UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE
TRANSPORTES

**Modelo para otimização ao atendimento a ocorrências de
incêndios – estudo de caso para a cidade de São Carlos-SP**

Documento apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ciências, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes.

Área de Concentração: Infraestrutura de Transportes - GEOMÁTICA.

ORIENTADOR: Prof. Assoc. Paulo César Lima Segantine

SÃO CARLOS

2014

AUTORIZO A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO,
POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS
DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

B625 Bizerra, Rafael Cavalcanti
m Modelo para otimização ao atendimento a ocorrências
de incêndios estudo de caso para a cidade de São
Carlos-SP / Rafael Cavalcanti Bizerra; orientador Paulo
César Lima Segantine. São Carlos, 2014.

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação
em Engenharia de Transportes e Área de Concentração em
Infra-Estrutura de Transporte -- Escola de Engenharia
de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2014.

1. Modelo de implantação de neutralizantes. 2.
Tecnologia embarcada. 3. Ocorrências de incêndios. 4.
Hidrantes. 5. Alta carga de incêndio. I. Título.

FOLHA DE JULGAMENTO

Candidato: Tecnólogo **RAFAEL CAVALCANTI BIZERRA**.

Título da dissertação: "Modelo para otimização ao atendimento a ocorrências de incêndios-estudo de caso para a cidade de São Carlos-SP".

Data da defesa: 04/08/2014

Comissão Julgadora:

Resultado:

Prof. Associado **Paulo César Lima Segantine (Orientador)**
(Escola de Engenharia de São Carlos/EESC)

Aprovado

Prof. Dr. **Sérgio Antonio Röhm**
(Universidade Federal de São Carlos/UFSCar)

Aprovado

Prof. Associado **Ricardo Ernesto Schaal**
(Escola de Engenharia de São Carlos/EESC)

Aprovado

Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes:
Prof. Associado **Paulo César Lima Segantine**

Presidente da Comissão de Pós-Graduação:
Prof. Associado **Paulo César Lima Segantine**

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Associado Paulo Cesar Lima Segantine, a quem tenho enorme admiração como pessoa e mestre. Agradeço a orientação, o apoio, os incentivos, a paciência e a atenção, mas principalmente a crença na minha pessoa e oportunidades que me proporcionou não apenas no desenvolvimento deste trabalho, mas no amadurecimento como profissional e como homem.

A todos os meus amigos da pós-graduação, em especial a: Amanda Eler, Antônio Carlos Dinato, Cassiano Isler, Daniel Matos, Diego Martins, Fabio Zanchetta, Gabi Moraes, Gustavo Riente, Jéssica Santiago, Joicy Poloni, Luiz Henrique, Peolla Stein, Marcela Navarro, Suzana Valverde e a Thais Guerreiro.

Aos meus pais Valdemar e Maria por serem o meu alicerce de vida. Especialmente a minha mãe, meu porto seguro, que sempre me incentivou a voltar para São Carlos e enfrentar as dificuldades.

A Ana Michelle Ramos que no meio do processo se juntou a família e veio neste tempo todo se inteirando, sugerindo e incentivando esta pesquisa, sem falar de ter aguentando a minha fascinação pelos hidrantes urbanos.

A Monique Gomes e a Luciana Spigolon, minhas professoras de graduação que desenvolveram em mim o desejo de continuar estudando, me acolheram em São Carlos. Amigas que tanto me inspiram, sou totalmente grato por toda a atenção e apoio que vocês me dispendem.

Aos docentes do STT, que contribuíram para o meu crescimento intelectual, serei grato para sempre. Em especial ao Professor Ricardo Ernesto Schaal e ao Professor Antônio Nelson Rodrigues da Silva, os quais me deram um grande apoio durante o programa, suas cobranças me permitiram melhorar o entendimento sobre a ciência e a vida.

Sou grato aos funcionários do departamento por me prestarem auxílio em assuntos diversos com toda a dedicação possível: Alexandre, Carlos (Toco), Elizabeth (Beth), Heloísa, Magaly, Paulinho e Samira. Agradeço também a meus colegas de convívio no STT e de outros departamentos, em especial ao

meu amigo Anderson Arandas que muito contribuiu no desenvolvimento desta pesquisa.

Ao corpo de bombeiro de São Carlos-SP nas pessoas do Cabo Adilson Gatti, Cabo Simões, Capitão Sendin, Capitão Vitor, Soldado Neves, Tenente Giovani e Tenente Gregório. Pelo apoio, atenção e receptividade com as propostas deste estudo.

Aos Grupamentos de Bombeiros das cidades de: Araraquara, Caçapava, Campinas, Campos do Jordão, Franca, Indaiatuba, Jambeiro, Lagoinha, Limeira, Natividade da Serra, Piracicaba, Redenção da Serra, Ribeirão Preto, Rio Claro, Santo Antônio do Pinhal, São Bento do Sapucaí, São Luís do Paraitinga, Sumaré, Taubaté e Tremembé. Pelo apoio na obtenção de dados para este estudo.

Ao Serviço de Autônomo de Água e Esgoto de São Carlos-SP nas pessoas do Dirceu e da Luciane. Pelo apoio na obtenção de dados para este estudo.

A prefeitura de São Carlos-SP nas pessoas do Márcio Berrilli e Márcio Faustino. Pelo apoio na obtenção de dados para este estudo.

A empresa Gás Brasileiro na pessoa do Marco Rogério. Pelo apoio na obtenção de dados para este estudo.

Ao CNPQ pela concessão da bolsa de estudos.

A todos que colaboraram direta ou indiretamente para realização deste trabalho, muito obrigado!

“Tudo em sua volta que você chama de vida foi feito por pessoas não mais inteligentes que você e você pode mudá-la, pode influenciá-la, pode construir suas próprias coisas que outras pessoas podem usar. Uma vez que você aprende isso, nunca mais será o mesmo novamente.”

Steve Jobs

BIZERRA, R. C. (2014). *Modelo para otimização ao atendimento a ocorrências de incêndios – estudo de caso para a cidade de São Carlos-SP*. 147 p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2014.

O crescimento da população urbana requer o aumento dos serviços prestados pelos gestores públicos em consonância com as interações espaciais vividas pelo homem, tornando a administração do espaço urbano uma tarefa árdua e complexa. A inexistência ou a falha na prestação de serviços básicos relacionados com a segurança pública aumenta potencialmente os riscos de sinistros para a população. O objetivo desse trabalho é avaliar a distribuição espacial dos agentes e neutralizantes de incêndio na cidade de São Carlos-SP. Para essa finalidade estudou-se o posicionamento dos agentes e neutralizantes e suas relações no espaço, através de análises realizadas com o uso de um SIG, as quais indicaram a existência de problemas relacionados com a quantidade e a distribuição dos neutralizantes nessa cidade. Utilizando as ferramentas disponíveis no QG/S, foi possível desenvolver e propor uma solução estrutural para melhorar a alocação dos equipamentos de segurança e propor uma solução não estrutural por meio de tecnologia embarcada que proporcionou um menor tempo de deslocamento para abastecer as viaturas em casos de ocorrências de incêndios. Os cenários avaliados mostraram que é possível obter níveis de cobertura de toda a malha urbana, apenas com a realocação de parte dos equipamentos já instalados e com a instalação de alguns poucos hidrantes na rede.

Palavras chaves: Modelo de implantação de neutralizantes. Tecnologia embarcada. Ocorrências de incêndios. Hidrantes. Alta carga de incêndio.

ABSTRACT

Bizerra, R. C. (2014). Model for optimizing the service to fire occurrences - case study for the city of São Carlos-SP. 147 p. Master's Dissertation - Engineering School of São Carlos, University of São Paulo, 2014

The urban population growth requires increased services provided by public managers in harmony with the spatial interactions experienced by man, making the management of urban space an arduous and complex task. The absence or failure in providing basic services related to public security increases a lot the risk of accidents for the population. The aim of this study is to evaluate the spatial distribution of fire agents and neutralizers fire in the city of São Carlos-SP. For this purpose it was studied the positioning of the fire agents and neutralizers and their relations in space through analyzes with the use of a GIS, that indicated the existence of problems related to the amount and distribution of neutralizers in this city. Applying the tools available in QGIS, was possible to develop and propose a structural solution to improve the allocation of security devices and propose a non-structural solution using embedded technology that allowed shorter shift to water supply the vehicles in cases of occurrences of fires. The evaluated cases showed that it is possible to obtain coverage levels across the urban area, only reallocating the already installed equipment and the installation of a few more hydrants in the network.

Keywords: Neutralizers implantation model. Embedded technology. Fire occurrences. Hydrants. High fire load.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa de localização do município de São Carlos-SP.....	26
Figura 2 - Veículo Auto bomba da cidade de São Carlos-SP.....	40
Figura 3 - Veículo Auto tanque da cidade de São Carlos-SP.....	40
Figura 4 - Cavalo mecânico com reboque.....	41
Figura 5 - Veículo carro pipa da cidade de São Carlos-SP	41
Figura 6 - Curva de evolução do incêndio celulósico	44
Figura 7 - Áreas de cobertura pelos equipamentos e vazios, formação paralela as vias urbanas	54
Figura 8 - Cores para identificação de vazão dos hidrantes urbanos no Estado São Paulo.....	55
Figura 9 - Quantidade de hidrantes urbanos: previstos e os instalados.....	58
Figura 10 - Quantidade de habitantes urbanos para cada hidrante	60
Figura 11 - Estrutura geral de Sistemas de Informação Geográfica.....	63
Figura 12 - Processo de geocodificação por meio de um computador.....	69
Figura 13 - Tablet Samsung Galaxy, Tab-2 7.0 P3100	72
Figura 14 - Plano de trabalho realizado.	74
Figura 15 - Localização do Município de São Carlos no Estado de São Paulo	75
Figura 16 - Município de São Carlos-SP, considerando sua área urbana e área rural.....	75
Figura 17 - Cidade de São Carlos-SP com sua distribuição de população	76
Figura 18 - Sistema viário da cidade de São Carlos-SP	77
Figura 19 - Quantidade de hidrantes urbanos previstos e os instalados.....	78
Figura 20 - Expansão da malha urbana entre 2000 e 2010	82
Figura 21 - Distribuição de revendas de GLP na cidade de São Carlos-SP	84
Figura 22 - Distribuição de postos de combustíveis na cidade de São Carlos-SP	84
Figura 23 - Distribuição de revendas de fogos de artifício na cidade de São Carlos-SP	85
Figura 24 - Distribuição de revendas de tintas na cidade de São Carlos-SP ...	85
Figura 25 - Rede de gás encanado na cidade de São Carlos-SP	86
Figura 26 - Distribuição dos agentes na cidade de São Carlos-SP.....	86

Figura 27 - Distribuição dos incêndios ocorridos em 2011 e 2012, na cidade de São Carlos-SP.....	87
Figura 28 - Distribuição de hidrantes urbanos, na da cidade de São Carlos-SP	88
Figura 29 - Distribuição das centrais de atendimento, na cidade de São Carlos-SP	88
Figura 30 - Área de cobertura da central de atendimento, na cidade de São Carlos-SP	91
Figura 31 - Tipos de incêndios ocorridos em 2011 e 2012.....	92
Figura 32 - Distância da ocorrência para o hidrante mais próximo	94
Figura 33 - Área de cobertura dos hidrantes urbanos na cidade de São Carlos-SP	95
Figura 34 - Classificação da cidade pela quantidade de agentes por setor censitário.....	96
Figura 35 - Aplicação da técnica do Mapa de Kernel na classificação da cidade de São Carlos-SP, conforme o adensamento de agentes	97
Figura 36 - Raio de ação dos hidrantes em setores com agentes, na cidade de São Carlos-SP.....	98
Figura 37 - Raio de ação dos hidrantes em áreas com agentes, na cidade de São Carlos-SP, a partir da visualização pela técnica de Mapa de Kernel.....	98
Figura 38 - Distribuição de incêndios e raio de ação dos hidrantes em setores com agentes.....	99
Figura 39 - Os doze setores censitários com a maior quantidade de agentes.....	100
Figura 40 - Distribuição de hidrantes urbanos para cidade de São Carlos-SP, seguindo a IT.....	102
Figura 41 - Região central da cidade, população residente e flutuante simulada	105
Figura 42 - Setores classificados conforme o modelo proposto para alocação de hidrantes.....	105
Figura 43 - Distribuição dos hidrantes para São Carlos-SP, conforme o modelo proposto.	106
Figura 44 - Hidrantes urbanos no corpo de bombeiros da cidade de São Carlos-SP	109
Figura 45 - Aplicativo para uso do GB da cidade de São Carlos-SP.....	110

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - População, território e quantidade de hidrantes nas cidades estudadas.....	56
Tabela 2 - Quantidade de hidrantes urbanos instalados e previstos.....	57
Tabela 3 - População, território e quantidade de hidrantes da cidade de São Carlos-SP (valores aproximados).....	77
Tabela 4 - Quantidade de pontos de interesse no estudo e o seu histórico de crescimento.....	81
Tabela 5 - Investimento necessário para adequação a IT Nº 34/11	102
Tabela 6 - Modelo espacial para a alocação de hidrantes urbanos na cidade de São Carlos-SP.....	104

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Classificação dos veículos do serviço de bombeiros	41
Quadro 2 - Extintores e suas aplicações	48
Quadro 3 - Características das linhas de ataque a incêndio	51
Quadro 4 - Exemplo de uso do SIG em benefício direto da sociedade	63
Quadro 5 - Vantagens e desvantagens do uso do sistema GPS	67
Quadro 6 - Obtenção do endereço dos pontos pertinentes.....	80
Quadro 7 - Perfil dos incêndios na cidade de São Carlos-SP nos anos de 2011 e 2012	92
Quadro 8 - Capacidade de armazenamento das viaturas	93
Quadro 9 - Tempo de abastecimento com e sem a utilização da aplicação desenvolvida	111

LISTA DE SIGLAS E ABREVIÁTURAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

API – Interface entre Aplicativo e Programação

ANP – Agência Nacional do Petróleo

CBPMESP – Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo

COBOM – Centro de Operações de Bombeiros

EESC-USP – Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo

GLP – Gás Liquefeito de Petróleo

GNSS – Sistemas Globais de Navegação por Satélite

GB – Grupamento de Bombeiro

GPS – Sistema Global de Posicionamento

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IT – Instrução Técnica

NBR – Normas Brasileiras de Referência

QGIS – Quantum GIS

SABESP – Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo

SAD69 – South American Datum 1969

SEADE – Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados

SIG – Sistema de Informações Geográficas

SIOPM-Corp – Sistema de Informações Operacionais versão Corporativa

SIRGAS2000 – Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas

UTM – Universal Transversal de Mercator

WGS84 – World Geodetic System 1984

1- INTRODUÇÃO.....	25
1.1. Problema	27
1.2. Objetivos principais	28
1.3. Objetivos específicos.....	28
1.4. Justificativa	29
2- FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	31
2.1 Crescimento e realocações populacionais	31
2.2 O corpo de bombeiros	34
2.2.1 Histórico do corpo de bombeiros do Estado de São Paulo	34
2.3 O combate a incêndio.....	39
2.3.1 Conhecimento das viaturas e equipamentos.....	39
2.3.2 Conhecimento das edificações.....	41
2.3.3 Conhecimento da malha viária e rede de hidrantes públicos	42
2.3.4 Como surge o fogo	43
2.3.5 Evolução de um incêndio	44
2.3.6 Técnicas de extinção de incêndios.....	45
2.3.7 Classes de incêndio	46
2.3.7.1 Incêndio Classe A.....	46
2.3.7.2 Incêndio Classe B.....	46
2.3.7.3 Incêndio Classe C	47
2.3.7.4 Incêndio Classe D	47
2.3.7.5 Extintores portáteis para cada classe de incêndio	47
2.3.8 Formas de extinção de incêndio.....	48
2.3.8.1 Ataque direto	48
2.3.8.2 Ataque indireto	48
2.3.8.3 Ataque combinado.....	49
2.3.9 Seleção de linhas e jatos.....	50
2.4 Abastecimento.....	52
2.4.1 Hidrantes urbanos	53
2.4.2 Hidrantes urbanos no Estado de São Paulo.....	54
2.4.3 Hidrantes urbanos em algumas cidades do Estado de São Paulo	55
2.5 Sistemas de Informações Geográficas.....	60
2.5.1 Estrutura geral de um SIG	62

2.5.2 Aplicações dos SIG's.....	63
2.5.3 Fonte de dados	64
2.5.4 Coleta de dados através dos Sistemas Globais de Navegação por Satélite (GNSS)	65
2.5.4.1 Aplicações com a integração de SIG e GPS	67
2.5.5 Transformação de dados através da geocodificação	68
2.5.5.1 Aplicações da Integração de SIG e geocodificação	69
2.6 Softwares e equipamentos utilizados no desenvolvimento desta dissertação	70
2.6.1 Fusion tables	70
2.6.2 Google Earth	71
2.6.3 Quantum GIS	71
2.7 Tecnologia embarcada	72
3- ESTUDO DE CASO, ANÁLISE DOS PONTOS DE INTERESSE E ÁREAS DE ALTA CARGA DE INCÊNDIO.....	73
3.1 Plano de trabalho	73
3.2 Definição da área de estudo.....	74
3.3 Malha urbana da cidade de São Carlos-SP e do banco de dados alfanuméricos para implantação no SIG.....	76
3.4 Hidrantes urbanos São Carlos-SP.....	77
3.5 Levantamento de dados	79
3.5.1 Obtenção das coordenadas dos pontos	82
3.5.1.1 Geocodificação.....	82
3.5.1.2 Levantamento em campo com receptor GPS.....	83
3.6 Implementação das informações dos pontos levantados na plataforma de SIG	83
3.6.1 Geocodificação.....	83
3.6.2 Levantamento em campo com receptor GPS.....	87
3.7 Análises desenvolvidas	89
3.7.1 Situação atual do objeto de estudo	89
3.7.2 Tipos de ocorrências de incêndios na cidade de São Carlos-SP	92
3.7.3 Análise de um incêndio	93
3.7.4 Área coberta por hidrantes urbanos utilizando a técnica de buffers.....	95
3.7.5 Análises da distribuição de agentes, neutralizantes e ocorrências de incêndios	96
3.7.6 Análise de custo para adequação a IT N° 34/2011	101
3.8 Soluções.....	102

3.8.1 Modelo estrutural para distribuição do equipamento	103
3.8.2 Solução não estrutural.....	107
3.8.2.1 Desenvolvimento de um aplicativo	108
3.8.2.2 Implantação do aplicativo	110
3.8.3 Resultado das soluções	111
4- CONCLUSÕES.....	113
4.1 Considerações gerais.....	113
4.2 Recomendações para trabalhos futuros.....	115
5- REFERÊNCIAS	117
Apêndice A - Manual explicativo de como utilizar o aplicativo de localização de hidrantes	123
Apêndice B - Manual explicativo de como realizar a manutenção, ampliação, redução ou distribuição espacial na rede virtual de hidrantes	131
Apêndice C – Obtenção de áreas	137

1- INTRODUÇÃO

As mudanças em curso nas cidades brasileiras impõem desafios acerca dos processos que envolvem a relação população e prestação de serviços públicos adequados. Conhecer a dinâmica e crescimento da população, suas realocações no território e as necessidades de segurança é tarefa fundamental para os gestores e planejadores de ações públicas que criem atitudes voltadas para o bem-estar da população.

Um dos problemas que afetam as cidades brasileiras, principalmente as de médio e grande porte é a dificuldade que os órgãos públicos têm de promover a segurança pública, atividade esta imprescindível para salvaguardar vidas. Neste sentido, se faz necessária a ocupação do espaço urbano com ações de prevenção e aparelhamento de apoio a possíveis ocorrências que prejudicam a população. Assim, é de fundamental importância a realização de ações, por parte da gestão pública, de forma que ofereça para a população uma melhor qualidade de vida.

Na última década mesmo com a redução do ritmo do crescimento e das movimentações populacionais, as margens de crescimento ainda são representativas. De acordo com os dados da Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados – SEADE, entre 2000 e 2010, a população brasileira cresceu 1,17%/ano e a população residente no Estado de São Paulo cresceu 1,09%/ano. Ainda de acordo com os dados da SEADE (2012), o Estado de São Paulo concentra o maior contingente populacional do Brasil residindo em áreas urbanas aproximadamente 40 milhões de pessoas e a sua taxa de urbanização (95,9%) situa-se em terceiro lugar no país, abaixo apenas do Rio de Janeiro (96,7%) e do Distrito Federal (96,6%).

A cidade de São Carlos-SP, objeto desta pesquisa, contida pelo município de São Carlos-SP que possui cerca de 222.000 habitantes, tendo uma população urbana da ordem de 213.000 habitantes e configura-se como uma cidade de

porte médio não metropolitana. O município está localizado na região central do Estado de São Paulo, com uma área total aproximada de 1.137 km² em meio a um dos maiores eixos industriais do país. Limita-se ao norte com os municípios de Rincão, Luís Antônio e Santa Lúcia; ao sul com Ribeirão Bonito, Brotas e Itirapina; a oeste com Ibaté, Araraquara e Américo Brasiliense e a leste com Descalvado e Analândia, conforme dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2010a). A representação espacial é apresentada na Figura 1.

