema Viário e Trânsito Urbano**. Série de Cadernos Técnicos da Agenda Parlamentar – CREA-PR, 2016.

SPIGOLON, L. M. G. **Semáforo**: grupo focal convencional x grupo focal com informação do tempo do verde/vermelho restante. São Carlos, 2010, 128p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.