Figura 1 - Mapa de localização do município de São Carlos-SP

No contexto de crescimento populacional, o município de São Carlos-SP apresenta uma economia de aglomeração, e supera a média estadual e nacional, apresentando uma taxa de crescimento médio da ordem de 1,3% (IBGE, 2010a). Propiciando ao mesmo tempo um adensamento e um espalhamento na área da malha urbana. Criando nessa área emergente uma demanda local por bens de consumo, gerando a oportunidade para revendas de produtos com potenciais riscos de incêndio em locais não adequados que propiciam sérios riscos quanto à segurança da população. Entre estas revendas de produtos, este estudo destaca: Revendas de Gás Liquefeito de Petróleo - GLP, postos de combustíveis, revendas de fogos de artifício e revendas de tintas. Os estabelecimentos que comercializam estes tipos de

produtos detêm, em suas essências, alta carga de incêndio e alto potencial de risco destrutivo.

A gestão pública e o corpo de bombeiros desta cidade devem acompanhar atentamente a conjunção do adensamento urbano com a expansão da malha urbana e o crescimento da área de potencial risco destrutivo, com a implantação de centrais de atendimento, homens e equipamentos auxiliares para controle de eventuais riscos de incêndios. Este tipo de acompanhamento se faz necessário, pois a ocorrência de um sinistro é imprevisível, podendo sua ignição ser consequência de fatores diversos, de modo que a carga de incêndio local oferece grande risco à vida, ao patrimônio e ao meio ambiente.

Com a finalidade de contribuir para um acompanhamento mais presente em relação aos equipamentos de proteção à vida, ao patrimônio e ao meio ambiente, este estudo apresenta possíveis soluções estruturais de realocação de equipamentos de combate a incêndios e soluções não estruturais. As não estruturais estão relacionadas à aplicação de tecnologia embarcada¹ para otimizar o acesso ao equipamento de combate ao incêndio instalado. Estas possíveis soluções são compiladas a partir de análises geoespaciais e permitem à cidade de São Carlos-SP melhorar o seu aparelhamento para o atendimento a possíveis riscos relacionados a incêndios.

1.1. Problema

O município de São Carlos-SP registrou entre os censos de 2000 e 2010, um aumento populacional passando de 194.000 para 222.000 habitantes, ou seja, a população aumentou em aproximadamente 13% em 10 anos (IBGE, 2000a). Neste período a população urbana teve um crescimento da ordem de 16%, passando de 183.500 para 213.100 habitantes, permitindo assim um avanço da ordem 1% no adensamento populacional da cidade, indo de 95% (no ano de 2000) para 96% (no ano de 2010), (SEADE, 2012).

Ao mesmo tempo este crescimento não foi acompanhado pelo número de equipamentos de proteção a incêndios na cidade. Conforme Souza (2000), no

¹ Carros e equipamentos conectados a nuvem permitindo acesso remoto a sistemas de monitoramentos de imagem, sinalização digital, controle de tráfego, etc.

ano 2000, o corpo de bombeiros local contava com 3 centrais de atendimento a emergências e com 120 hidrantes espalhados na sua malha urbana. Em 2014, a partir de dados obtidos com a corporação, o atendimento está concentrado em apenas uma central e com 128 hidrantes em funcionamento.

1.2. Objetivos principais

Este trabalho tem por objetivos principais:

- Propor um modelo de distribuição de hidrantes para que toda a área urbana seja coberta pelos seus raios de ação;
- Efetuar um levantamento das áreas com potencial risco de incêndio da cidade de São Carlos-SP, (AGENTES²);
- Elaborar um estudo do histórico de incêndios e dos equipamentos de serviços disponíveis (NEUTRALIZANTES³), para uso do corpo de bombeiros na cidade de São Carlos-SP;
- Utilização de softwares livres, para que as soluções apresentadas não representem custos à implantação ou reaplicação do estudo;
- Utilizar uma ferramenta de análise de Sistema de Informações Geográficas - SIG, fazendo uso do software *Quantum GIS (QGIS)*, com a finalidade de apontar áreas prioritárias à ação dos gestores públicos em disponibilizar equipamentos ao combate de incêndios; e
- Desenvolver um aplicativo de mapeamento para ser usado na tecnologia embarcada (*Tablet*), disponível pela corporação do corpo de bombeiros do município de São Carlos-SP, a partir das análises desenvolvidas neste estudo com a finalidade de apoiar a corporação, em suas operações de combate a incêndio, otimizando a logística de reabastecimento das viaturas empenhadas em ocorrências.

1.3. Objetivos específicos

Além dos objetivos acima apresentados, pretende-se:

² AGENTES – Estabelecimentos que detêm alta carga de incêndio e alto potencial de risco destrutivo.

³ NEUTRALIZANTES – Equipamentos de combate a incêndio.

- Verificar o posicionamento da central de atendimento do corpo de bombeiros nas áreas de maior carga de incêndio, priorizando áreas de maior risco e distância; e
- Propor a otimização do atendimento de serviço da corporação visando à necessidade de novas localizações de possíveis centrais de atendimento e instalação de novos hidrantes urbanos, ou seja, alocar melhor tais aparelhos de proteção em relação aos pontos de maior risco de incêndios. Utilizando como ferramenta de decisão as análises obtidas a partir das relações espaciais, desenvolvidas nos Sistema de Informações Geográficas (SIG).

1.4. Justificativa

Em uma década ocorreram consideráveis mudanças na cidade de São Carlos-SP, tanto na expansão da malha urbana quanto em relação ao adensamento populacional e os dados apontam a ocorrência de um incêndio por dia nesta área. Neste sentido, o conhecimento da distribuição espacial dos agentes e neutralizantes, objetos desta pesquisa, é importante por apresentar a relação destes e sugerir mudanças estruturais aplicáveis ao equipamento público de prevenção. Assim, a partir deste, prover instrumentos para a administração pública da cidade para priorizar a instalação de equipamentos em áreas de maior risco, possibilitando ao corpo de bombeiros fazer uso dos equipamentos disponíveis, da melhor maneira possível. Como exemplo, instalar hidrantes em locais com alta carga de incêndio, uma vez que é necessário grande volume de água para o controle da ocorrência de incêndios nestes locais. Podendo assim otimizar o processo de abastecimento das viaturas e permitir ao corpo de bombeiros salvar vidas, o patrimônio e o meio ambiente.

Este trabalho se justifica ainda por ampliar o uso da tecnologia embarcada, presente nas viaturas tornando-a também em um instrumento de apoio ao combate a incêndios, produzindo informações que permitam ao condutor a tomada de decisão sobre a escolha do melhor hidrante em relação a distância e vazão de água, para realizar o abastecimento do veículo durante uma ocorrência de incêndio, assim podendo garantir um atendimento mais rápido às ocorrências.

2- FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Crescimento e realocações populacionais

Segundo Baeninger (2010) o Brasil experimentou, na segunda metade do século 20, uma das mais aceleradas transições urbanas da história mundial, transformando rapidamente o país rural e agrícola em um país urbano. Essa mutação abrupta não se processou de forma harmoniosa e, as mudanças em curso nas cidades impõem desafios acerca dos processos que envolvem a relação população e prestação de serviços públicos adequados.

Conhecer a dinâmica e crescimento da população, suas realocações no território e necessidades é tarefa fundamental para os gestores e planejadores de ações públicas voltadas para o bem-estar de distintos conjuntos populacionais (BAENINGER, 2010).

As realocações populacionais no território é uma grande oportunidade para a comercialização de produtos nos quais a proximidade com o consumidor é o principal diferencial. Conforme Lambin (2000, apud TOLEDO⁴ et al 2010), os consumidores finais possuem diversos locais onde podem encontrar os produtos que estão necessitando ou desejando. Demandando grande esforço de *Marketing* das empresas em atender o consumidor não apenas em suas necessidades de produtos e serviços, mas principalmente na disponibilização de tempo, local e formas de aquisição destes produtos.

Ballou (1993) define a logística aplicada pelas empresas um pouco além do processo de produção e de entrega ao cliente, citando que tanto os recursos quanto os seus consumidores estão espalhados numa ampla área geográfica. Este é o problema enfrentado pela logística: diminuir o hiato entre a produção e a demanda, de modo que os consumidores tenham bens e serviços quando e

⁴ TOLEDO et al (2010) - 10º SEMEAD – USP, Marketing Mix: um estudo no âmbito das Empresas de Produtos de Consumo no Brasil, São Paulo - SP.

onde quiserem, e na condição física que os desejarem. Sendo assim as empresas sempre buscam usar a logística para serem mais competitivas e obterem melhores resultados.

Este estudo destaca os pontos de venda a varejo: Revendas de GLP, postos de combustível, revendas de fogos de artifício e revendas de tintas.

As características do setor varejista são definidas por Parente (2000):

O varejista faz parte dos sistemas de distribuição entre produtor e o consumidor, desempenhando um papel de intermediário, funcionando como um elo entre o nível do consumo e o nível do atacado ou da produção. Os varejistas compram, recebem e estocam produtos de fabricantes ou atacadistas para oferecer aos consumidores a conveniência de tempo e lugar para a aquisição de produtos.

A determinação dos estabelecimentos acima citados deve-se por eles apresentarem alta carga de incêndio e geralmente estarem próximos de áreas residenciais ou de adensamentos populacionais, oferecendo risco à vida, ao patrimônio e ao meio ambiente. Conforme, o Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo (CBPMESP), o potencial risco destrutivo na produção, armazenamento, manipulação e distribuição de líquidos combustíveis e inflamáveis, são altos e merecem grande atenção na parte de proteção e formulação de Instruções Técnicas, específicas, tais como:

- I.T. Nº 25/2011 - Segurança contra incêndio para líquidos combustíveis e inflamáveis;
- I.T. Nº 28/2011 - Manipulação, armazenamento, comercialização e utilização de gás liquefeito de petróleo (GLP);
- I.T. Nº 29/2011 - Comercialização, distribuição e utilização de gás natural; e
- I.T. Nº 30/2011 - Fogos de artifícios.

Tendo o produto gás liquefeito de petróleo como exemplo, a localização do ponto de sua revenda certamente é um fator importante na tomada de decisão para a sua aquisição pelos consumidores.

Silva (2011) destaca a importância da localização das revendas de GLP, em um estudo de caso denominado “Plano de marketing: comercial de gás Estevam & Souza LTDA - comercialização varejista de Gás Liquefeito de Petróleo (GLP)”. O estudo apresenta os três principais fatores que os clientes consideram importantes quando na decisão da compra do produto na revenda de GLP estudada. Esses fatores estão relacionados principalmente a proximidade da revenda à residência do consumidor: 1) na modalidade de venda de portaria o consumidor paga mais barato pelo produto; 2) na televenda o produto chega mais rápido; e 3) por conhecer a localização o cliente sente maior confiança da qualidade do produto, sabendo aonde recorrer em caso de problemas na instalação. Os resultados obtidos pelo autor supracitado permitem destacar a importância de estar próximo das residências dos clientes para obter sucesso neste ramo de negócio.

Um levantamento de revendas de GLP realizado pelo Sindicato Nacional das Empresas Distribuidoras de Gás Liquefeito de Petróleo – Sindigás, no ano de 2011, constatou que no Estado de São Paulo existiam aproximadamente 16 mil pontos irregulares de venda deste produto, contra 8,6 mil pontos de revenda legais. A Agência Nacional do Petróleo vem por meio do Programa Gás Legal, tentando reduzir esses números de revendas ilegais (SINDIGAS, 2011). Esses dados reforçam ainda mais o quanto as revendas de GLP acompanham as áreas de aglomeração e ou espalhamento da malha urbana, para obter o diferencial “onde o cliente deseja”. Tendo assim uma oportunidade de negócio, porém propiciam sérios riscos quanto à segurança da população.

É importante destacar que a definição destes agentes de incêndios a serem levantados como pontos de interesse neste estudo, são os únicos tipos de produtos a possuírem Instruções Técnicas específicas pelo CBPMESP em virtude de seus potenciais destrutivos e dificuldades de controle em caso de sinistros. Além disso, serem os únicos pontos classificados como especiais na cidade de São Carlos, levando-se em consideração o decreto estadual Nº 56.819 de 10 de Março de 2011, que Instituiu o Regulamento de Segurança contra Incêndio das edificações e áreas de risco no Estado de São Paulo e estabelece outras providências (SÃO PAULO, 2011).

2.2 O corpo de bombeiros

Segundo BRASIL. Constituição (1988), “Segurança Pública, dever do Estado, direito e responsabilidade de todos, é exercida para a preservação da ordem pública e segurança das pessoas e do patrimônio”. Os órgãos responsáveis por esta tarefa são: polícias e corpos de bombeiros militares, sendo este objeto desta pesquisa. Ainda segundo BRASIL. Constituição (1988): “Aos Corpos de Bombeiros Militares, além das atribuições definidas em lei, incumbe a execução de atividades de defesa civil”.

Ao corpo de bombeiros compete a prevenção e combate a incêndio, salvamentos e resgates, existindo em seus postos de atendimento de emergência, essas três equipes com carros e equipamentos específicos para a prestação do serviço.

O corpo de bombeiros, através da Lei Nº 616 de 17 de Dezembro de 1974 (SÃO PAULO⁵, 1974 apud MANUAL..., 2006a, p. 5), Artigo Segundo, Inciso V, dispõe sobre a organização básica da Polícia Militar do Estado de São Paulo, conforme segue:

Compete à Polícia Militar realizar serviços de prevenção e de extinção de incêndios, simultaneamente como de proteção e salvamento de vidas humanas e material no local do sinistro, bem como o de busca e salvamento, prestando socorros em casos de afogamento, inundações, desabamentos, acidentes em geral, catástrofes e calamidades.

2.2.1 Histórico do corpo de bombeiros do Estado de São Paulo

Este breve histórico foi baseado em informações do corpo de bombeiros do Estado de São Paulo (HISTÓRICO, [2013?])⁶:

No tempo em que a capital da província não chegava a cobrir três colinas, em que as construções começaram a ser mais valiosas, começou-se a pensar em combater as eventuais ocorrências de chamadas. Em caso de incêndio, mulheres, homens e crianças ficavam em fila e, do poço mais próximo iam os

⁵ São Paulo (1974) - LEI ESTADUAL Nº 616, Artigo Segundo – Compete à Polícia Militar.

⁶ Data provável da publicação – o site não possui data de publicação.

baldes passando de mão em mão, até chegarem ao prédio em chamas. Em 1851 foram aprovadas as primeiras posturas municipais relativas aos casos de fogo, tomadas em consequência de um incêndio ocorrido em dezembro de 1850, na Rua do Rosário, hoje XV de Novembro, com a aquisição de 2 bombas que não foram utilizadas até 1862, pois nesses 12 anos, não ocorreu um único incêndio. Em 1870, novo incêndio, uma nova "turma de bombeiros" e, mais 7 anos sem ocorrências.

Em 1874, foi realizada a primeira tentativa de estabelecimento de um serviço de bombeiros agregados à *Companhia de Urbanos* (Guardas-civis) em São Paulo, tendo como efetivo a presença de 10 homens. Como a lei não estabelecia qual era a prioridade dos *Urbanos*, se policiamento ou combate a incêndios, logo esta função foi abandonada, e os bombeiros foram designados para policiamento das ruas.

Em 10 de março 1880, começaram oficialmente os trabalhos de extinção de incêndio na cidade de São Paulo, logo após um incêndio na Faculdade de Direito que funcionava no convento de São Francisco, hoje a Faculdade de Direito do Largo São Francisco, ocorrido em 15 de Fevereiro do referido ano. Na época, a cidade de São Paulo não contava com o serviço de bombeiros e este serviço era executado pelo corpo policial, sendo auxiliados pela população e não havia equipamento próprio para o combate a incêndio havendo apenas duas bombas manuais.

No ano seguinte, foi inaugurado o sistema de águas da capital (rede de distribuição de água com a coleta de esgotos), e implantadas diversas válvulas (precursoras do sistema de hidrantes), utilizadas para auxiliar o serviço dos bombeiros no combate a incêndios.

Em 1886 foi formalizado um código com normas de combate a incêndio, chamado de Código de Posturas, que se previa dentre outras coisas, que os encarregados dos sinos das igrejas acionassem o alarme quando soubessem de um incêndio. Esta era uma forma rudimentar de comunicação, porém evidenciava a importância da rapidez em comunicar o início de um incêndio.

Os aguadeiros (transportadores de pipas) tinham, por força da lei, de comparecer ao local do sinistro, e os poços ficavam franqueados aos bombeiros. O Código também premiava em dinheiro aqueles que não sendo bombeiro, tivessem o melhor desempenho em caso de incêndio. Assim ficou evidente a preocupação com as tarefas a serem executadas durante uma ocorrência, na divisão das atividades e a necessidade de equipamentos para a extinção do incêndio.

Em 1887, depois de muitos pedidos, secundado pelo chefe de polícia, os bombeiros receberam da corte mais alguns aparelhamentos. Esses materiais vieram preencher algumas lacunas. Entre elas veio para São Paulo a primeira bomba a vapor, denominada "Greenwich".

Em novembro de 1891 foi criado o corpo de bombeiros, com um efetivo de 240 homens selecionados e treinados. Neste mesmo ano a companhia telefônica disponibilizou 50 aparelhos telefônicos para agilizar o aviso da ocorrência de incêndio. No local da ocorrência eram utilizadas cornetas e nas ruas foram instalados sistemas de alarme alemão que foram desativados por volta de 1920.

Em abril de 1896 foram inauguradas 50 caixas de avisos chamadas "Linhas Telegráficas de Sinais de Incêndio" com aproximadamente 70 km de extensão, operadas por civis graduados militarmente. Este sistema representou uma grande evolução, mas alguns bairros mais distantes ficaram desprovidos deste recurso. Os hidrantes disponíveis, embora tenham aumentado quantitativamente, ainda eram insuficientes, e a distância entre eles dificultava a ação dos bombeiros. De acordo com pesquisa feita no IBGE⁷ (2004 apud GONÇALVES, 2005, p. 24), a cidade de São Paulo no final do século XIX tinha uma população estimada em 240.000 habitantes.

Em 1910, foram adquiridos da Inglaterra os primeiros veículos automotores, junto à empresa Merryweather & Sons, em um total de seis (três para o combate ao fogo), que foram entregues em 1911, ano em que foi inaugurado o

⁷ IBGE (2004) - População das capitais dos estados do Brasil (1872, 1890, 1900 e 1910).

sistema popular de alarme Gamewell, americano, com 146 caixas e que sob a manutenção da corporação funcionou por mais de quatro décadas.

A utilização de equipamentos movidos a tração animal foi desativada em 1921. Com o crescimento da cidade, os veículos adquiridos não eram suficientes. Devido as condições daquela época foi necessária a criatividade dos bombeiros. Foram aproveitadas duas bombas a vapor que pertenciam a um equipamento desativado, as bombas foram adaptadas sobre dois chassis (Mercedes Saurer e Fiat), e assim a corporação ganhou mais dois veículos. Além destes, um oficial chamado Affonso Luiz Cianiulli projetou e custeou do próprio bolso o desenvolvimento de uma bomba, que se tornou o primeiro equipamento de combate a incêndios fabricado no Brasil. Batizado de "Bomba Independência", fez sua apresentação no desfile da semana da pátria de 1922.

A corporação dos bombeiros começou a se expandir para o interior em 1943, através de acordos com as municipalidades, iniciando um processo de organização a nível estadual. Segundo a Revista do corpo de bombeiros⁸ (2002 apud GONÇALVES, 2005, p. 24), a região estudada, o município de São Carlos-SP foi uma das primeiras cidades a ter um posto de bombeiros, instalado em 21 de abril de 1952, sendo que na mesma época foram instalados postos nas cidades de Araraquara, Bauru, Piracicaba, Jundiaí, São José do Rio Preto, Santo André, além de Santos, Campinas e Ribeirão Preto. O efetivo estadual daquela época era de 1.212 homens.

Em 1955 foi inaugurada a rede de rádio, facilitando a comunicação entre as viaturas e o quartel, que informava o melhor caminho para os atendimentos das ocorrências, centralizava os pedidos e os distribuía entre os postos. Um ano depois foram desativadas as caixas de alarme, mas o seu sucessor, o telefone, ainda não atendia totalmente as necessidades da população. Havia poucos aparelhos e o número não era de fácil memorização. Somente 23 anos depois que foi adotado o número de emergência, 193, utilizado até dos dias de hoje.

No início da década de 60, o corpo de bombeiros passou a exigir a instalação de hidrantes e extintores nos edifícios para alimentar as viaturas Auto Bomba.

⁸ Revista do Corpo de Bombeiro (2002) - Edição comemorativa do 16º grupamento de bombeiros, Marília-SP.

A obediência a essas regras era garantida pelos departamentos de água e esgotos do Estado de São Paulo, que não forneciam água para consumo, caso o projeto não fosse aprovado pela corporação.

Em 1964 inaugura-se a companhia escola e foi criado o curso de bombeiro para oficiais. Em 1967 a estação central, localizada na Praça Clóvis Beviláqua, foi demolida para a edificação de uma nova, concluída em 1975.

Ao reflexo dos catastróficos incêndios dos edifícios Andrauss (1972) e Joelma (1974), onde várias vidas foram ceifadas, foram importados Auto Bombas, auto-escadas, auto-plataformas, veículos de comando e de apoio. Todas as viaturas passaram a contar com rádio e os oficiais desenvolveram exigências legais quanto aos aspectos de prevenção de incêndios nas edificações.

Em 1990, visando melhorar a qualidade do atendimento pré-hospitalar das ocorrências de salvamento, foi implantado o sistema de resgate na grande São Paulo e em mais 14 municípios do estado, contando com pessoal, veículos especializados e apoio de helicópteros.

Em 1996 ocorreu a implantação do sistema de liberação de viaturas para o atendimento de ocorrências, assistido por computador no Centro de Operações de Bombeiros (COBOM).

O corpo de bombeiros, em 2010, institui o planejamento estratégico 2010/2015, alinhado aos objetivos do governo e da polícia militar e no final daquele ano o corpo de bombeiros foi integrado ao Sistema de Informações Operacionais versão Corporativa (SIOPM-Corp). Assim a partir do ano de 2011 todas as ocorrências atendidas pelos bombeiros são cadastradas no sistema, tornando o serviço da polícia militar do Estado de São Paulo 100% integrado.

Histórico (2011g), para auxiliar os oficiais em suas ações e decisões, a polícia militar e o corpo de bombeiros no estado de São Paulo foram equipados com 11 mil *Tablet's*, para uso em suas viaturas de atendimento a ocorrências. Estes equipamentos foram instalados para serem utilizados durante as rondas, contando com serviços de navegação automotiva, pesquisa de placas automotivas e antecedentes criminais, sem precisar acionar o rádio.

Otimizando desta forma o tempo empenhado no atendimento a ocorrências e não congestionando a rede de comunicação.

2.3 O combate a incêndio

O combate a incêndio está fundamentado nos seguintes pilares: (1) minucioso conhecimento das viaturas e equipamentos à disposição e dos que se pode dispor em caráter excepcional (exemplo: auxílio de empresas locais com brigadas e equipamentos para o combate ao incêndio); (2) conhecimento detalhado das edificações e de sua área de atendimento; e (3) conhecimento da malha viária e rede de hidrantes públicos de sua área de atendimento. A conjugação destes três fatores fundamentais permite a eficácia necessária ao trabalho do corpo de bombeiros (MANUAL..., 2006b, 13 p.).

2.3.1 Conhecimento das viaturas e equipamentos

O trabalho do bombeiro é bastante operacional, e neste sentido é fundamental que os oficiais tenham conhecimento da operação, do manejo e da conservação das ferramentas disponíveis.

O condutor de uma viatura deve saber até que ponto poderá manobrá-la, em razão, principalmente das suas dimensões, caso contrário, estará colocando em risco não só a sua integridade física, bem como a de seus companheiros, sem falar nos prejuízos materiais que poderão advir de acidentes (MANUAL..., 2006b, 13 p.).

Os corpos de bombeiros brasileiros empregam largamente o suprimento d'água por intermédio de viaturas de várias características tais como: a Auto Bomba (AB), o Auto Tanque (AT), o Reboque com Cavalo-Mecânico (CM-RE) e o carro pipa.

De acordo com o Manual... (2006d, p.3), a Auto Bomba (AB) é o principal instrumento de combate a incêndio. Todo AB possui grande quantidade e variedade de material especializado para combate a incêndio, uma bomba com vazão que varia entre 2.000 e 8.000 litros por minuto, e um tanque com capacidade entre 3.000 e 6.000 litros. Um exemplo de viatura é apresentado na Figura 2.

Figura 2 - Veículo Auto bomba da cidade de São Carlos-SP

A principal função do Auto Tanque (AT) é o abastecimento das Auto Bombas e dos Cavalos-Mecânico. Possui capacidade de transporte de 4.000 a 10.000 litros de água. Poderá, eventualmente, ser utilizado no combate a incêndios, com limitações devido à pequena capacidade da bomba (de manobra e vazão) (MANUAL..., 2006d, p.4). Um exemplo da viatura é apresentada na Figura 3.

Figura 3 - Veículo Auto tanque da cidade de São Carlos-SP

O Reboque com Cavalo-Mecânico CM-RE, conhecido popularmente como “jamanta”, possui capacidade de transportar um grande volume de água, 16.000 litros ou mais. É uma viatura pesada, de difícil movimentação em ambientes urbanos e seu emprego é complexo, porém de fundamental importância em locais com suprimento de água reduzido (MANUAL..., 2006d, p.4). Uma ilustração da viatura é apresentada na Figura 4.

Os carros pipa são viaturas para transporte de água pertencente ao serviço local de distribuição de água (públicos ou privados). Em caso de necessidade os bombeiros utilizam estes veículos para auxiliar ao suprimento de água aos AB, AT e CM-RE (MANUAL..., 2006d, p.4).

Figura 4 - Cavalo mecânico com reboque

O veículo pipa é apresentado na Figura 5 e o Quadro 1 descreve as principais características dos veículos utilizados no combate a incêndios.

Figura 5 - Veículo carro pipa da cidade de São Carlos-SP

TIPO DE VEÍCULO	FUNÇÃO	CARACTERÍSTICAS
AB (Auto Bomba)	Veículo de combate a incêndio	Pequeno volume de água; capacidade e diversidade de manobras de bomba.
AT (auto tanque)	Abastecimento AB/ CM-RE	Médio volume de água; poucas opções de manobra de bomba.
CAVALO-MECÂNICO + REBOQUE (CM-RE) (JAMANTA)	Abastecimento do AB	Grande volume de água tracionado por CM; moto-bomba acoplada.
CARRO PIPA	Abastecimento de JAMANTA/AB/AT	Médio volume de água; grande quantidade de veículos disponíveis.

Quadro 1 - Classificação dos veículos do serviço de bombeiros
Fonte: Adaptado de Manual... (2006d, p.169)

2.3.2 Conhecimento das edificações

O conhecimento das edificações que estão inseridas na área de atendimento de um posto de bombeiros. Facilita o atendimento de ocorrências, pois reduz a

ansiedade natural de se enfrentar situações não conhecidas. É praticamente impossível o bombeiro conhecer todas as edificações de sua área de atendimento, porém deve-se familiarizar com pelo menos aqueles considerados mais críticos (MANUAL..., 2006b, 14 p.).

A produção e importação de materiais modernos para construção que são usados nas edificações e seus comportamentos em situações de incêndio ainda não conhecidas apresentando um problema em potencial. Para Seito et al. (2008, p.11), os riscos podem variar muito com o uso de novos materiais sem controle de sua reação e resistência ao fogo, dessa maneira, torna-se necessário ensaiar todos os materiais e sistemas construtivos do mercado, o que nem sempre tem sido realizado. O autor supracitado ainda destaca que novos riscos são gerados diariamente nas cidades brasileiras em função de inovações e mudanças por necessidades das empresas e dos edifícios públicos.

2.3.3 Conhecimento da malha viária e rede de hidrantes públicos

A eficiência do atendimento do bombeiro está proporcionalmente ligada ao tempo de resposta ao chamado de emergência. Quanto menor o tempo que a viatura leva para chegar ao local incendiado, maior será a possibilidade de sucesso de extinção do incêndio e salvamento de vítimas. Por isso, é de vital importância o conhecimento das vias de acesso ao local do incêndio, que possibilita a chegada ao menor tempo possível, de forma segura e ágil.

Outro aspecto importante é o conhecimento da localização dos hidrantes, que são objeto desta pesquisa, não só no tocante a sua localização, mas principalmente com relação a sua operacionalização o estado de conservação dos mesmos (MANUAL..., 2006b, 16 p.).

Na seção 2.3.1 foram apresentados os veículos que, normalmente, fazem parte do acervo de equipamentos das centrais de atendimento. Estes veículos têm características padronizadas, mesmo sendo desenvolvidos por diferentes fabricantes. Sendo assim os operadores que momentaneamente estão alocados fora de seus postos ou do local onde receberam treinamento, não têm dificuldades em operar tais equipamentos.

As condições apresentadas nas seções 2.3.2 e 2.3.3 diferem de cidade para cidade e, sendo assim os operadores que momentaneamente estão alocados fora de seus postos, enfrentam dificuldades em planejar e operar o atendimento a uma ocorrência de incêndio, tendo então a necessidade de se adaptar caso a caso, durante as emergências. Portanto, para que a corporação de bombeiros possa oferecer para a cidade um serviço com qualidade e eficiência é imprescindível o uso de tecnologia embarcada que dê suporte para o planejamento e operação no momento de uma ocorrência.

2.3.4 Como surge o fogo

Em todo incêndio ocorre uma reação de combustão, envolvendo quatro elementos: o combustível, o comburente, o calor e a reação em cadeia. Os métodos de extinção do fogo consistem em “atacar” cada um destes elementos, já que a maioria dos incêndios começa com um pequeno foco, fácil de debelar (CARTILHA, 2011, p.16).

Conforme Seito et al. (2008, p.35), apesar dos grandes avanços na ciência do fogo, até o momento não existe um consenso mundial para definir o fogo. Possuindo definições usadas nas normas de vários países. Como segue:

- a) Brasil – NBR 13860/1997: fogo é o processo de combustão caracterizado pela emissão de calor e luz.
- b) Estados Unidos da América - (NFPA): fogo é a oxidação rápida auto-sustentada acompanhada de evolução variada da intensidade de calor e de luz.
- c) Internacional – ISO 8421-1: fogo é o processo de combustão caracterizado pela emissão de calor acompanhado de fumaça, chama ou ambos.
- d) Inglaterra – BS 4422: Part 1: fogo é o processo de combustão caracterizado pela emissão de calor acompanhado por fumaça, chama ou ambos.

A Instrução Técnica I.T. Nº 02/2011 - Conceitos básicos de segurança contra incêndio define os quatro elementos que concorrem para a formação do fogo:

1. Combustível: pode ser definido como qualquer substância capaz de produzir calor por meio da reação química.
2. Comburente: é a substância que alimenta a reação química, sendo mais comum o oxigênio.
3. Calor: pode ser definido como uma forma de energia que se transfere de um sistema para outro em virtude de uma diferença de temperatura. Ele se distingue das outras formas de energia porque, como o trabalho, só se manifesta num processo de transformação.
4. Reação em cadeia: a reação torna a queima autossustentável. O calor irradiado das chamas atinge o combustível e este é decomposto em partículas menores, que se combinam com o oxigênio e queimam, irradiando outra vez calor para o combustível, formando um ciclo constante (CARTILHA, 2011, p.18).

2.3.5 Evolução de um incêndio

A evolução do incêndio em um local pode ser representada por um ciclo com três fases com diferentes características, apresentadas na Figura 6.

Figura 6 - Curva de evolução do incêndio celulósico
Fonte: Adaptado de Seito et al. (2008, p.44)

A primeira fase é o incêndio incipiente que tem um crescimento lento, em geral com duração entre cinco a vinte minutos até a ignição. A partir daí, inicia-se a segunda fase caracterizada pelas chamas que começam a crescer aquecendo o ambiente. O sistema de detecção deve operar na primeira fase e o combate ao incêndio e, conseqüente extinção, tem grande probabilidade de sucesso. Quando a temperatura do ambiente atinge em torno de 600°C, todo o ambiente é tomado por gases e vapores combustíveis desenvolvidos na pirólise dos combustíveis sólidos. Havendo líquidos combustíveis, eles irão contribuir com seus vapores que causará a inflamação generalizada (*flashover*) e o ambiente será tomado por grandes labaredas. Caso o incêndio seja combatido antes desta fase (por exemplo, por chuveiros automáticos) haverá grande probabilidade de sucesso na sua extinção. A terceira fase é caracterizada pela diminuição gradual da temperatura do ambiente e das chamas. Isso ocorre por exaurir o material combustível.

2.3.6 Técnicas de extinção de incêndios

De acordo com o Manual... (2006c, p.326), “técnica de extinção de incêndio é a utilização correta dos meios disponíveis para extinguir incêndios com maior segurança e com um mínimo de danos durante o combate”.

Segundo o Manual... (2006c, p.326), o combate a incêndio é feito através de uma guarnição de bombeiros, onde cada membro tem sua missão definida:

1. O Comandante da guarnição toma decisões para o desenvolvimento tático, assiste e supervisiona os integrantes da guarnição quanto aos procedimentos técnicos (técnica aplicada).
2. O motorista conduz o veículo em segurança e tem a função de operar a bomba. Tendo também a função de conduzir a viatura até o local de abastecimento caso necessário.
3. Os chefes de linha e auxiliares operam os esguichos e realizam outras missões conforme determinação do Comandante.

As técnicas de extinção são determinadas pelas periculosidades de cada classe e tipo de incêndio.

2.3.7 Classes de incêndio

2.3.7.1 Incêndio Classe A

Incêndios que envolvem materiais combustíveis sólidos, tais como: madeira, tecidos, papéis, borrachas, plásticos termoeestáveis, e outras fibras orgânicas, que queimam em superfície e profundidade, deixando resíduos (SEITO et al., 2008, p.225).

A água nesta situação é o agente mais eficaz para o resfriamento. A água deve ser aplicada de forma que o combustível que está queimando fique em temperatura abaixo do ponto de combustão.

2.3.7.2 Incêndio Classe B

Incêndios que envolvem líquidos e/ou gases inflamáveis ou combustíveis, plásticos e graxas que se liquefazem por ação do calor, e queimam somente em superfície (SEITO et al., 2008, p.225).

Estes tipos de incêndios são eliminados utilizando-se a técnica de abafamento, resfriamento por água e ainda pela retirada de material. O resfriamento por água deve ser feito utilizando o jato em estilo “chuveiro”. O jato de água contínuo não deve ser utilizado, pois espalharia o líquido em chamas aumentando potencialmente o incêndio.

Para que o combate a este tipo de incêndio tenha sucesso é importante que se conheça algumas características dos líquidos inflamáveis:

1. Geram vapores inflamáveis à temperatura ambiente
2. Flutuam na água
3. Queimam rapidamente sobre a superfície exposta ao calor
4. Liberam grande quantidade de calor durante a queima.

2.3.7.3 Incêndio Classe C

De acordo com o Seito et al. (2008, p.228), estes tipos de incêndios atuam em equipamentos e instalações elétricas energizadas. Neste tipo de incêndio o uso da água exige maior cautela, pois existe o risco de choque elétrico. Ela contém impurezas que a tornam condutora de eletricidade, podendo ser eliminado com mais facilidade se a energia elétrica puder ser cortada.

Desta forma o incêndio deixa de ser classe C e passa para classe A ou B.

Agentes extintores que não conduzem eletricidade devem ser usados no combate a este tipo de incêndio.

2.3.7.4 Incêndio Classe D

Incêndios que envolvem metais combustíveis, tais como magnésio, titânio, alumínio, zircônio, sódio, potássio e lítio. Que exigem para a sua extinção, agentes que se fundam em contato com o material ou que retirem o calor destes. Metais combustíveis queimam em temperaturas extremamente altas. Para estes metais, o uso da água é contraindicado (CARTILHA, 2011 p.15).

Um problema enfrentado pelo bombeiro numa emergência com combustíveis, classe D, é a obtenção de agentes extintores adequados à situação específica, pois seus conteúdos podem ser reagentes. Isso porque os metais combustíveis não apresentam um comportamento padrão. Sendo assim o melhor método de extinção é o abafamento.

2.3.7.5 Extintores portáteis para cada classe de incêndio

O sucesso no combate ao incêndio depende da seleção correta do tipo de extintor. A utilização de um extintor impróprio poderá, além de não conseguir extinguir o fogo, colocar em risco a vida de quem o utilizar, o patrimônio e o meio ambiente. Sendo necessário então o treinamento do operador, em relação as substancias utilizadas na composição do material do extintor juntamente com as características e classes de incêndios a aplicar este material. As aplicações dos extintores bem as características dos incêndios, são apresentadas no Quadro 2.

Extintores	Características
Extintor de pó para classes ABC	É o extintor mais moderno no mercado, que atende a todas as classes de incêndio. O pó especial é capaz de combater princípios de incêndios em materiais sólidos, líquidos inflamáveis e equipamentos energizados. É o extintor usado atualmente nos veículos automotivos.
Extintor com água pressurizada	É indicado para incêndios de classe A (madeira, papel, tecido, materiais sólidos em geral). A água age por resfriamento e abafamento, dependendo da maneira como é aplicada.
Extintor com gás carbônico	Indicado para incêndios de classe C (equipamento elétrico energizado), por não ser condutor de eletricidade. Pode ser usado também em incêndios de classes A e B.
Extintor com pó químico seco	Indicado para incêndio de classe B (líquidos inflamáveis). Age por abafamento. Pode ser usado também em incêndios de classes A e C.
Extintor com pó químico especial	Indicado para incêndios de classe D (metais inflamáveis). Age por abafamento.

Quadro 2 - Extintores e suas aplicações
Fonte: Adaptado de Cartilha (2011, p.19)

2.3.8 Formas de extinção de incêndio

2.3.8.1 Ataque direto

O mais eficiente uso de água em um incêndio em queima livre é ataque direto. O bombeiro deve estar próximo ao incêndio, utilizando jato contínuo ou chuveiro a cerca de 30 graus ou menos, sempre concentrando o ataque para a base do fogo, até extingui-lo (MANUAL..., 2006c, p.327).

2.3.8.2 Ataque indireto

Conforme o Manual... (2006c, p.327), o ataque indireto é usado em locais com riscos de explosão, alta temperatura, com ou sem fogo. Realizado através de um método de vaporização d'água, sem que o bombeiro entre no ambiente.

Realiza-se este ataque, dirigindo o jato d'água para o teto superaquecido, tendo como resultado a produção de aproximadamente 1.700 litros de vapor, à pressão normal e temperatura superior a 100° C.

No ataque indireto, o esguicho será acionado por um tempo de 30 segundos. Não deverá haver excesso de água, o que causaria distúrbios no balanço térmico. A seguir, apresenta-se uma equação para o cálculo da quantidade de água a ser empregada em um compartimento (MANUAL..., 2006c, p.328):

$$Q = 1,5 \times \text{volume do ambiente (m}^3\text{)}$$

Sendo,

$$Q = \text{Litros por minuto [l/min]} \text{ (vazão)}$$

EXEMPLO:

Um salão com as seguintes medidas: L = 10 m, C= 24 m, A = 3 m

$$V = 10 \text{ m} \times 24 \text{ m} \times 3 \text{ m} = 720 \text{ m}^3$$

$$Q = 1,5 \times 720 = 1.080 \text{ l/min} = 18 \text{ l/seg}$$

Essa vazão (Q) deve ser aplicada por 30 segundos.

Um esguicho regulável de 38 mm, com 5,5 kg/cm² (80 psi) de pressão, descarrega aproximadamente 6 l/seg. Portanto, é necessária a utilização de 3 esguichos simultaneamente, por 30 segundos, procurando atingir todo o teto do compartimento (18 [l/seg] / 6 [l/seg] = 3).

Após a utilização dos esguichos d'água, o bombeiro aguarda a estabilização do ambiente, até ausência de luminosidade das labaredas e não ouvir o barulho de materiais em combustão; neste ponto os focos se reduzem a focos isolados e são combatidos um a um utilizando o menor volume de água possível.

2.3.8.3 Ataque combinado

Faz-se uso do ataque combinado para auxiliar a extinção (abafamento e resfriamento de um local), quando o bombeiro se depara com um incêndio que está em um local confinado, sem risco de explosão, mas com superaquecimento do ambiente (MANUAL..., 2006c, p.329).

O ataque combinado consiste na técnica da geração de vapor combinada com ataque direto à base dos materiais em chamas. O esguicho, regulado de 30 a 60 graus, deve ser movimentado de forma a descrever um círculo, atingindo todo o ambiente (o teto, a parede, o piso, a parede oposta e novamente o teto). Quando não houver mais a geração de vapor, utiliza-se o ataque direto para a extinção dos focos remanescentes.

2.3.9 Seleção de linhas e jatos

A técnica de aplicação de água somente será bem sucedida se a forma e quantidade utilizada forem adequadas e suficientes (MANUAL..., 2006c, p.330). Para isso, a seleção de linhas (mangueira ou canhão) e jatos dependerá das necessidades da situação, tais como:

1. Volume de água disponível e o necessário para a extinção
2. Alcance do jato
3. Número de pessoas disponíveis para manobrar as linhas
4. Mobilidade exigida
5. Tática e técnica escolhida.

Para a aplicação adequada do jato e da linha é fundamental avaliar cada situação em referência, levando em consideração o tamanho da área incendiada, a quantidade de água disponível, a distância segura em que os bombeiros devem ficar para combater o fogo, a mobilidade que a linha deverá ter e a quantidade de pessoal disponível. Por exemplo, para eliminar um incêndio numa grande ocupação comercial, totalmente envolvida pelo fogo, não seria aconselhável utilizar uma linha direta de 38 mm, ou ainda o mangotinho (equipamentos instalados em edificações, com sistema similar aos hidrantes, porém de vazão menor), uma vez que o ataque não teria necessários o volume de água e nem o alcance do jato (MANUAL..., 2006c, p.330).

Também é incorreto atacar um dormitório de residência familiar com uma linha de 63 mm, descarregando 16 litros por segundo ou armar essa mesma linha

com grande vazão de água não havendo reserva d'água (hidrante público) disponível. O que esgotaria em menos de 5 minutos um caminhão Auto Bomba com 4.000 litros de água (MANUAL..., 2006c, p.330).

O Manual... (2006c, p.330 e 331) possui um quadro com as características de linha de ataque. Vide Quadro 3.

Tipo (dimensão)	Mangotinho (16 a 25 mm)	38 mm (1 1/2")	63 mm (2 1/2")	Canhão
Vazão	39 a 114 l/min	190 a 454 l/min	560 a 946 l/min	1.325 a 7.570 l/min
Alcance do jato	8 a 15 m	8 a 15 m	15 a 30 m	30 a 60 m
Nº pessoas no Esguicho	1	1 ou 2	2 a 4	1
Mobilidade	Excelente	Excelente	Reduzida a moderada	Reduzida ou nula (esguichos / torre d'água podem ter mobilidade maior)
Controle de perdas	Excelente	Excelente	Moderado	Difícil
Controle de direção	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente
Quando usar	Pequenos focos em interiores. Não existe possibilidade de propagação. Limpeza final ou rescaldo.	Desenvolvimento do fogo pequeno e contido ou suficientemente confinado para ser extinto com quantidade relativamente pequena de água. Ataques rápidos. Rápidos rearranjos. Carga incêndio baixa. Para proteção de exposição (calor radiado).	A penetração com linhas de 1 1/2" é arriscada, tendo em vista a proporção e intensidade do fogo. Há manancial d'água e pessoal em quantidade. Para proteção de exposição em calor irradiado muito grande.	A extensão e intensidade do fogo impedem a penetração com linhas manuais. Abundância de H2O (manancial) e limitação de pessoal. Para proteção do calor irradiado com alto risco. Capacidade de bombeamento permite. A sobrecarga gerada pela água não vai pôr em risco de colapso o piso e as estruturas. Ataque direto (interior) não poderá ser mantido por muito tempo.
Área efetiva estimada	Menor que um compartimento	De um a três compartimentos	Um piso ou mais totalmente envolvido.	Grandes estruturas totalmente envolvidas.

Quadro 3 - Características das linhas de ataque a incêndio
Fonte: Adaptado de Manual... (2006c)

2.4 Abastecimento

A água é o mais completo dos agentes extintores. Essa importância lhe é dada, pois mesmo que não leve à extinção completa do incêndio, a água auxilia no isolamento de riscos e possibilita a aproximação dos bombeiros ao fogo para o emprego de outros agentes extintores.

De acordo com Gomes⁹ (1998 apud SEITO et al., 2008 p. 233), a água é o agente extintor utilizado em sistemas de proteção contra incêndio como o sistema de hidrantes e mangotinhos, sistema de chuveiros automáticos e sistema de água nebulizada, tendo por objetivo o controle e a extinção rápida e eficiente de um incêndio. Além da sua ação de combate, ainda proporciona a melhor absorção de calor por resfriamento, abafamento e emulsificação.

As fontes de captação de água para o combate a incêndios são: mananciais, reservatórios, viaturas, sistemas de hidrantes de prédio e da rede pública (MANUAL..., 2006d, p.167).

Em cidades, os hidrantes são dispositivos colocados nas redes de distribuição que permitem a captação de água pelos bombeiros, sendo o principal meio de abastecimento dos veículos em situações de incêndio. Os hidrantes podem ser públicos ou particulares.

O transporte d'água por viaturas, não é o mais aconselhável, isso porque a água é uma carga dinâmica, podendo o centro de gravidade do veículo estar sujeito a flutuações enquanto o veículo se desloca (MANUAL..., 2006d, p.3). Estas flutuações afetam a dirigibilidade, o que não é aconselhável para um veículo de atendimento a ocorrências de sinistros, onde um atendimento ágil para salvar vidas, requer trafegar em alta velocidade por vias urbanas.

Tendo em vista as limitações no transporte de carga dinâmica, é fundamental a implantação de sistemas de hidrantes urbanos distribuídos espacialmente de maneira adequada em uma determinada região, em pontos estratégicos e com vazão adequada, evitando desta forma, este tipo de transporte. Entretanto, a utilização de veículos pesados para o transporte de água aos locais de

⁹ GOMES (1998) - Sistema de prevenção contra incêndios: sistemas hidráulicos, sistemas sob comando, rede de hidrantes e sistema automáticos. Interciência, Rio de Janeiro-RJ.

ocorrência incêndio é uma prática comum devido à realidade dos municípios, utilizando para esta atividade até mesmo veículos externos ao corpo de bombeiros, tais como carros pipa ou carretas pertencentes a prefeitura ou aos serviços de água e esgoto destes municípios.

2.4.1 Hidrantes urbanos

Os hidrantes urbanos são equipamentos de extrema importância durante os incêndios e essencial ao pronto abastecimento das viaturas para dar continuidade ao combate de incêndios. Cabe a concessionária local dos serviços de água e esgoto o desenvolvimento do projeto, a instalação, a substituição e a manutenção da rede de hidrantes urbanos.

Um grande exemplo da importância de haver uma rede de hidrantes planejada na história brasileira pode ser visto no incêndio do edifício Joelma, ocorrido em 01 de fevereiro de 1974 que matou 188 pessoas.

Naquele incêndio foram utilizadas mais de 30 viaturas, que foram deslocadas para aquele local. Por não haver uma quantidade suficiente de hidrantes próximos daquele local, faltou água. Os bombeiros chegaram a fazer um apelo aos moradores das vizinhanças: "Quem tiver água e possa trazê-la até aqui num balde, por favor, faça com urgência. Estamos precisando de água. Atenção, moradores, traga água em baldes" (FOLHA DE SÃO PAULO¹⁰, 1974).

A NBR 12.218/1994 - Projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público (ABNT, 1994) define a distância máxima de 600 m entre os hidrantes urbanos exigindo vazões mínimas para estes equipamentos de 600 litros por minuto para áreas residenciais e de menor risco de incêndio, e vazões de 1.200 litros por minuto para áreas comerciais, industriais, edifícios de uso público, isto é, para áreas de maior risco de incêndio. Também determina o diâmetro mínimo de 150 mm para a tubulação da rede para que seja possível a instalação dos hidrantes.

A Instrução Técnica (IT) Nº 34/2011 - Hidrante Urbano (CBPMESP, 2011), determina por meio de uma norma regulamentadora as condições para instalação do hidrante urbano em municípios conveniados, onde a decisão

¹⁰ Folha de São Paulo – De novo e muito pior (1974), Almanaque da Folha de São Paulo, São Paulo-SP.

sobre o espaçamento dos hidrantes, vazão e pressão devem ser estipulados pela concessionária de águas em conjunto com o corpo de bombeiros, com base nesta IT. Parâmetros a serem seguidos: cada hidrante deve possuir um raio de ação de no máximo 300 m (uma área de aproximadamente 0,283 km²). Ainda de acordo com a IT N° 34/2011, o hidrante urbano mais desfavorável para esta distância, deve fornecer uma vazão de 1.000 a 2.000 litros por minuto, os hidrantes urbanos devem ser instalados em rede de diâmetro mínimo de 150 mm, com exceção para municípios com população até 100.000 habitantes, onde excepcionalmente deve ser aceita a instalação de redes com no mínimo 100 mm de diâmetro. A Figura 7 apresenta as diferenças das áreas de cobertura pelos equipamentos, bem como seus espaços vazios entre os raios de atuação, segundo a NBR 12.218/1994 e IT N° 34/2011. Não considerando os espaços vazios como áreas a serem cobertas, cada grupo de quatro hidrantes com raios de 600 m, atende uma área aproximada de 5,8 km², conforme a NBR 12.218/1994. Considerando a IT N° 34/2011, atende-se a uma área de 1,5 km².

Figura 7 - Áreas de cobertura pelos equipamentos e vazios, formação paralela as vias urbanas

2.4.2 Hidrantes urbanos no Estado de São Paulo

No estado de São Paulo, os hidrantes urbanos são classificados conforme sua vazão e identificados por suas cores: Hidrantes com corpo na cor amarela, tampões e capacete na cor verde para vazões superiores a 2.000 litros por minuto; hidrantes inteiramente na cor amarela para vazões de 1.000 a 2.000 litros por minuto; e por fim hidrantes com corpo na cor amarela, tampões e

capacete na cor vermelho para vazões inferiores a 1.000 litros por minuto (CBPMESP, 2011).

A Figura 8 apresenta os hidrantes classificados conforme sua vazão.

a) Vazão maior de 2.000 l/min b) Vazão entre 1.000 e 2.000 l/min c) Vazão menor de 1.000 l/min

Figura 8 - Cores para identificação de vazão dos hidrantes urbanos no Estado São Paulo.

Fonte: CBPMESP (2011)

2.4.3 Hidrantes urbanos em algumas cidades do Estado de São Paulo

Nas Tabelas 1 e 2 são apresentadas as quantidades de hidrantes urbanos instalados em 20 cidades do estado de São Paulo. Os dados foram obtidos junto aos Grupamentos de Bombeiros (GB's) das cidades levantadas (o objetivo da pesquisa era levantar 80 cidades, porém foram encontradas dificuldades em obter dados em 60 GB's contatados).

As cidades escolhidas foram Araraquara, Caçapava, Campinas, Campos do Jordão, Franca, Indaiatuba, Jambéiro, Lagoinha, Limeira, Natividade da Serra, Piracicaba, Redenção da Serra, Ribeirão Preto, Rio Claro, Santo Antônio do Pinhal, São Bento do Sapucaí, São Luís do Paraitinga, Sumaré, Taubaté e Tremembé, onde os grupamentos de bombeiros locais foram contatados para a obtenção dos dados. Na Tabela 1, têm-se a atual estrutura disponível de hidrantes, espalhados na área urbana das cidades levantadas.

Tabela 1 - População, território e quantidade de hidrantes nas cidades estudadas

Cidades	População do município	Área da unidade territorial km ²	Área Urbana km ²	Quantidade de hidrantes	
				Instalados na área urbana	por km ²
Araraquara	208.662	1.004	82	262	3,2
Caçapava	84.752	370	41	39	1,0
Campinas	1.080.113	795	291	603	2,1
Campos do Jordão	47.789	291	170	36	0,2
Franca	318.640	606	54	198	3,7
Indaiatuba	201.619	311	35	65	1,9
Jambeiro	5.349	184	1	2	2,0
Lagoinha	4.841	256	2	1	0,5
Limeira	276.022	581	170	194	1,1
Natividade da Serra	6.678	833	2	0	0,0
Piracicaba	364.571	1.377	237	264	1,1
Redenção da Serra	3.873	309	20	1	0,1
Ribeirão Preto	604.682	651	353	130	0,4
Rio Claro	186.253	498	81	109	1,3
Santo Antônio do Pinhal	6.486	133	16	2	0,1
São Bento do Sapucaí	10.468	253	6	2	0,3
São Luís do Paraitinga	10.397	617	8	1	0,1
Sumaré	241.311	153	74	22	0,3
Taubaté	278.686	625	139	76	0,5
Tremembé	40.984	191	33	28	0,8

Fonte: IBGE (2010a) e GB'S Locais (2013)

A área urbana foi encontrada a partir da segregação de áreas urbanas e áreas rurais, realizadas pelo software QGIS, utilizando a malha censitária 2010 do IBGE; o processo pode ser visualizado no Apêndice C.

A Tabela 2 e a Figura 9 apresentam a quantidade de hidrantes urbanos instalados e previstos para as cidades de Araraquara, Caçapava, Campinas, Campos do Jordão, Franca, Indaiatuba, Jambeiro, Lagoinha, Limeira, Natividade da Serra, Piracicaba, Redenção da Serra, Ribeirão Preto, Rio Claro, Santo Antônio do Pinhal, São Bento do Sapucaí, São Luís do Paraitinga, Sumaré, Taubaté e Tremembé. De acordo com a NBR 12.218/1994, visando um raio de cobertura máximo de 600 m (1,131 km²) para cada Hidrante Urbano e I.T. Nº 34/2011 do CBPMESP, visando um raio de cobertura máximo de 300m (0,283 km²) para cada Hidrante Urbano (considerando os espaços vazios entre os raios de ação).

Tabela 2 - Quantidade de hidrantes urbanos instalados e previstos

Cidades	Quantidade de Hidrantes			
	População Urbana	Instalados	Previstos	
			NBR 12.218/94	CBPMESP (IT) N° 34/11
Araraquara	202.730	262	73	291
Caçapava	72.517	39	37	146
Campinas	1.061.540	603	258	1.030
Campos do Jordão	47.491	36	151	602
Franca	313.046	198	48	191
Indaiatuba	199.592	65	31	124
Jambeiro	2.561	2	1	4
Lagoinha	3.138	1	2	8
Limeira	267.785	194	151	602
Natividade da Serra	2.788	0	2	8
Piracicaba	356.743	264	210	839
Redenção da Serra	2.213	1	18	71
Ribeirão Preto	602.966	130	313	1.249
Rio Claro	181.720	109	72	287
Santo Antônio do Pinhal	3.855	2	15	57
São Bento do Sapucaí	5.040	2	6	22
São Luís do Paraitinga	6.180	1	8	29
Sumaré	238.470	22	66	262
Taubaté	272.673	76	123	492
Tremembé	36.936	28	30	117

Fonte: GB's locais (2013)

A partir dos dados apresentados foi possível verificar uma grande defasagem no estado de São Paulo. Percebe-se que das 20 cidades levantadas apenas 9 possuem instalada a quantidade de hidrantes urbanos previstos pela NBR 12.218/1994, e apenas a cidade de Franca atende a quantidade prevista IT N° 34/2011.

Levando em consideração a IT N° 34/2011, as cinco cidades mais preparadas para o atendimento a incêndios no quesito hidrantes urbanos em uma análise percentual são: Franca atendendo 104% da quantidade prevista, Araraquara atendendo 90% da quantidade prevista, Campinas atendendo 59% da quantidade prevista, Indaiatuba atendendo 52% da quantidade prevista, e Jambeiro atendendo 50% da quantidade prevista.

Enquanto as cinco cidades menos preparadas para o atendimento a incêndios no quesito hidrantes urbanos são: Natividade da Serra atendendo 0% da

quantidade prevista, Redenção da Serra atendendo 1% da quantidade prevista, São Luís do Paraitinga atendendo 3% da quantidade prevista, Santo Antônio do Pinhal atendendo 4% da quantidade prevista e Campos do Jordão atendendo 6% da quantidade prevista.

Figura 9 - Quantidade de hidrantes urbanos: previstos e os instalados
Fonte: GB's locais (2013)

Por se tratar de um item que requer investimentos para adequação a legislação, é de fundamental importância analisar também a quantidade de hidrantes das cidades levantadas. Esta análise permite a sensibilidade dos dados em aspecto financeiro, relacionando a melhor cidade a necessidade de investir menos.

Um bom exemplo seria uma cidade que possua apenas 10 hidrantes instalados e necessite de 20 hidrantes para atender as normas e, uma cidade que necessite de 400 hidrantes e possua apenas 200. Ambas estão com uma

deficiência de 50%, porém o investimento para a adequação das situações é muito discrepante.

As cinco cidades mais preparadas para o atendimento a incêndios no quesito hidrantes urbanos em uma análise quantitativa são: Franca com 7 hidrantes acima da quantidade prevista, Jambuí com 2 hidrantes abaixo da quantidade prevista, Lagoinha com 7 hidrantes abaixo da quantidade prevista, Natividade da Serra com 8 hidrantes abaixo da quantidade prevista e São Bento do Sapucaí com 20 hidrantes abaixo da quantidade prevista.

As cinco cidades menos preparadas para o atendimento a incêndios no quesito hidrantes urbanos em uma análise quantitativa são: Ribeirão Preto com 1.119 hidrantes abaixo da quantidade prevista, Piracicaba com 575 hidrantes abaixo da quantidade prevista, Campos do Jordão com 566 hidrantes abaixo da quantidade prevista, Campinas com 427 hidrantes abaixo da quantidade prevista e Taubaté com 416 hidrantes abaixo da quantidade prevista.

Outro item de grande importância que não está na instrução técnica ou em alguma outra norma nacional, porém torna-se uma interessante métrica para avaliar um bom equipamento de proteção é a quantidade de habitantes para cada hidrante, sendo que a principal finalidade do equipamento é salvaguardar vidas humanas. A relação da quantidade de habitantes da área urbana dos municípios para cada hidrante está apresentada na Figura 10.

Analisando a quantidade de pessoas para cada hidrante, as cinco cidades mais preparadas para o atendimento a incêndios são: Araraquara com 774 habitantes para cada hidrante, Jambuí com 1.281 habitantes para cada hidrante, Tremembé com 1.319 habitantes para cada hidrante, Campos do Jordão com 1.319 habitantes para cada hidrante e Piracicaba com 1.351 habitantes para cada hidrante.

As cinco cidades menos preparadas para o atendimento a incêndios são: Sumaré com 10.840 habitantes para cada hidrante, São Luís do Paraitinga com 6.180 habitantes para cada hidrante, Ribeirão Preto com 4.638 habitantes para cada hidrante, Taubaté com 3.588 habitantes para cada hidrante e Lagoinha com 3.138 habitantes para cada hidrante.

Figura 10 - Quantidade de habitantes urbanos para cada hidrante
Fonte: IBGE (2010a) e GB's locais (2013)

Cabe ao estudo ainda considerar que em algumas cidades do mundo existe um hidrante para cada grupo de 100 habitantes ou até grupos menores conforme destaca Ono (2000), como por exemplo: a cidade de Tóquio onde existe um hidrante para cada 96 pessoas e em Nagóia onde existe um hidrante para cada 68 habitantes.

2.5 Sistemas de Informações Geográficas

As áreas de potencial risco destrutivo bem como o aparelho municipal de proteção de incêndios, estão distribuídas na área da cidade. Neste sentido, apenas o uso de dados tabulares não permite o entendimento de como os agentes e neutralizantes se comportam no espaço. Para tanto é necessário o uso de um software de Sistemas de Informações Geográficas (SIG), uma vez que ele possibilita a representação de dados gráficos e não gráficos de forma a facilitar a visualização e assim, a tomada de decisões.

Existem na literatura várias definições para SIG. A seguir são apresentadas algumas delas:

Segundo Huxhold (1991, p.29):

Um sistema de informação geográfica é um sistema de gerenciamento de base de dados informatizada para a captura, armazenamento, recuperação, análise e visualização de dados espaciais (localmente definidos).

Para Silva et al. (2008) o SIG exerce um papel de integrador de tecnologias de campos muito diversificados e apresentando uma razoável variedade de tipos concebidos para diferentes finalidades. Mostrando-se uma ferramenta de grande utilidade em medir, mapear, monitorar e modelar dados, permitindo conhecer as relações topológicas de pontos de coordenadas geográficas conhecidas, distribuídos em uma localização.

De acordo Huxhold (1991 p.64), os mapas e a associação de dados georreferenciados são recursos utilizados diariamente para prestação de serviços públicos, a gestão de recursos públicos, e para a definição de políticas públicas por parte de governos locais, em todo o mundo. Os Sistemas de Informações Geográficas são usados por muitos desses governos locais para melhorar os serviços que prestam e as decisões que tomam para o bem público.

Conforme Bermejo e Llorente¹¹ (2007 apud DOMINGUES; FRANÇOSO, 2008), aproximadamente 80% das informações utilizadas para gerir uma prefeitura são de alguma forma relacionadas com a localização geográfica, o que significa dizer que as ações dos gestores municipais acontecem em algum lugar e que os problemas a serem resolvidos possuem um ponto específico, evidenciando assim a necessidade de implantar SIG's para uma gestão dos serviços que atendem os cidadãos.

Estas definições de SIG refletem a multiplicidade de usos e visões possíveis desta técnica e apontam para uma perspectiva interdisciplinar de sua utilização. Sendo possível indicar as principais características de SIG's:

¹¹ Bermejo e Llorente (2007) - Definición de un modelo de datos para la implemetación de un SIG Municipal.

- Inserir e integrar, numa única base de dados, informações espaciais provenientes de censos, cartas de cadastro urbano e rural, sensoriamento remoto, redes e modelos numéricos de terreno;
- Oferecer mecanismos para combinar as várias informações, através de algoritmos de manipulação e análise, bem como para consultar, recuperar, visualizar e plotar o conteúdo da base de dados georreferenciados.

2.5.1 Estrutura geral de um SIG

Câmara, Almeida e Monteiro (2001, p.3-2), apresentam uma visão abrangente de um SIG, com os seguintes componentes:

- Interface com usuário;
- Entrada e integração de dados;
- Funções de processamento gráfico e de imagens;
- Visualização e plotagem;
- Armazenamento e recuperação de dados (organizados sob a forma de um banco de dados geográficos).

Para os autores supracitados as relações destes componentes em um SIG se processam de forma hierárquica. No nível mais próximo ao usuário, a interface homem-máquina define como o sistema é operado e controlado. No nível intermediário, um SIG deve ter mecanismos de processamento de dados espaciais (entrada, edição, análise, visualização e saída). No nível mais interno do sistema, um sistema de gerência de bancos de dados geográficos oferece armazenamento e recuperação dos dados espaciais e seus atributos por meio de mecanismos de seleção e consulta que definem restrições sobre o conjunto de dados, produzindo as informações solicitadas.

A Figura 11 indica o relacionamento dos principais componentes ou subsistemas de um SIG.

Figura 11 - Estrutura geral de Sistemas de Informação Geográfica
 Fonte: Adaptada de Câmara, Almeida e Monteiro (2001, p.3-3)

2.5.2 Aplicações dos SIG's

Os SIG's têm apresentado bons resultados em suas aplicações em setores tais como: segurança pública, telecomunicações, saúde, localização de entidades, transportes, agricultura e planejamento do uso do solo. A coerência na alocação de recursos públicos gera, com o tempo, melhores serviços à população. O Quadro 4 apresenta os benefícios, o papel do SIG e exemplos de uso.

Benefícios	O papel do SIG	Exemplos de usos
<ul style="list-style-type: none"> Melhores serviços ou serviços adicionais à população Melhor qualidade de vida 	<ul style="list-style-type: none"> Prover maior agilidade no acesso às informações Suporte ao diagnóstico e ao monitoramento de problemas Mecanismo mais adequado para visualização de informações e para comunicação com leigos 	<ul style="list-style-type: none"> Agilização do atendimento, consultas por telefone, acesso a informações através de terminais públicos de consulta Projetos para melhoria da qualidade de vida, combate à pobreza, à criminalidade, à mortalidade infantil Melhor agilidade nas ações que levam risco à população

Quadro 4 - Exemplo de uso do SIG em benefício direto da sociedade
 Fonte: Adaptado de Ferrari (1997)

2.5.3 Fonte de dados

A aquisição de dados para a composição de um banco de dados com informações suficientes ao estudo é tarefa fundamental, para o sucesso de um projeto de SIG.

As técnicas de levantamento para definição dos *hot spots*¹², podem utilizar a aquisição de dados primários que são inerentes das áreas de estudos da Topografia, Geologia, Fotogrametria Aérea ou Espacial e Estudos Socioeconômicos que podem envolver entrevistas e a transcrição de documentos. Sendo os SIG's, uma ferramenta de integração de dados coletados de fontes heterogêneas, de forma transparente ao usuário final (SEGANTINE, 2001, p.44).

Ainda de acordo com o autor supracitado, aquisição da base de dados é a etapa mais complexa e mais onerosa na implantação de um SIG. Podendo esta ser responsável pelo percentual que varia de 50% a 80% dos custos e esforços em um projeto de implantação. A criação dos bancos de dados para um SIG consiste na análise dos custos e das vantagens das seguintes operações de levantamento de dados podendo eles vir de fontes primárias ou secundárias:

- Controle do levantamento de campo (Topografia clássica ou uso de sistemas de posicionamento por satélites);
- Fotografia aérea;
- Mapeamento topográfico digital;
- Conversão de mapas existentes em papel para arquivos digitais;
- Seleção dos dados e atributos;
- Ortofoto digital;
- Sensoriamento Remoto;
- Verificação e correção dos dados existentes;
- Verificação e correção dos dados obtidos por outras fontes; e
- Geocodificação.

¹² Pontos de interesse do estudo.

As **fontes primárias** são as que envolvem os levantamentos feitos diretamente no campo (levantamentos topográficos e geodésicos), restituição fotogramétrica (terrestre e aérea) e produtos de Sensoriamento Remoto, etc.

As **fontes secundárias** são as que estão referenciadas aos dados captados e derivadas dos documentos e estatísticas advindas das fontes primárias, tais como gráficos, sensores, mapas, cartas, endereços, etc.

Visando uma gestão de custo o trabalho de campo (microlocalização) com informações de maior precisão ao item que se deseja analisar, deve-se complementar com dados obtidos em fontes secundárias, como exemplo os dados do IBGE ou cadastros municipais, em decorrência do custo de aquisição ser menor ou em muitos casos inexistente em virtude da disposição de material já existente, necessitando apenas de ajustes para cada cenário.

Neste trabalho serão utilizadas duas formas para realizar o levantamento de dados, conforme descritas a seguir.

2.5.4 Coleta de dados através dos Sistemas Globais de Navegação por Satélite (GNSS)

O sistema global de navegação por satélite é definido por uma constelação de satélites artificiais que permite determinar o posicionamento de uma antena receptora em qualquer lugar sobre ou próxima da superfície terrestre. Fazem parte do atual GNSS os seguintes sistemas: GPS (americano), GLONASS (russo) e GALILEO (europeu). Além destes sistemas, existem outros como, por exemplo, o sistema chinês denominado BEIDU. Maiores informações a respeito destes sistemas podem ser alcançadas em bibliografias específicas.

Ressalta-se que neste trabalho foi utilizado dados somente do sistema GPS e, portanto, a partir deste momento far-se-á apenas citações a respeito deste sistema.

Para Segantine (2005 p.30), o GPS é um sistema de aplicações versáteis, rápidas, precisas e econômicas, que proporciona ao usuário a determinação da posição de uma antena receptora, posição esta expressa em latitude, longitude e altura geométrica (ou elipsoidal), em função das coordenadas cartesianas

geocêntrica X, Y e Z. A facilidade de interação com outros sistemas, aliado à velocidade de aquisição dos dados e a sua natureza automatizada, faz com que o GPS tenha vantagens com respeito à integração e conversão dos dados.

O funcionamento do GPS baseia-se no princípio da trilateração, através do qual o observador obtém, a partir do conhecimento do posicionamento de um conjunto de satélites em relação a um referencial inercial e a sua posição em relação a este conjunto de satélites, a sua própria localização referenciada ao mesmo sistema utilizado pelo conjunto de satélites (SEGANTINE, 2005 p.29).

Para cada levantamento deve se definir uma precisão que seja viável para a obtenção das informações desejadas. Os principais métodos de posicionamento com a aplicação do sistema GPS são: posicionamento por ponto simples (método absoluto), posicionamento relativo (métodos estáticos e cinemáticos) e posicionamento diferencial em tempo real. A precisão obtida na determinação da posição de um ponto na superfície terrestre com o sistema GPS está diretamente relacionada com a qualidade do receptor, da antena, do software de processamento e com o método de posicionamento utilizado no levantamento.

Segundo Hohl¹³ (1998, apud SOUZA, 2000, p.24) a aplicação do sistema GPS apresenta vantagens e desvantagens, conforme apresentadas no Quadro 5.

¹³ Hohl (1998) - GIS Data Conversion: Strategies, Techniques e Management, On Word Press, ISBN 1-56690-175-8, OnWord Press.

Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> Dados espaciais e tabulares são obtidos simultaneamente; Precisão no posicionamento é superior aos métodos convencionais; Sistemas de coordenadas e referência de <i>datum</i> podem ser facilmente mudados no campo e processados em software; Conversão de dados compatíveis com software de SIG's são relativamente simples; Custos operacionais de obtenção dos dados são menores que em métodos tradicionais, em muitas aplicações; Coleta de dados no campo pode ser efetuada vinte e quatro horas por dia; Coleta dos dados não é afetada pela condição meteorológica; <p>Não é necessária a Intervisibilidade entre os pontos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Os usuários do sistema GPS necessitam de treinamentos a cada mudança na tecnologia; O sistema de medição está atrelado à comunicação entre os satélites e antenas receptoras; Construções altas (cânion urbano) podem bloquear os sinais dos satélites; Florestas densas podem atenuar e/ou bloquear os sinais dos satélites; Multicaminhamentos (reflexões dos sinais antes de chegar à antena do receptor, devido à presença de corpos refletivos próximos à antena) de sinais causam erros na determinação das coordenadas; Trabalho de alta precisão requer muita atenção na configuração do sistema, no padrão de coleção de dados, nos procedimentos de coletas e operacionalização.

Quadro 5 - Vantagens e desvantagens do uso do sistema GPS
 Fonte: Adaptado de Souza (2000, p.35)

2.5.4.1 Aplicações com a integração de SIG e GPS

A seguir são apresentadas algumas experiências da integração entre os SIG's e o GPS:

Em um estudo sobre a distribuição espacial da dengue no município de Mossoro-RN, realizado por Bessa Junior et al. (2013), foi utilizada a integração entre GPS e SIG. No período de 2001 – 2007 ocorreram 867 casos da doença, onde 85,7% das ocorrências foram levantadas pelo estudo; para a localização geográfica de cada caso utilizou-se um receptor GPS em visitas aos endereços dos pacientes registrados. Após o levantamento, o uso do SIG revelou um grande benefício para melhor visualização espacial da endemia, sobretudo elucidando a distribuição real dos casos de dengue no município e propiciando

um instrumento eficaz para o planejamento da vigilância sanitária, em nível local.

Braga et al. (2008), estudou o uso do geoprocessamento no diagnóstico dos roteiros da coleta de lixo na cidade de Manaus-AM, com o objetivo de melhorar a qualidade da limpeza pública, de ampliar a área de prestação do serviço de coleta de lixo e rentabilidade do serviço. Para analisar as rotas para a coleta de lixo foram utilizados receptores GPS. Fez-se então um diagnóstico dos roteiros de coleta, declividade, ruas estreitas e sem asfalto, etc. A esses dados de microlocalização foram inseridas informações de fontes secundárias referentes à densidade populacional. Analisados esses dados por meio de uma análise espacial através da ferramenta SIG, foi possível obter a relação distância percorrida e atendida, relação de peso de lixo produzido por extensão percorrida, deslocamentos improdutivos, entre outros. O conhecimento destes itens foi de grande importância na busca da otimização operacional e de melhores resultados financeiros.

Para aplicação de um SIG na coordenação dos veículos aéreos envolvidos no combate a incêndios, Monteiro (1998) utilizou a integração entre GPS e SIG no combate a incêndios florestais da região de Castelo Branco e Idanha-a-Nova, em Portugal. O estudo georreferenciou com receptores GPS as fontes de suprimento de água (barragens, reservatórios, açudes, etc.) e utilizou um SIG para elaboração de mapas temáticos de toda a rede viária da região. Potencializando assim, a acessibilidade das aeronaves tornando mais ágil e efetiva a decisão sobre quais os pontos em relação a disponibilidade de água e sua distância, que poderiam ser utilizados para o abastecimento em meio a uma ocorrência de incêndio.

2.5.5 Transformação de dados através da geocodificação

Para Huxhold (1991, p.319), a codificação geográfica “recursos de localização” é uma identificação atribuída tanto a um recurso do mapa ou a um registro de dados que contém atributos que descrevam a entidade representada pelo recurso de mapa. Codificações geográficas comuns incluem: endereços, CEP, bairro, setores censitários e sedes administrativas.

A geocodificação é o processo de atribuição de recursos de localização a dados que descrevem as entidades que podem ser localizadas em um mapa. A função de geocodificação mais comum utilizada por governos locais é o uso do arquivo de base geográfica para atribuir códigos de setores censitários ou outros recursos de localização para registros de dados contendo endereços (HUXHOLD, 1991, p.319).

A Figura 12 apresenta o processo de geocodificação processado por meio de um computador. Um arquivo de base geográfica (pontos, linhas, áreas e anotações) é usado por programas de geocodificação que ler um arquivo de dados e adiciona dados não gráficos (atributos, dados georreferenciados, dados geográficos e relação espacial) aos registros no arquivo.

Figura 12 - Processo de geocodificação por meio de um computador
Fonte: Adaptado de Huxhold (1991, p.156)

2.5.5.1 Aplicações da Integração de SIG e geocodificação

Gonçalves (2002), com a finalidade de prevenir, agilizar e monitorar as ocorrências atendidas pela Polícia Militar na cidade de Ipatinga-MG utilizou a geocodificação de diferentes tipos ocorrências para transformar os endereços em coordenadas geográficas e o SIG para gerar, por exemplo, um mapa com tipicidades das ocorrências criminais naquela cidade. Este produto cartográfico permitiu um melhor planejamento no atendimento das ocorrências e também na melhor distribuição de viaturas na prevenção de casos.

Uma experiência interessante é apresentada por Mondini et al. (2005), que analisou espacialmente a ocorrência de casos de dengue entre setembro de

1990 e agosto de 2002 na cidade de São José do Rio Preto-SP. Os casos foram geocodificados a partir do eixo de logradouros e agrupados nos 432 setores censitários daquele município, resultando em mapas temáticos. A análise dos mapas mostrou que a transmissão de dengue não ocorreu uniformemente, pois enquanto 29% dos setores censitários registraram incidências inferiores a 1.000 casos/100 mil habitantes, 5% dos setores ultrapassaram a quantia 5.000 casos/100 mil habitantes. Observou-se ainda que o processo de endemização com a transmissão da doença ocorre durante o ano todo, sendo possível afirmar que há naquele município problemas na estruturação de estratégias para o controle do transmissor.

Hino et al. (2011) utilizou a integração entre geocodificação e SIG para estabelecer a distribuição espacial e obter a correlação espacial da ocorrência dos novos casos de tuberculose no município de Ribeirão Preto-SP. Este estudo serviu para auxiliar no planejamento, monitoramento e avaliar as ações em saúde, direcionando as intervenções para diminuir as iniquidades de serviços prestados pelo município, fornecendo desta forma subsídios para o Programa de Controle da Tuberculose local.

Perante todos os casos apresentados conclui-se que os sistemas GPS e a geocodificação vêm causando um impacto importante na inter-relação com os sistemas SIG's por possibilitarem, mesmo com suas limitações, boa relação custo/benefício nos projetos (o GPS para a obtenção de dados primários e a geocodificação para os dados secundários). A tendência é um acréscimo da compatibilização entre essas três plataformas nas diversas aplicações a que se prestam.

2.6 Softwares e equipamentos utilizados no desenvolvimento desta dissertação

2.6.1 Fusion tables

Fusão Tables é uma aplicação de web experimental de coleta e visualização de dados desenvolvidos pela empresa Google. O sistema é gratuito necessitando apenas de um registro de conta de usuário na plataforma Google para poder

utilizar suas ferramentas. No *Fusion Tables* é possível combinar dados e os geocodificar, tendo como resultado: gráficos e mapas (GOOGLE, 2014a).

Esse aplicativo foi utilizado para geocodificar os pontos de interesse deste trabalho. Um exemplo de sua aplicação seria a inserção dos dados "AUTO POSTO LIRAS LTDA, AVENIDA SÃO CARLOS, 443 - SÃO CARLOS, 13570-660, São Carlos-SP". Esta aplicação processa e converte os dados de entrada em coordenadas geodésicas (por exemplo, latitude - 21°46'46" e longitude - 47°47'47") no sistema de referência WGS84. A partir daí é possível utilizar marcadores de posicionamento no mapa e assim sendo possível transferir o arquivo gerado (KML¹⁴) para um SIG. No caso deste estudo os posicionamentos foram transferidos para o QGIS possibilitando análises geográficas.

2.6.2 Google Earth

O *Google Earth* é um aplicativo computacional desenvolvido e distribuído pela empresa Google, que permite ao usuário visualizar e ter acesso a informações geoespaciais. O sistema de coordenadas utilizado pelo *Google Earth* é o geodésico (latitude/longitude) no sistema de referência WGS84. Este aplicativo foi utilizado para auxiliar a localização dos hidrantes implantados na cidade de São Carlos-SP após o ano 2000.

2.6.3 Quantum GIS

O Quantum GIS (QGIS) é um Sistema de Informações Geográficas de código aberto. Suas principais características estão em oferecer varias opções de funcionalidades SIG comuns, atribuídas a feições nativas e complementos desenvolvidos por usuários, divididos basicamente em seis categorias:

- 1) Visualizar dados
- 2) Explorar dados e compor mapas
- 3) Criar, editar, gerenciar e exportar dados
 - Visualizar e editar dados OpenStreetMap
- 4) Analisar dados
- 5) Publicar mapas na internet

¹⁴ KML: Keyhole Markup Language - é um formato de arquivo para exibir dados geográficos em um navegador.

6) Complementos Python Externos (desenvolvidos por usuários)

Para as análises espaciais deste trabalho foram utilizadas essas funcionalidades oferecidas pelo QGIS 1.8 Lisboa.

2.7 Tecnologia embarcada

Para o teste de aplicabilidade da solução não estrutural proposta por este estudo, na tomada de decisão quanto a escolha do melhor hidrante para o abastecimento de uma viatura durante uma ocorrência, foi utilizado um *Tablet* Samsung Galaxy Tab-2 7.0 P3100, Android 4.0, 3G, com tela 7.0", com 16GB de memória, processador Dual Core 1.0 GHZ e GPS, adquirido Departamento de Engenharia de Transportes da Escola de Engenharia de São Carlos – EESC-USP. Este equipamento apresenta todas as características técnicas necessárias para a aplicação requerida neste trabalho. A Figura 13 apresenta uma ilustração fotográfica deste equipamento.

Figura 13 - Tablet Samsung Galaxy, Tab-2 7.0 P3100
Fonte: SAMSUNG (2014)

3- ESTUDO DE CASO, ANÁLISE DOS PONTOS DE INTERESSE E ÁREAS DE ALTA CARGA DE INCÊNDIO

Com o propósito de atingir os objetivos apresentados na introdução deste trabalho, levando em consideração os vários conceitos abordados no capítulo anterior e fazendo uso das aplicações do programa QG/S, foi proposta a elaboração de um estudo de caso, cujo desenvolvimento das etapas serão descritas a seguir.

3.1 Plano de trabalho

O desenvolvimento do trabalho proposto foi realizado segundo as seguintes etapas:

- Definição da área de estudo;
- Levantamento da quantidade de hidrantes urbanos instalados e a localização das centrais de atendimento do corpo de bombeiros;
- Obtenção da malha urbana da cidade de São Carlos-SP;
- Identificação dos pontos, na área urbana, considerados como de potencial risco de incêndios;
- Obtenção das coordenadas geodésicas com uso do sistema GPS e a tecnologias de geocodificação;
- Implementação das informações espaciais e de dados tabulares dos pontos obtidos no item anterior, na base digitalizada, utilizando para isso as funções do software QG/S, apresentando assim a compatibilidade do uso dos dados obtidos através da geocodificação e do GPS, em um SIG;
- Apresentação do espalhamento histórico da malha urbana, dos agentes e neutralizantes no período de 2000 a 2013.

- Utilização das ferramentas do software QGIS para a realização de análises espaciais, apresentando as facilidades implementadas através do SIG, com o intuito de sugerir melhores condições para os oficiais do corpo de bombeiros prestarem o serviço de atendimento a ocorrências de incêndio.

Para simplificar o entendimento do plano de trabalho realizado, apresenta-se a Figura 14 a seguir.

Figura 14 - Plano de trabalho realizado.

3.2 Definição da área de estudo

O município de São Carlos está localizado na região central do Estado de São Paulo (latitude -22,01° e longitude -47,89°), em uma área aproximada de 1.137 km², com uma população aproximada de 222.000 habitantes (IBGE, 2010a). Vide na Figura 15 a localização geográfica deste município.

Figura 15 - Localização do Município de São Carlos no Estado de São Paulo

A área de estudo abordada neste trabalho é limitada pela malha urbana do município de São Carlos-SP, não considerando os distritos de Água Vermelha e Santa Eudóxia, em virtude destas áreas serem pouco representativas em quantidade de agentes, população e ocorrências de incêndios. A Figura 16 apresenta a área urbana, onde existe maior incidência de incêndios nesta cidade e onde residem 95,99% dos habitantes do município (SEADE, 2012).

Figura 16 - Município de São Carlos-SP, considerando sua área urbana e área rural.

A área urbana municipal tem uma extensão aproximada de 81 km², representando 7% da área total do município. Os setores indicados na Figura

16 são os distritos de Água Vermelha e Santa Eudóxia pertencentes à área urbana, porém não consideradas no estudo.

A distribuição da população por setor censitário 2010, na área urbana é a apresentada na Figura 17.

Figura 17 - Cidade de São Carlos-SP com sua distribuição de população
Fonte: IBGE (2010a)

3.3 Malha urbana da cidade de São Carlos-SP e do banco de dados alfanuméricos para implantação no SIG

As informações relativas à base gráfica e alfanumérica da área urbana da cidade de São Carlos-SP utilizada neste trabalho foram obtidas na malha municipal do Censo Demográfico 2010, realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), tendo como sistema de referência o Sistema Geodésico Brasileiro – SIRGAS2000. Para todas as medições deste estudo, foi utilizado como padrão o Sistema de Referência de Coordenadas SIRGAS2000/UTM zona 23S.

A malha municipal foi obtida no formato *shapefile* a partir dos dados censitários 2010 (IBGE, 2010b) e implementada no QGIS. A tarefa seguinte foi inserir o sistema viário, e para isso habilitou-se o *plugin google streets layer*; este plugin tem por configuração padrão o Sistema Coordenadas Latitude/Longitude e o

Sistema Geodésico WGS84. O emprego direto de coordenadas do sistema WGS84 é compatível com o SIRGAS2000, conforme IBGE, (2006). “Não existem parâmetros de transformação entre SIRGAS2000 e WGS84 porque eles são praticamente iguais, ou seja, $DX = 0$, $DY = 0$ e $DZ = 0$ ”. A Figura 18 apresenta o sistema viário da cidade de São Carlos-SP.

Figura 18 - Sistema viário da cidade de São Carlos-SP

3.4 Hidrantes urbanos São Carlos-SP

O cenário atual da cidade de São Carlos-SP em relação aos hidrantes urbanos (dado obtido junto ao grupamento de bombeiros Municipal), na área de estudo é apresentado na Tabela 3.

Tabela 3 - População, território e quantidade de hidrantes da cidade de São Carlos-SP (valores aproximados)

Cidade	População Urbana	Área Urbana km ²	Quantidade de hidrantes	
			Instalados	por km ²
São Carlos-SP	213.000	81	128	1,6

Fonte: IBGE (2010a) e GB local (2013)

Tendo em vista as normas existentes no Brasil, a Figura 19 ilustra a relação entre as quantidades de hidrantes urbanos previstos para cidade de São Carlos-SP e os existentes.

Figura 19 - Quantidade de hidrantes urbanos previstos e os instalados
Fonte: GB Local (2013)

Os dados apresentados na Figura 19 indicam que a cidade de São Carlos-SP atende acima das exigências da NBR 12.218/1994, sendo que a norma prevê 72 hidrantes urbanos instalados na área urbana e a cidade conta com 128. Porém, esta quantidade não atende ao número previsto pela Lei Municipal 13.697/1995, a qual determina que o espaçamento entre os hidrantes siga as indicações da Instrução Técnica Nº 34/2011 do CBPMESP. Para tanto, constata-se que existe a necessidade de se instalar mais 159 hidrantes urbanos. Sendo assim a cidade de São Carlos-SP tem uma deficiência real da ordem de 56% em números de hidrantes instalados. Esta análise foi realizada considerando que toda a área urbana seja atendida pelos raios de atuação dos equipamentos, segundo as exigências desta instrução técnica. Outra análise realizada neste estudo foi desconsiderar os espaços vazios entre os raios de cobertura dos hidrantes, onde cada grupo de quatro hidrantes cobre uma área aproximada de 1,5 km², devendo ser instalados 88 equipamentos, ou seja, mesmo assim a deficiência ainda seria da ordem de 41%. Esta quantidade será discutida de forma mais aprofundada na seção 3.7.6.

Na análise do número de habitantes na área urbana para cada hidrante, São Carlos-SP tem um hidrante para um conjunto aproximado de 1.665 habitantes. Uma quantidade que certamente deve ser melhorada e a rede melhor distribuída espacialmente, pois a taxa é alta se comparada a cenários internacionais e média em relação as cidades levantadas no estado de São Paulo.

A indicação de 72 hidrantes urbanos instalados na área urbana para a cidade São Carlos-SP, conforme a NBR 12.218/1994, se aplicada o resultado obtido é da ordem de 2.960 habitantes para cada hidrante, o que expõe a cidade a uma situação de risco, uma vez que a população tem apresentado um crescente número populacional no espaço urbano. Este cenário certamente indica uma dificuldade de ação do corpo de bombeiros para a missão de salvaguardar vidas. Neste sentido, é de fundamental importância a revisão das normas brasileiras relativas aos critérios para implantação de rede de hidrantes, com a finalidade de melhorar o número equipamentos de proteção em todas as cidades do país.

Vale ressaltar ainda que na cidade de São Carlos-SP a identificação visual dos hidrantes não está de acordo com a IT Nº 34/2011. Os hidrantes existentes encontram-se todos na coloração vermelha, com detalhes nos tampões em vermelho, amarelo e verde, conforme a vazão disponibilizada. Os tampões de cor vermelha sinalizam uma vazão menor que 1.000 litros por minuto; os tampões amarelos sinalizam vazões entre 1.000 a 2.000 litros por minuto e os tampões na cor verde para vazões superiores a 2.000 litros por minuto.

3.5 Levantamento de dados

Antes de realizar o levantamento dos pontos de interesse (Revendas de GLP, postos de combustível, revendas de fogos de artifício, revendas de tintas, rede de gás encanado, hidrantes urbanos, centrais de atendimento do corpo de bombeiros e histórico de ocorrências de incêndios), foi necessário estabelecer alguns parâmetros de obtenção para estes dados, já que eles estão disponibilizados em instituições diferentes. O critério para a definição dos agentes de incêndio considerou que os estabelecimentos e ramos de

atividades classificados como especiais por conter alta carga de incêndio, levou em consideração o Decreto Estadual Nº 56.819. Para a definição dos neutralizantes foi levado em consideração itens oficiais (centrais de atendimento e hidrantes urbanos) destinados ao controle e combate a incêndios.

O processo de obtenção dos dados ficou dividido conforme apresentado no Quadro 6. Essa definição ocorreu a partir do direcionamento recebido após algumas visitas ao posto do grupamento de bombeiros municipal e a Secretaria de Habitação do município.

Ponto de Interesse	Departamento	Instituição
Revendas de GLP	Cadastro Mobiliário	Prefeitura Municipal
Postos de Combustível	Cadastro Mobiliário	Prefeitura Municipal
Revendas de Fogos de Artifício	Cadastro Mobiliário e campo	Prefeitura Municipal
Revendas de Tintas	Cadastro Mobiliário	Prefeitura Municipal
Rede de Gás Encanado	Projetos de Engenharia	Empresa Gás Brasileiro
Hidrantes Urbanos	Administração	Corpo de Bombeiros
Centrais de Atendimento a incêndios	Administração	Corpo de Bombeiros
Histórico de incêndios na área urbana	Administração	Corpo de Bombeiros

Quadro 6 - Obtenção do endereço dos pontos pertinentes

Conforme Souza (2000, p.94), em seu estudo foram localizados: 3 centrais de atendimento, 120 hidrantes urbanos instalados, 50 postos de combustíveis e 51 revendedores de GLP, perfazendo um total de 224 pontos levantados. Em 2013, em conformidade com os dados obtidos na Prefeitura Municipal de São Carlos-SP, na Empresa Gás Brasileiro e no corpo de bombeiros local, obteve-se a Tabela 4 que apresenta uma considerável diferença em relação ao estudo realizado pelo autor supracitado.

Tabela 4 - Quantidade de pontos de interesse no estudo e o seu histórico de crescimento

Ponto de Interesse	Quantidade de Pontos		Crescimento %
	2000	2012	
Revendas de GLP	51	114	124%
Postos de Combustível	50	64	28%
Revendas de Fogos de Artifício	não levantado	5	-
Revendas de Tintas	não levantado	26	-
Rede de Gás Encanado (km)	não levantado	62 km	-
Hidrantes Urbanos	120	128	7%
Centrais de Atendimento a incêndios	3	1	-67%
Incêndios na área urbana	não levantado	668 ¹⁵	-

Os dados apresentados na Tabela 4 demonstram um forte crescimento da quantidade de agentes, principalmente no número de revendas de GLP na cidade. Vale ressaltar que no ano 2000, quando Souza realizou o estudo, a malha urbana da cidade era da ordem de 68 km² (IBGE, 2003). Em um período de 10 anos a malha teve um acréscimo de aproximadamente 17%, passando a conter 81 km² (IBGE, 2010b). Este crescimento só não foi maior, devido a desconsideração de uma área aproximada de 6 km² da malha urbana destinada a Área de Proteção Ambiental (APA), vide Figura 20. A área urbana foi encontrada a partir da segregação de áreas urbanas dos anos de 2000 e 2010, realizadas pelo software QG/S, utilizando as malhas censitárias (IBGE, 2010b). O processo pode ser visualizado no apêndice C.

Para a verificação da expansão na malha urbana foi necessário transformar a malha censitária do ano de 2000, disponível no formato *shapefile* na projeção cartográfica UTM no elipsoide SAD69 (IBGE, 2003), para o Sistema de Referência SIRGAS2000/UTM zona 23S, utilizando o software QG/S. Esta expansão pode ser vista na Figura 20.

De posse destes dados verificou-se que o crescimento da quantidade de agentes aconteceu em conformidade com a expansão da área urbana e ao mesmo tempo com um tímido crescimento na quantidade dos neutralizantes (hidrantes), além da redução no número de centrais de atendimento do corpo de bombeiros. Esta redução ocorreu pelo fato do pedido da Prefeitura

¹⁵ Do total de 668 incêndios na área urbana, 474 ocorreram no ano de 2011 e 194 no ano de 2012.

Municipal de São Carlos na devolução dos prédios para o domínio do município.

Figura 20 - Expansão da malha urbana entre 2000 e 2010

3.5.1 Obtenção das coordenadas dos pontos

Com exceção da rede de gás encanado já referenciada pela Empresa Gás Brasileiro, a obtenção das coordenadas dos pontos dos neutralizantes, agentes e ocorrências de incêndios foram realizadas de duas maneiras, descritas a seguir.

3.5.1.1 Geocodificação

Esta técnica foi escolhida para a determinação das coordenadas dos pontos de revendas de GLP, de fogos de artifício, de tintas, de postos de combustível e ocorrências de incêndios na área urbana.

Nesta tarefa foi utilizado o aplicativo *Fusion Tables* que demonstrou eficiência para o mapeamento de áreas, através da transformação de endereços em posição espacial. O uso desta técnica foi considerado aplicável, decorrente julgar-se que os pontos de interesse podem ter uma precisão métrica, sendo que uma das finalidades deste estudo é apresentar quais são as áreas de risco e não os pontos específicos de risco. Ressalta-se que existe uma inter-relação

entre a ocorrência pontual de um caso de incêndio com a área de sua ocorrência, podendo um sinistro no perímetro atingir um ponto de alta carga de incêndio, bem como um sinistro no ponto de alta carga espalhar chamas por toda a área próxima.

3.5.1.2 Levantamento em campo com receptor GPS

Esta forma foi escolhida para a determinação das coordenadas dos pontos (hidrantes urbanos e centrais de atendimento a incêndios). Utilizando o levantamento com o método de posicionamento relativo estático obtendo-se uma precisão centimétrica; precisão esta considerada suficiente para os propósitos deste trabalho.

O uso deste método é considerado aplicável, decorrente julgar-se que esses pontos precisam ser georreferenciados com melhor precisão frente aos agentes, pois esses pontos possuem pequenas dimensões. A importância da busca dessa precisão ainda será fundamental para o desenvolvimento de um aplicativo de apoio ao atendimento de emergências pelo corpo de bombeiros, aplicação que será abordada na seção 3.7.8 referente ao desenvolvimento de um aplicativo.

3.6 Implementação das informações dos pontos levantados na plataforma de SIG

3.6.1 Geocodificação

Os endereços obtidos nas instituições, conforme apresentado no Quadro 6 e na Tabela 4, foram padronizados quanto a nomenclaturas das vias, numeração nos logradouros e os códigos de endereçamento postais (CEP), com a finalidade de evitar erros de processamento. Após a padronização dos dados estes foram agregados e enviados para a transformação de endereços em posições geográficas pelo *Fusion Tables*.

As Figuras 21, 22, 23, 24 e 25 apresentam a distribuição espacial dos agentes de incêndios na área urbana da cidade de São Carlos-SP, geocodificados a partir do eixo dos logradouros.

Figura 21 - Distribuição de revendas de GLP na cidade de São Carlos-SP

Figura 22 - Distribuição de postos de combustíveis na cidade de São Carlos-SP

A obtenção dos endereços dos pontos de revendas de fogos de artifício fugiu ao padrão deste trabalho de apenas utilizar dados oficiais, uma vez que foi detectada a existência de locais que vendem este tipo de produto e que não tem o seu devido registro junto aos órgãos oficiais. Este caso foi detectado em virtude de haver apenas uma revenda inserida no cadastro municipal, sendo assim o estudo considerou importante fazer coletas em campo para melhorar a

qualidade da informação. Lemes (2013) afirmou: “Em São Carlos-SP, só há uma loja habilitada a vender esse tipo de material”. Com os dados levantados em campo junto ao oficial, a Figura 23 apresenta a distribuição das revendas de fogos na área urbana.

Figura 23 - Distribuição de revendas de fogos de artifício na cidade de São Carlos-SP

Figura 24 - Distribuição de revendas de tintas na cidade de São Carlos-SP

Figura 25 - Rede de gás encanado na cidade de São Carlos-SP

Na Figura 26, é apresentada a soma dos agentes, mostrando como eles se distribuem na malha urbana da cidade de São Carlos-SP.

Figura 26 - Distribuição dos agentes na cidade de São Carlos-SP

A Figura 27 apresenta a distribuição de ocorrências de incêndios na cidade de São Carlos-SP nos anos de 2011 e 2012, obtidos a partir de geocodificação dos endereços fornecidos pelo grupamento do corpo de bombeiros municipal.

Figura 27 - Distribuição dos incêndios ocorridos em 2011 e 2012, na cidade de São Carlos-SP

Após o emprego da técnica de geocodificação verificou-se a existência de alguns problemas: a numeração invertida e a direção de alguns logradouros quando comparados com as informações da prefeitura e do aplicativo *Fusion Tables*; a não identificação de alguns logradouros por problemas relacionados com diferentes formas de escrita (por exemplo: Av Trabalhador São Carlense e Avenida Trabalhado Sãoocarlense) e por existências de ruas e avenidas denominadas por números estando no banco de dados do *Fusion Tables* por nomes ou a ocorrência do caso contrário.

3.6.2 Levantamento em campo com receptor GPS

Na Figura 28, os hidrantes estão classificados em conformidade com a situação estudada por Souza (2000), os inseridos no sistema até o ano de 2013 e os desativados da rede neste mesmo período.

Para os hidrantes que permaneceram na rede, o trabalho utilizou as localizações levantadas por Souza (2000). Para aquele levantamento o autor utilizou dois receptores GPS da marca LEICA modelo System 300. Realizou o levantamento com a aplicação do método de posicionamento relativo estático rápido que atendeu as exigências de precisão do trabalho.

Os novos hidrantes instalados foram levantados utilizando o aplicativo *Google*

Earth. A decisão em usar este aplicativo foi tomada de forma consciente de seus limites de precisão, porém alguns testes realizados verificou-se que os ajustamentos permitiram boa acuidade visual em campo, atendendo as exigências deste trabalho. Silva e Nazareno (2009), trabalharam com o *Google Earth* para a cidade de Goiânia-GO e avaliando-o com 90% de nível de confiança.

Figura 28 - Distribuição de hidrantes urbanos, na da cidade de São Carlos-SP

Figura 29 - Distribuição das centrais de atendimento, na cidade de São Carlos-SP

Na Figura 29 apresentou-se a distribuição das centrais de atendimento, em conformidade com a situação estudada por Souza (2000 p.112) e a situação atual, ou seja, a atual central de atendimento ativa e as centrais de atendimentos desativadas, após aquele estudo.

3.7 Análises desenvolvidas

3.7.1 Situação atual do objeto de estudo

Nesta seção descreve-se o quadro atual dos procedimentos operacionais, situação física, os equipamentos e os veículos em uso pelo grupamento de bombeiros do município de São Carlos-SP, no que corresponde ao atendimento a ocorrências e monitoramento dos pontos de riscos de incêndio na malha urbana da cidade. A partir destas informações e de análises desenvolvidas no QG/S, o estudo visa sugerir melhorias e embasamento para tornar ágil a tomada de decisões deste grupamento, no atendimento à população.

A corporação do corpo de bombeiros da cidade de São Carlos-SP possui a seguinte estrutura (considerando dados de Janeiro, 2014):

1) 1 Posto de bombeiros localizado no Bairro Jardim São Gabriel

Localização:

Endereço: Rua Equador, s/nº, esquina com a Rua Argentina - Vila São José - São Carlos-SP.

Tipo de operação:

Atendimento a ocorrências de combate a incêndio, serviços de resgates e salvamentos.

Área construída:

Aproximadamente 3.500 metros quadrados.

Viaturas para atendimentos às ocorrências:

1 veículo Auto Bomba marca Pierce (USA) com capacidade para 5.000 litros de água;

1 veículo Auto Bomba plataforma marca Simon Duplex (USA) com capacidade para 1.800 litros de água;

1 veículo Auto Bomba marca Ford modelo Cargo 1722 (BRA) com capacidade para 5.000 litros de água; e

1 veículo Auto Bomba Marca Volkswagen modelo Constellation 17-250 (BRA) com capacidade para 5.000 litros de água.

Efetivo e funcionamento:

Conta com um contingente total de 60 oficiais, sendo 48 no serviço operacional emergencial e os demais distribuídos nas tarefas administrativas e técnicas (vistoria de projetos) apoiando também, quando necessário, o atendimento as ocorrências. Os 48 oficiais do serviço operacional são divididos em três equipes em turnos de 24 hs de trabalho por 48 hs de descanso

2) 1 Posto de bombeiros localizado na região central da cidade

Localização:

Endereço: Rua Riachuelo nº 546 - Centro - São Carlos-SP.

Tipo de operação:

Núcleo de Atividades de técnicas (Projetos técnicos).

Área construída:

Aproximadamente 176 metros quadrados.

Viaturas para atendimentos às ocorrências:

Não possui.

Efetivo e funcionamento:

Total de 5 oficiais, sendo que este efetivo está alocado nas funções administrativas e técnicas. O funcionamento do posto é de segunda a sexta-feira das 9:00 às 18:00 hs (sendo que o atendimento ao publico é das 9:00 às 12:00 e 13:00 às 16:00).

No primeiro posto (São Gabriel) realizam-se os procedimentos do serviço de atendimento telefônico, localização de origem das chamadas e despacho das viaturas para os locais de acidentes. Sendo assim todo o desfecho do atendimento às ocorrências para a cidade de São Carlos-SP, é operada por aquele posto. A Figura 30 apresenta a área de ação do atendimento desta unidade local.

Figura 30 - Área de cobertura da central de atendimento, na cidade de São Carlos-SP
Fonte: Google (2014)

Na Figura 30 é possível verificar que a central de atendimento, sob o ponto de vista logístico, ela pode ser considerada como bem localizada uma vez que a sua proximidade com a Rodovia Washington Luís (SP-310), permite atender rapidamente as regiões limites da cidade, tanto diretamente a região do Jardim Embaré - Santa Felícia, quanto a região da Cidade Aracy por meio da sua ligação com a Rodovia Luís Augusto de Oliveira (SP-215). A região central da cidade pode ser acessada por vias paralelas à Avenida São Carlos. Por estes motivos a central de atendimento não será utilizada nas futuras análises. Considerando que as viaturas desempenhe uma velocidade de 70 km/h nos trechos de rodovia com e 40 km/h nos trechos urbanos, os tempos médios de deslocamento seriam de: 11 min para alcançar a Cidade Aracy, 7 min para alcançar o Jardim Embaré e de 6 a 7 min para alcançar a região central da cidade. Estes tempos são considerados bom para o atendimento, já que a

média de tempo para atendimento é de 10 min, segundo o CBPMESP([2012?]).

3.7.2 Tipos de ocorrências de incêndios na cidade de São Carlos-SP

O perfil dos incêndios ocorridos na cidade de São Carlos-SP, nos anos de 2011 e 2012, é apresentado no Quadro 7, a seguir.

Tipos de incêndios	histórico	
	2011	2012
Em edificações	86	72
Em fiação de poste	-	2
Em gás liquefeito de petróleo (GLP)	-	3
Em lixo	29	18
Em mato	328	64
Em veículo	31	35

Quadro 7 - Perfil dos incêndios na cidade de São Carlos-SP nos anos de 2011 e 2012
Fonte: GB Local (2013)

Nos incêndios em edificações estão consideradas as ocorrências em residências, apartamentos, depósitos diversos, escritórios, objetos fora da edificação, máquinas e equipamentos industriais. Em lixo, estão consideradas ocorrências em caçambas, entulhos, locais desabitados e terrenos baldios. A Figura 31 apresenta a distribuição entre os diversos tipos de incêndios ocorridos no período levantado.

Figura 31 - Tipos de incêndios ocorridos em 2011 e 2012
Fonte: GB Local (2013)

3.7.3 Análise de um incêndio

Conforme dados levantados no grupamento de bombeiros local (GB local):

Ocorrência: na data 20 de Maio de 2013

Endereço da Ocorrência: Rua João Bregagnolo, nº 97, Bairro: Parque Delta.

Horário Inicial: 8:31 hs Horário Final: 19:34 hs.

Material: Pneus.

Compareceram no local: 2 Viaturas de Incêndio com 7 oficiais da corporação, um caminhão pipa da prefeitura e uma máquina tipo retroescavadeira, alguns brigadistas da empresa Tapete São Carlos, uma viatura com 2 oficiais da Polícia Militar, uma viatura com um perito da Polícia Civil. Foram consumidos aproximadamente 130 metros cúbicos de água para o combate total ao incêndio.

A partir dos dados fornecidos pelo GB local, após a ocorrência do incêndio, este trabalho analisou o abastecimento para o combate daquele incêndio. Tomando-se por base, que na ocorrência foram utilizadas as viaturas com maior capacidade de armazenamento de água disponíveis (vide Quadro 8) e descartando o caminhão pipa cedido pela prefeitura. Obteve-se o seguinte cenário:

Viatura	Capacidade de armazenamento de água litros
Auto Bomba Marca Pierce (USA)	5.000
Auto Bomba Marca Ford (BRA)	5.000

Quadro 8 - Capacidade de armazenamento das viaturas
Fonte: GB Local (2013)

Para estas viaturas atenderem aos 130 metros cúbicos de água utilizados no combate ao incêndio, foram necessárias 12 viagens¹⁶ para cada um dos veículos apresentados no Quadro 8. É importante destacar que se utilizada uma linha de 63 mm, descarregando 940 litros por minuto cada veículo auto bomba esgota a sua carga de água em pouco mais de 5 minutos.

¹⁶ Notar que o veículo chega ao local da ocorrência já abastecido.

O hidrante mais próximo daquela ocorrência estava a uma distância aproximada de 650 metros. Esta distância é mais que dobro da distância indicada pela IT N° 34/2011 do CBPMESP, vide Figura 32.

Figura 32 - Distância da ocorrência para o hidrante mais próximo
Fonte: Adaptada de Google Maps (2014)

Certamente as viaturas foram intercalando as viagens para o abastecimento permanecendo uma no combate as chamas, tendo esta de descarregar uma vazão inferior aos 940 [l/m], pois 5 minutos neste volume, não seriam suficientes para o tempo de deslocamento de ida, localização do hidrante (na primeira viagem), acoplagem, abastecimento, desacoplamento e deslocamento de retorno da outra viatura. A dimensão do incêndio e a fumaça que cobriu a região assustaram a população local. Camargo (2013) descreve a ação do prefeito municipal ao chegar naquele local de incêndio: “O prefeito Paulo Altomani acabou de chegar ao local e pede aos munícipes donos de caminhões nos quais seja possível instalar bombas de água para que compareçam ao local para ajudar”.

Esta ocorrência foi muito ilustrativa para apresentar a importância dos hidrantes estarem bem alocados no espaço urbano, auxiliando a operação de abastecimento das viaturas. No caso em questão, se a localização do hidrante atendesse às exigências da IT N° 34/2011, certamente as viaturas poderiam

trabalhar com sua descarga máxima e assim controlar de maneira mais efetiva a ocorrência do incêndio.

3.7.4 Área coberta por hidrantes urbanos utilizando a técnica de *buffers*

Para verificar as áreas de coberturas dos hidrantes urbanos na cidade de São Carlos-SP, foi utilizada a técnica de *Buffers*¹⁷ (anéis desenhados em volta de feições com distâncias especificadas destas próprias feições), com 300 m de raio (uma área de aproximadamente 0,283 km²) seguindo as orientações da IT Nº 34/2011. A Figura 33 apresenta a área de cobertura dos hidrantes instalados.

Figura 33 - Área de cobertura dos hidrantes urbanos na cidade de São Carlos-SP

A partir da análise do raio de ação dos hidrantes urbanos na cidade é possível verificar que há uma má distribuição espacial dos equipamentos, apresentando uma maior concentração em algumas regiões da cidade. Este fato leva a ocorrência de muitos raios de ação sobrepostos enquanto que em outras regiões existe uma grave falta de cobertura. Estes casos são mais evidentes na região central da cidade e na periferia.

¹⁷ Ferramenta de trabalho para análise espacial disponível no QGIS.

3.7.5 Análises da distribuição de agentes, neutralizantes e ocorrências de incêndios

As análises elaboradas têm o intuito de direcionar o estudo, analisando dados obtidos de forma tabular para a verificação de como os pontos de interesse se inter-relacionam no espaço. Sendo assim a Figura 34 foi obtida a partir da consideração da quantidade dos setores censitários em 7 classes, de acordo com a quantidade de agentes. Conforme Câmara, Almeida e Monteiro (2007, p. 163), um setor censitário é uma unidade de controle cadastral formada por áreas contínuas, situada em um único quadro urbano ou rural, com dimensão e número de domicílios que permitam o levantamento das informações por um único recenseador. No caso de áreas urbanas, os condicionantes resultam em setores com aproximadamente 250 domicílios. Para o desenvolvimento desta análise, foi atribuído um agente de incêndio para os setores com a presença da rede de gás encanado.

Figura 34 - Classificação da cidade pela quantidade de agentes por setor censitário

Considerando que as análises por setores censitários são representativas e permitem a tomada de diversas decisões, outra análise pode ser feita considerando a estimativa de intensidade de cada conjunto de pontos dentro de um círculo, para isto pode-se utilizar a técnica do Mapa de Kernel. Esta

técnica permite uma melhor visualização das áreas de maior fator de risco de incêndios destrutivos.

Na Figura 35 é apresentado um Mapa de Kernel com um raio de 300 m na distribuição uniforme, onde o peso de todos os pontos dentro do círculo é igualmente distribuído, permitindo a visualização das áreas com maior intensidade em número de agentes na malha urbana do município. Para o desenvolvimento desta análise, foi considerado cada nó na rede de gás encanado como um agente de incêndio.

Figura 35 - Aplicação da técnica do Mapa de Kernel na classificação da cidade de São Carlos-SP, conforme o adensamento de agentes

Na Figura 36 são verificadas as localizações dos hidrantes urbanos e os seus raios de cobertura com o intuito de apresentar a sua distribuição com seus raios de ação em atendimento as áreas classificadas de acordo com a quantidade de agentes.

Figura 36 - Raio de ação dos hidrantes em setores com agentes, na cidade de São Carlos-SP

A representação da Figura 36, também pode ser realizada considerando a técnica do Mapa de Kernel, conforme a Figura 37 a seguir.

Figura 37 - Raio de ação dos hidrantes em áreas com agentes, na cidade de São Carlos-SP, a partir da visualização pela técnica de Mapa de Kernel

A representação dos dados apresentados nas Figuras 33 e 36 permitem afirmar que os hidrantes estão mal distribuídos, e também que eles não estão distribuídos por áreas de risco com maior quantidade de agentes. A Figura 37

utilizando a técnica do Mapa de Kernel para apresentar as áreas com maior intensidade de agentes confirma que existem áreas de potencial risco de incêndios que não são atendidas pela presença de hidrantes.

Apresenta-se na Figura 38 o histórico de incêndios ocorridos nos anos de 2011 e 2012, sobre os setores censitários e de cobertura dos neutralizantes. Observa-se a existência de incêndios em áreas que não contam com a presença de hidrantes.

Figura 38 - Distribuição de incêndios e raio de ação dos hidrantes em setores com agentes

Essa informação de distribuição de incêndios merece uma atenção especial, pois mesmo que os incêndios não sejam fixos, e todos os anos não ocorram no mesmo setor censitário, é importante observar que muitas ocorrências acontecem em setores com alta concentração de agentes. Podendo estes incêndios atingir pontos de potencial risco destrutivo e causar sérios riscos a vida humana, ao patrimônio e ao meio ambiente.

A Figura 39 apresenta uma análise gráfica mostrando apenas doze setores censitários da cidade os quais apresentam a maior quantidade de agentes de incêndio. Esta figura apresenta também os hidrantes urbanos instalados e as ocorrências de incêndios nestes setores.

Figura 39 - Os doze setores censitários com a maior quantidade de agentes

Da Figura 39 observa-se uma situação preocupante. Tomando-se a média dos dados tem-se que no período analisado (os anos de 2011 e 2012) ocorreram 5 incêndios nos setores de maior carga de incêndio onde se concentram 4 agentes e possui apenas um hidrante para atender cada setor. Outra análise, por exemplo, pode-se tomar o setor “354890605000077” onde existe uma concentração de 4 agentes e teve no período a ocorrência de 10 incêndios e este setor não conta com a presença de nenhum hidrante instalado. O que preocupa nestes dados é o fato é uma alta incidência de incêndios em setores com concentração de agentes e tímida presença de neutralizantes, apresentando um cenário arriscado a sociedade, pois sinistros nestes setores provavelmente terão o controle dificultado.

Outra análise foi realizada considerando as doze áreas que apresentam maior intensidade de agentes, onde nestas áreas existe uma quantidade superior a 7 agentes, conforme apresentado no Mapa de Kernel da Figura 35. Tomando-se a média dos dados, nestas áreas ocorreram 3 incêndios e elas contam com 1 hidrante urbano instalado.

3.7.6 Análise de custo para adequação a IT Nº 34/2011

Para obter informações relativas ao custo de implantação da quantidade de hidrantes urbanos indicada pela IT Nº 34/2011, foi consultada uma empresa privada nacional, sediada em Campinas-SP, especializada na instalação de equipamentos de proteção a incêndio. Esta empresa presta atendimentos para alguns serviços de água e esgoto, públicos e privados, que operam em cidades do estado de São Paulo.

Para a obtenção dos dados, foi informada para a empresa, a seguinte situação hipotética: implantação de um hidrante (urbano de coluna), com uma distância de 10 metros da rede e com uma tubulação de 150 mm ou que "produza" uma vazão da ordem de 2.000 l/min. Para esta situação a empresa, simulou um orçamento para a instalação com custo de R\$ 9.898,00, sendo R\$ 3.598,00 relacionados ao material (tubo, conexão, tintas e outros) e R\$ 6.300,00 relacionados a mão de obra e ferramental.

No cálculo direto dividindo a malha urbana pelo raio de ação dos hidrantes urbanos (não considerando espaços vazios entre os raios de atuação dos equipamentos) a cidade de São Carlos-SP precisa ter a instalação de um total de 287 hidrantes. Porém considerando os espaços vazios, onde cada grupo de quatro hidrantes cobre uma área aproximada de 1,5 km², são necessários um total de 216 hidrantes, ou seja, é necessário instalar 88 equipamentos além dos 128 já disponibilizados na malha. Estes cálculos são realizados a partir de uma aproximação decorrente da cidade de São Carlos-SP não possuir uma forma geométrica regular. Sendo assim, o estudo projetou uma grelha sobre a malha urbana do município, deixando espaços vazios entre os raios. Ressalta-se que nesta análise foram considerados apenas os hidrantes que caíssem dentro da malha e com isso, as regiões limítrofes ficaram sem cobertura de raios de ação de equipamentos conforme apresenta a Figura 40. Esta decisão foi tomada após a avaliação de que as regiões limítrofes apresentam baixa densidade populacional e baixa presença de agentes com potencial risco de incêndios.

Figura 40 - Distribuição de hidrantes urbanos para cidade de São Carlos-SP, seguindo a IT

A Tabela 5 apresenta o investimento necessário a ser realizado para a cidade de São Carlos-SP se adequar à instrução técnica do CBPMESP, mostrando as situações de atendimento, com e sem espaços de vazios, entre os raios de cobertura dos hidrantes.

Tabela 5 - Investimento necessário para adequação a IT Nº 34/11

Situação	Hidrantes necessários	Investimento
Sem Vazios	159	R\$ 1.573.782,00
Com Vazios	88	R\$ 871.024,00

Fonte: Empresa (2013)

3.8 Soluções

As análises realizadas neste trabalho conduzem a indicação que o ideal seja que a cidade de São Carlos-SP venha a atender a Instrução Técnica do CBPMESP. Porém o atendimento a esta IT demanda recursos financeiros o que aparentemente têm sido um obstáculo para esta cidade e em muitas outras. A título de exemplo, sejam consideradas as 20 cidades levantadas na seção 2.4.3 para demonstrar esta dificuldade. Dentre estas cidades apenas uma delas atende as recomendações da IT em quantidade.

Neste sentido, este estudo apresenta soluções estruturais de realocação de equipamentos e não estruturais utilizando a tecnologia embarcada para ampliar

a acessibilidade ao equipamento já instalado. A partir das análises produzidas no capítulo 3 foi possível entender as características desta cidade em relação a agentes e neutralizantes de incêndios.

3.8.1 Modelo estrutural para distribuição do equipamento

A proposição para uma melhor distribuição dos equipamentos na cidade de São Carlos-SP, levou em consideração:

Regiões com alta carga de incêndio (área de concentração de agentes):

Nessas regiões o atendimento a uma ocorrência de incêndio exige a aplicação de grandes volumes de água para controlar um sinistro, necessitando que as viaturas façam diversas viagens para atender a ocorrência e assim poder salvaguardar vidas, patrimônios e o meio ambiente. Esse tipo de ocorrência geralmente acontece em pontos de alto potencial destrutivo, tais como: revendas de combustíveis, tintas, fogos de artifício ou depósitos de reciclagem.

Regiões com baixa carga de incêndio (área de concentração de agentes):

Em regiões com baixa carga de incêndio, geralmente a quantidade de água da própria viatura já é o suficiente para o combate ao sinistro. Tipicamente esse tipo de sinistro ocorre em pontos de baixo potencial destrutivo e fácil controle do incêndio, tais como: edificação, residência ou fogo em mato.

Alta concentração populacional:

Em regiões com adensamentos populacionais elevados, onde itens com pouco ou com muito potencial destrutivo, podem causar danos a muitas vidas.

Desse modo propõe-se um modelo espacial como solução estrutural para a alocação de hidrantes urbanos para a cidade de São Carlos-SP baseando-se

em uma análise multivariável, onde se atribui diferentes pesos para os setores censitários conforme apresentado na Tabela 6, levando-se sempre em consideração o fator de maior segurança (maior quantidade de hidrantes por área).

Tabela 6 - Modelo espacial para a alocação de hidrantes urbanos na cidade de São Carlos-SP

Item	Setores Censitários	Percentual de atendimento IT N° 34/11	Raio de ação
A)	Se população maior ou igual a 1500	100%	300
B)	Se população de 1000 a 1500	95%	315
C)	Se população de 500 a 1000	85%	345
D)	Se população de 5 a 500	80%	390
E)	Se quant. de agentes maior ou igual a 5	100%	300
F)	Se quant. de agentes de 3 a 5	90%	330
G)	Se quant. de agentes de 0 a 3	80%	360
H)	se A e E	-	240

A título de exemplo a partir da Tabela 6, tem-se: seja o caso em que o setor censitário tenha uma população segundo o Item D, e que neste setor tenham uma quantidade de agentes segundo o item F. Levando-se em conta o conceito do fator de maior segurança, os hidrantes deverão ser instalados atendendo a exigência de 90% do atendimento proposto pela IT N° 34/11.

O estudo considera a aglomeração de pessoas um fator de grande importância para a alocação do equipamento de segurança. Para aplicar o modelo proposto a população residente da região central da cidade foi duplicada com a finalidade de simular a população flutuante nesta área de comércio. Esta simulação foi necessária por não haver nenhum parâmetro municipal quanto a população flutuante na região. Os setores censitários que tiveram suas populações duplicadas podem ser visualizados na Figura 41.

Figura 41 - Região central da cidade, população residente e flutuante simulada

Com a duplicação da população na área central da cidade o modelo espacial para a alocação de hidrantes urbanos, exposto na Tabela 6, foi aplicado sobre os setores censitários. Projetando-se as áreas prioritárias para a implantação de neutralizantes, estas áreas podem ser visualizadas na Figura 42.

Figura 42 - Setores classificados conforme o modelo proposto para alocação de hidrantes

Pode-se verificar nesta figura a existência de alguns setores com baixa população e baixa quantidade de agentes e, portanto essas regiões são menos

prioritárias para se aplicar atentamente a IT N° 34/11 do CBPMESP. Nessas regiões a probabilidade de um incêndio causar danos a vidas, patrimônios e o meio ambiente são menores. Em virtude da população apresentar uma boa distribuição espacial e não haver locais com alta carga de incêndios, uma ocorrência em um lugar como este, certamente é controlada pela quantidade de água de uma viatura.

A partir das áreas classificadas, segundo a Figura 42, houve a segregação dos setores censitários por seu proposto percentual de atendimento a quantidade indicada pela IT N° 34/11 do CBPMESP. Essa segregação foi realizada para que fosse possível estabelecer espaçamentos especiais para cada faixa percentual (segundo a Tabela 6), projetando a rede de neutralizantes de forma diferente para cada conjunto segregado. Após a distribuição dos hidrantes utilizou-se a técnica de *Buffers* para projetar as diferentes áreas de cobertura dos hidrantes urbanos, conforme a proposta do modelo sugerido. O resultado dessa distribuição pode ser visto na Figura 43.

Figura 43 - Distribuição dos hidrantes para São Carlos-SP, conforme o modelo proposto.

O total de hidrantes a serem utilizados na nova distribuição em conformidade com o modelo proposto é de 148. Considerando que a cidade já possui instalados 128 equipamentos, portanto, com apenas o acréscimo de 20 novos equipamentos e uma redistribuição dos já instalados, isto garantirá a cobertura

de toda a malha urbana da cidade. Esta nova formação da rede de hidrantes não considera os espaços vazios entre os raios de atuação dos equipamentos (vide Figura 7). Esta solução não apenas minimiza o investimento para melhorar o equipamento de controle de incêndios na cidade de São Carlos-SP, como também permite alocar neutralizantes em locais de real necessidade (tal como: rede de água com maior vazão). Neste sentido cada cidade deve seguir a IT Nº 34/2011 dentro de suas necessidades e da forma que melhor proteja a sua população, pois neste sentido não adianta alocar recursos a esmo, uma vez que os equipamentos precisam estar onde eles vão ser utilizados e em determinados lugares o equipamento deve até prover melhores níveis de segurança que os indicados pela IT.

O estudo considera que a solução estrutural apresentada com uma distribuição multivariável dos hidrantes pode ainda ser mais eficiente, utilizando a solução não estrutural, conforme aplicação desenvolvida na seção 3.8.2.

3.8.2 Solução não estrutural

A revisão bibliográfica demonstrou o quanto a presença do desenvolvimento tecnológico foi importante nas operações do corpo de bombeiros, tornando as atividades mais efetivas e eficientes, tais como: em 1891 a implementação dos aparelhos de telefones para agilizar e facilitar o aviso da ocorrência de incêndio; em 1896 quando foram inauguradas as 50 caixas de aviso e incêndio chamadas (Linhas Telegráficas de Sinais de Incêndio); em 1955 quando foi inaugurada a rede de rádio que facilitou a comunicação entre viaturas e quartéis permitindo informações sobre o melhor caminho para o abastecimento em meio a uma ocorrência de incêndio e sobre a evolução da mesma para o caso de solicitação de equipes para apoiar o atendimento, sistema substituído em 1996 com a implantação do sistema de liberação assistido por computador no COBOM.

A decisão sobre a adição do sistema embarcado por meio da utilização de um *Tablet* nas viaturas serve para demonstrar o quanto a tecnologia da informação é importante para um atendimento mais ágil e eficiente. Neste sentido o estudo pretende ampliar as aplicações do uso da tecnologia embarcada expandindo o

leque de serviços utilizados pelo GB sem a necessidade de acionamento do rádio, tais como: verificação das placas de identificação de veículos, navegação automotiva e antecedentes criminais. Para também apoiar a corporação do corpo de bombeiros da cidade de São Carlos-SP na localização e decisão quando ao uso de neutralizantes de incêndios, reduzindo o tempo empenhado nas ocorrências e auxiliando os oficiais do corpo de bombeiros local em suas atividades.

3.8.2.1 Desenvolvimento de um aplicativo

A ideia para o desenvolvimento de um aplicativo a ser utilizado para facilitar o atendimento a ocorrências de incêndios, nasceu perante a algumas visitas à corporação do corpo de bombeiros da cidade de São Carlos-SP. Em virtude das dificuldades que os oficiais da corporação enfrentam para encontrar um hidrante para abastecer as viaturas durante um sinistro.

Nas tarefas do dia a dia os oficiais da corporação normalmente seguem as seguintes etapas de procedimentos para localizar um hidrante em meio a uma ocorrência de incêndio.

- a. O motorista da viatura contata a central de atendimento via rádio, informando a sua localidade e perguntando qual o hidrante mais próximo daquele local.
- b. O atendente vai até o quadro de hidrantes fixado em uma parede, localiza o ponto da ocorrência do sinistro e o hidrante mais próximo, como pode ser visto na Figura 44 (44.a – quadro, 44.b – localização dos hidrantes).
- c. O atendente chama a viatura via rádio, informando ao motorista como proceder para encontrar o hidrante mais próximo.

Conforme os procedimentos apresentados e as ilustrações da Figura 44, nota-se que a localização do hidrante mais próximo demanda de um tempo precioso e imprescindível para salvaguardar vidas. Além disso, a localização informada pela central não é precisa decorrente da marcação do hidrante ocupar uma quadra inteira do mapa comercial utilizado pela corporação. O tempo de resposta de todo o procedimento certamente é prejudicial ao atendimento e

consequentemente reduz a eficiência dos serviços prestados ao combate aos incêndios na cidade.

a) quadro de hidrantes

b) localização dos hidrantes

Figura 44 - Hidrantes urbanos no corpo de bombeiros da cidade de São Carlos-SP

Com a finalidade de melhorar a localização e dar maior agilidade aos procedimentos ora apresentados, o estudo desenvolveu um aplicativo para mapear os hidrantes urbanos geolocalizados na seção 3.6.2, para com isso apontar a partir do local da ocorrência (obtido em tempo real pelo receptor de GPS do *Tablet*), o hidrante que poderá abastecer a viatura, analisando a distância e a vazão disponível, conforme ilustração da Figura 45.

O aplicativo foi projetado a partir das posições dos hidrantes (vide seção 3.6.2) utilizando API¹⁸ da empresa Google. “O *Google Maps* tem uma ampla gama de APIs que permitem incorporar a robusta funcionalidade e a utilidade diária do *Google Maps* em seus aplicativos e websites e ainda adicionar seus dados sobre os mapas” (GOOGLE, 2014c).

No exemplo que a Figura 45 apresenta, o aplicativo indica o hidrante verde como opção ótima, mesmo ele estando 350 metros mais distante da ocorrência que o hidrante vermelho. Porém em virtude de sua vazão ser maior, o abastecimento ocorrerá mais rápido. O manual explicativo de como utilizar o aplicativo de localização de hidrantes encontra-se no Apêndice A. O manual

¹⁸ API = Application Program Interface

explicativo de como realizar a manutenção, ampliação, redução ou distribuição espacial na rede virtual de hidrantes, encontram-se no Apêndice B, deste trabalho.

Figura 45 - Aplicativo para uso do GB da cidade de São Carlos-SP

3.8.2.2 Implantação do aplicativo

Após o aplicativo ser desenvolvido, ele foi encaminhado ao grupamento de bombeiros de São Carlos-SP juntamente com o equipamento *Tablet* Samsung Galaxy Tab-2. Após o treinamento aos oficiais da corporação que operam as viaturas de atendimento ao combate de incêndios, o dispositivo foi emprestado para o GB, permanecendo por um período de três meses (de agosto a novembro de 2013), para efetuar testes vislumbrando o aperfeiçoamento e demonstração da aplicabilidade deste aplicativo ao trabalho dos oficiais do GB.

Finalizado este período o *Tablet* foi devolvido para EESC-USP e o aplicativo continuou na corporação sendo utilizado nos computadores e celulares dos oficiais do GB. A corporação tem a intenção do uso deste aplicativo em todos os *Tablet's* das viaturas após a defesa deste trabalho.

Sendo assim o aplicativo já está sendo utilizado e o mesmo motivou o GB a fazer um levantamento da situação atual de todos os hidrantes da cidade. Isto certamente conduzirá a uma atualização dos dados e levará a uma nova classificação dos hidrantes com suas vazões. A partir daí o aplicativo estará atualizado e, recomenda-se que periodicamente sejam realizados levantamentos de campo para atualização dos dados.

3.8.3 Resultado das soluções

A utilização do aplicativo proposto neste trabalho em conjunto com a tecnologia embarcada nas viaturas é muito importante para otimizar o tempo gasto com a definição do melhor hidrante sob o ponto de vista de melhor vazão e proximidade.

O Quadro 9 simula um cenário demonstrando o quanto o uso do aplicativo proposto pode tornar as operações mais eficientes, independentemente do raio de ação dos hidrantes. Com dados baseados em ocorrências reais, definiu-se um hidrante localizado a 700 metros de um sinistro, uma viatura com uma velocidade média de 42 km/h e com capacidade de 5.000 l.

Atividades	Tempo de Abastecimento (min)	
	Sem aplicativo	Com aplicativo
Definição do hidrante a ser utilizado	3,5	0,5
Tempo de deslocamento de ida	1	1
Localização do hidrante na quadra	0,5	0
Acoplagem	1	1
Abastecimento (vazão 2.000 litros por minuto)	2,5	2,5
Desacoplamento	1	1
Deslocamento de retorno	1	1
Total de tempo utilizado para o abastecimento	10,5	7

Quadro 9 - Tempo de abastecimento com e sem a utilização da aplicação desenvolvida

A partir do cenário simulado é possível afirmar que a otimização para a definição do hidrante com o uso do aplicativo gera uma solução mais eficiente ao atendimento de um sinistro. Na simulação verificou-se uma redução de 33% do tempo necessário em toda a ação. Também foi possível afirmar que os 3,5 min utilizados para a definição do hidrante a ser utilizado (sem o uso do aplicativo), permite que a viatura busque um hidrante localizado a

aproximadamente 1.225 metros do sinistro quando o uso do aplicativo se faz presente. Esta constatação dos 1.225 metros, leva em consideração o tempo da ida e do retorno ao hidrante mantendo-se a velocidade média de 42 km/h.

Neste sentido o uso do aplicativo garante uma redução do tempo total para o atendimento às ocorrências de incêndios. Este tempo será ainda mais reduzido caso a cidade passe por um processo de reestruturação espacial da distribuição dos hidrantes (solução estrutural), ou seja, em uma distância 300 m entre o hidrante e o sinistro, a redução do tempo total de abastecimento é da ordem de 37%. Sendo interessante que as cidades realizem a redistribuição dos equipamentos já instalados e a instalação de novos equipamentos nas áreas de risco sem a cobertura.

4- CONCLUSÕES

4.1 Considerações gerais

Esta dissertação foi desenvolvida objetivando apresentar uma proposta para a distribuição de hidrantes para otimizar o atendimento a ocorrência de incêndios na cidade de São Carlos-SP. Para tanto foi desenvolvido um aplicativo para ser inserido em um *Tablet*, ou equipamento similar, e proposto um modelo de realocação e implantação de novos hidrantes na cidade, conforme a necessidade de cada setor censitário, de forma a garantir um melhor serviço à população.

A partir do levantamento bibliográfico e de comparações realizadas no decorrer do estudo foi possível verificar que a cidade de São Carlos-SP tem uma estrutura deficiente no item de equipamento de proteção a incêndios em relação IT Nº 34/2011 aplicável aos serviços de atendimento a ocorrências de incêndios nas cidades.

Após as análises espaciais realizadas com o uso do Sistema de Informações Geográficas (QGIS), foi possível afirmar que a referida cidade além de possuir um déficit na quantidade dos hidrantes, possui equipamentos mal distribuídos espacialmente considerando três fatores: a malha urbana, adensamento populacional e por presenças agentes. Ressalta-se que nos setores censitários com maior presença de agentes apresentaram alta incidência de sinistros. Vide Figuras 38 e 39. A utilização da geotecnologia SIG foi de suma importância para todas as análises realizadas neste estudo.

Em algumas análises foram utilizadas o recurso da técnica do Mapa de Kernel, ferramenta esta disponível no software QGIS versão 1.8 Lisboa. Esta técnica fortaleceu a indicação da existência de áreas de potencial risco de incêndios que não apresentam em sua área a presença de neutralizantes. Vide Figuras 35 e 37.

Após da aplicação do modelo proposto para a distribuição dos neutralizantes, o uso aplicativo em *Tablet*, mostrou-se uma solução não estrutural de grande utilidade, uma vez que possibilitou obter um menor tempo de atendimento às ocorrências.

Esta pesquisa permitiu concluir ainda que:

Na última década a quantidade de neutralizantes de incêndios não acompanhou o crescimento do número de agentes com potencial risco de incêndios, crescimento populacional e a expansão da malha urbana.

O uso do aplicativo em *Tablet* demonstrou ser uma solução que pode ser aplicada em cidades que apresentam diferentes condições estruturais ao atendimento às ocorrências de combate a incêndios, uma vez que a sua aplicação possibilita um menor tempo de atendimento aos sinistros. Porém, o modelo proposto por este trabalho como solução estrutural, indica que os melhores resultados poderão ser obtidos em cidades que apresentarem uma boa distribuição espacial de seus equipamentos de apoio ao combate a incêndios.

Ao atingir os objetivos proposto no escopo deste trabalho, espera-se que seus resultados possam contribuir no sentido de que o modelo sugerido possa ser presente, nas decisões dos gestores públicos, vislumbrando para a cidade de São Carlos-SP um cenário melhor preparado para o atendimento aos potenciais riscos de incêndios.

Acredita-se que é de responsabilidade do gestor público criar condições de antecipar a ocorrências que venham a prejudicar a vida dos habitantes de uma cidade. Um sinistro é muito difícil de ser previsto, existem medidas que podem minorar seus efeitos e certamente as cidades não devidamente aparelhadas estão em condições inseguras. Cenário que pode ser ilustrado pela seguinte frase “quanto custaria saber do atentado de 11 de setembro, no dia 10”. Uma cidade que possui um número de neutralizantes compatíveis com a sua área, população e agentes com potencial de incêndios, certamente proporcionará condições de salvaguardar vidas.

Portanto, as cidades devem oferecer condições de atender as eventuais ocorrências de sinistros. Uma situação de ocorrência de um incêndio onde a ação do atendimento seja realizada por veículos despreparados, sendo estes da prefeitura ou de munícipes, guiados por condutores não treinados para atendimentos de urgência. Não pode ser considerada uma atividade cotidiana.

4.2 Recomendações para trabalhos futuros

Todo trabalho de pesquisa não pode esgotar-se em si mesmo. Para alcançar os objetivos propostos foram dispendidos muitas horas de reflexão em busca de soluções para se resolver os problemas e a partir de então novas ideias surgiram as quais ficam como recomendações para trabalhos futuros.

- ✓ **Populacionais e aglomerações:** devem ser realizadas análises tomando-se em consideração os pontos com grandes aglomerações tais como: escolas, universidades, boates, igrejas, casas de eventos, etc. Além disso, deve-se realizar uma estimativa mais precisa da população flutuante na região central da cidade.
- ✓ **Agentes:** realizar um levantamento em toda a cidade para cobrir pontos de coletas de materiais recicláveis e de seu posterior descarte. Esses pontos merecem uma especial atenção, pois na maioria dos casos esses são locais precários e sem nenhum cuidado, onde os materiais são tratados e armazenados de forma inadequada em decorrência do baixo valor econômico. Com isso, projeta-se nesses locais um alto risco de sinistro devido a sua alta carga de incêndio. Além desses pontos, seria interessante posicionar e mapear empresas que trabalham com produtos perigosos, tais como: empresas de revenda de pneus, empresas que manipulam materiais explosivos, fármacos e empresas que detêm presença de caldeiras, pontos com alta carga de incêndios.
- ✓ Por fim, esse modelo aqui apresentado em conjunto com a solução de tecnologia embarcada podem ser implementados em outras cidades do Brasil, especialmente no estado de São Paulo, que foram as fontes para as análises realizadas neste trabalho. Pode-se também sugerir a

adaptação da estrutura e modelo para outros serviços, tais como saúde, segurança pública, educação e turismo, dentre outros.

5- REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (1994). **NBR 12.218** - Projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público. Rio de Janeiro.

_____. (1997). **NBR 13.860** - Glossário de termos relacionados com a segurança. Rio de Janeiro.

BAENINGER, R. (Org.). (2010). **População e cidades**: subsídios para o planejamento e para as políticas sociais. Campinas: Núcleo de Estudos de População – Nepo / Unicamp; Brasília: UNFPA.

BALLOU, R. (1993). **Logística empresarial**. São Paulo: Atlas.

BESSA JUNIOR, F. N. et al. (2013). **Spatial distribution of dengue disease in municipality of Mossoro**, Rio Grande do Norte, using the Geographic Information System. Rev. bras. epidemiol. [online]. vol.16, n.3, pp. 603-610.

BRAGA, J. O. N.; COSTA, L. A.; GUIMARAES, A. L.; TELLO, J. C. R. (2008). **O uso do geoprocessamento no diagnóstico dos roteiros de coleta de lixo da cidade de Manaus**. Eng. Sanit. Ambient. [online]. vol.13, n.4, pp. 387-394.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado.

BRITISH STANDARD INSTITUTION. **BS 4422**: Part 1. Terms associated with fire. General terms and phenomena of fire. London.

CÂMARA, G.; ALMEIDA, C.M.; MONTEIRO, A. M. (2001). **Introdução à ciência da geoinformação**. São José dos Campos: INPE.

CÂMARA, G.; ALMEIDA, C.M.; MONTEIRO, A. M. (2007). **Geoinformação em urbanismo: cidade real x cidade virtual**. São José dos Campos: INPE.

CAMARGO, D. (2013). **Incêndio de grandes proporções consome barracão em São Carlos-SP**.. Disponível em:
<<http://www.portalk3.com.br/Artigo/noticias/incendio-de-grandes-proporcoes-consome-barracao-em-sao-carlos/>>. Acesso em: 5 maio 2013.

CARTILHA de orientações básicas, noções de prevenção contra incêndio. (2011). Disponível em:<http://www.corpodebombeiros.sp.gov.br/novo/Downloads/cartilha_de_orientacoes_de_dicas_de_seguranca.pdf />. Acesso em: 15 jul. 2013.

CORPO DE BOMBEIROS DA POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO. (2011a). **Instrução técnica nº 02**. São Paulo.

_____. (2011b). **Instrução técnica nº 25**. São Paulo.

_____. (2011c). **Instrução técnica nº 28**. São Paulo.

_____. (2011d). **Instrução técnica nº 29**. São Paulo.

CORPO DE BOMBEIROS DA POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO. (2011e). **Instrução técnica nº 30**. São Paulo.

_____. (2011f). **Instrução técnica Nº 34**. São Paulo.

_____. (2011g). **Histórico**. Disponível em:<<http://www.ssp.sp.gov.br/noticia/lenoticia.aspx?id=25318/>>. Acesso em: 7 out. 2013.

_____. ([2012?]). **Acionando o 193**. Disponível em:<http://www.corpodebombeiros.sp.gov.br/novo/site/ed_publica/acionando_o_193.pdf/>. Acesso em: 5 mar. 2013.

_____. ([2013?]). **Histórico**. Disponível em:<<http://www.ccb.polmil.sp.gov.br/>>. Acesso em: 5 mar. 2013.

DOMINGUES, C. V.; FRANÇOSO, M. T. (2008). Aplicação de geoprocessamento no processo de modernização da gestão municipal. **Revista Brasileira de Cartografia**, n.60, n.1, apr. Disponível em:<http://www.rbc.ufrj.br/_pdf_60_2008/60_01_7.pdf/>. Acesso em: 13 jan. 2013.

FERRARI, R. (1997). **Viagem ao SIG**: planejamento estratégico, viabilização, implantação e gerenciamento de sistemas de informação geográfica. Curitiba: Sagres.

FOLHA DE SÃO PAULO. (1974). **De novo e muito pior**. Disponível em:<http://almanaque.folha.uol.com.br/cotidiano_01fev1974.htm/>. Acesso em: 2 abr. 2012.

FUNDAÇÃO SISTEMA ESTADUAL DE ANÁLISE DE DADOS. (2012). **População**: Estado de São Paulo. Disponível em:<<http://www.seade.gov.br/produtos/retratosdesp/view/index.php?indId=2&temald=1&loclId=1000/>>. Acesso em: 15 abr. 2012.

GONÇALVES, A. E. (2002). **Geocodificação e análise do mapeamento da criminalidade na cidade de Ipatinga**. Disponível em:<<http://www.csr.ufmg.br/geoprocessamento/publicacoes/ALISSON%20EUSTAQUIO%20GONCALVES.PDF/>>. Acesso em: 10 set. 2013.

GONÇALVES, P. R. (2005). **Sistema de informação geográfica para apoio a decisão ao combate a incêndio**. 154p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.

GOOGLE. (2014a). **Google fusion tables**. Disponível em:<<https://chrome.google.com/webstore/detail/fusion-tables-experimenta/pfoeakahkgllhkommkfeehmkfcloagkl/>>. Acesso em: 10 jan. 2014.

_____. (2014b). **Google earth**. Disponível em:<<https://support.google.com/earth/answer/148176?topic=2376018&ctx=topic/>>. Acesso em: 10 jan. 2014.

_____. (2014c). **Google APIs**. Disponível em:<<https://developers.google.com/maps/documentation/?hl=pt-br/>>. Acesso em: 10 jan. 2014.

HINO, P. et al. (2011). **Padrões espaciais da tuberculose e sua associação à condição de vida no município de Ribeirão Preto**. Disponível em:<http://www.scielo.org/scielo.php?pid=S141381232011001300028&script=sci_arttext/>. Acesso em: 15 set. 2013.

HUXHOLD, W. E. (1991). **An Introduction to urban geographic information systems**. Oxford: Oxford University.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. (2000a). **Censo 2000: população residente**. Disponível em:<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2000/universo.php?tipo=31o/tabela13_1.shtm&paginaatual=1&uf=35&letra=S/>. Acesso em: 11 nov. 2012.

_____. (2000b). **Malhas digitais censo 2000**. Disponível em:<http://downloads.ibge.gov.br/downloads_geociencias.htm/>. Acesso em: 11 nov. 2012.

_____. (2003). **Agregado por setores censitários dos resultados do universo**. 2.ed. Rio de Janeiro.

_____. (2010a). **Censo demográfico 2010**. Disponível em:<<http://www.censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?dados=210&uf=35/>>. Acesso em: 5 dez. 2012.

_____. (2010b). **Malhas digitais censo 2010**. Disponível em:<ftp://geoftp.ibge.gov.br/malhas_digitais/censo_2010/setores_censitarios/>. Acesso em: 11 nov. 2012.

_____. (2012). **Cidades: São Carlos-SP**. Disponível em:<<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/link.php?codmun=354890/>>. Acesso em: 25 abr. 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. (2006). Revista Ponto de Referência. Ano 1, Número 1, Agosto, pag 15.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. (1987). ISO 8421-1: **General terms and phenomena of fire**. Genève.

LAMBIN, J.J. (2000). **Marketing Estratégico**. Lisboa: McGraw-Hill.

LEMES, M. (2013). **Fogos de artifício têm classificação etária para uso**. Disponível em:<<http://www.portalk3.com.br/Artigo/cidade/fogos-de-artificio-tem-classificacao-etaria-para-uso/>>. Acesso em: 15 jun. 2013.

MANUAL de fundamentos do corpo de bombeiros: aspectos legais no serviço de bombeiros. (2006a). São Paulo: Corpo de Bombeiros do Estado de São Paulo. v.45.

MANUAL: estratégia e tática de combate a incêndio. (2006b). São Paulo: Corpo de Bombeiros do Estado de São Paulo. v.32.

MANUAL: fundamentos do corpo de bombeiros. (2006c). 2.ed. São Paulo: Corpo de Bombeiros do Estado de São Paulo.

MANUAL: suprimento de água em combate em incêndios. (2006d). São Paulo: Corpo de Bombeiros do Estado de São Paulo. v.2.

MONDINI, A. et al. (2005). Análise espacial da transmissão de dengue em cidade de porte médio do interior paulista. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v.39, n.3, p.444-451, jun. Disponível em:<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S003489102005000300016/>. Acesso em: 24 set. 2013.

MONTEIRO, A. M. (1998). Aplicação de um sistema de informação geográfica na coordenação dos meios aéreos envolvidos no combate a incêndios florestais. In: **SEMINÁRIO SISTEMAS INFORMÁTICOS NO ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO E DOS RECURSOS NATURAIS**. Castelo Branco: Escola Superior Agrária de Castelo Branco. Disponível em:<<http://pessoas.ipcb.pt/jamonteiro/SeminarioSIG.pdf/>>. Acesso em: 3 out. 2013.

NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. (2003). NFPA 101a - **Alternative approaches to life safety**. Quincy.

ONO, R. (2000). Rede de hidrantes urbanos para proteção contra incêndio em áreas urbanas. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL EM ARQUITETURA E URBANISMO: tecnologia & desenvolvimento, 2000, São Paulo. **Anais...** São Paulo. p.535-543.

PARENTE, J. (2000). **Varejo no Brasil: gestão e estratégia**. São Paulo: Atlas.

PINTO, D. R.S. et al. (2001). **Integração SIG e GPS em aplicações cadastrais como uma solução economicamente, viável para pequenos municípios: o caso de São Gonçalo dos Campos (BA).** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 10., 2001, Foz do Iguaçu. Anais... São José dos Campos: INPE. p.1155-1161. Disponível em:<<http://marte.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/lise/2001/09.20.17.23/doc/1155.1161.017.pdf>>. Acesso em: 10 out. 2013.

SAMSUNG. (2014). **Imagens do dispositivo móvel** Disponível em: <<http://www.samsung.com/pt/consumer/mobile-phone/tablets/tablet/GT-P3100TSETPH-gallery/>>. Acesso em: 10 out. 2013.

SEGANTINE, P. C. L. (2001). **Estudo do sinergismo entre os sistemas de informação geográfica e o posicionamento global.** Tese (Livre Docência) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2001.

_____. (2005). **GPS** - sistema de posicionamento global. São Carlos: EESC/USP.

SEITO, A. I. et al. (2008). **A Segurança contra incêndio no Brasil.** São Paulo: Projeto.

SILVA, L. A.; NAZARENO, N. R. X. (2009). **Análise do padrão de exatidão cartográfica da imagem do google earth tendo como área de estudo a imagem da cidade de Goiânia.** Disponível em:<<http://marte.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.14.15.58/doc/1723-1730.pdf>>. Acesso em: 24 set. 2013.

SILVA, A. N. R. et al. (2008). **SIG:** uma plataforma para introdução de técnicas emergentes no planejamento urbano, regional e de transportes. São Carlos: UFSCAR.

SILVA, C. S. (2011). **Plano de marketing:** comercial de gás Estevam & Souza LTDA - comercialização varejista de Gás Liquefeito de Petróleo (GLP). Monografia (TCC) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011. Disponível em:<<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/33359/000787795.pdf?sequence=1/>>. Acesso em: 14 out. 2013.

SINDICATO NACIONAL DAS EMPRESAS DISTRIBUIDORAS DE GÁS LIQUEFEITO DE PETRÓLEO. (2011). **Programa Gás legal em São Paulo.** Disponível em:< <http://www.sindigas.org.br/Noticia/Interna.aspx?id=5111/>>. Acesso em: 15 dez. 2013.

SÃO PAULO. (2011). Decreto Nº 56.819, de 10 de março de 2011- **Institui o Regulamento de Segurança contra Incêndio das edificações e áreas de risco no Estado de São Paulo e estabelece outras providências.** São Paulo, SP: Senado.

SOUZA, J. M. (2000). **Uso do sistema de informações geográficas na análise e otimização do atendimento a locais de potencial risco de incêndios, para a cidade de São Carlos (SP)**. 140p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2000.

Apêndice A - Manual explicativo de como utilizar o aplicativo de localização de hidrantes

São Carlos, Julho de 2013

Rafael Cavalcanti Bizerra

Orientador: Prof. Assoc. Paulo César Lima Segantine

Documento apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ciências, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes.

Ao iniciar o *Tablet*, a tela abaixo será apresentada, e para visualizar o quadro de hidrantes urbanos o aplicativo **Mapas** deve ser ativado a partir de um toque:

Caso o **Quadro de Hidrantes** não seja carregado automaticamente, clique no **ícone camadas**, selecionando a opção **Meus Mapas**.

Selecione a opção **Vazão dos hidrantes por cores 1-VERDE 2-AMARELO 3-VERMELHO (0-AZUL - NÃO CLASSIFICADO)**.

Após essa escolha o **Quadro de Hidrantes** será carregado no mapa, mostrando a localização dos 127 hidrantes urbanos distribuídos na área urbana da Cidade de São Carlos-SP (observação, após a confecção do manual, a rede de hidrantes teve a inserção de mais uma unidade, como visto no trabalho, a rede da cidade de São Carlos-SP atualmente possui 128 hidrantes urbanos).

O próximo passo é clicar na tela do *Tablet* até que se atinja uma boa **resolução do local**, onde está a ocorrência (localização momentânea em tempo real representada pelo símbolo). Para estabelecer que o ponteiro de localização fique no **centro do mapa**, clique no ícone .

Após estabelecer essas configurações o aplicativo desenvolvido está pronto para realizar o melhor serviço possível para a logística de Hidrantes. **Desta forma o operador já pode visualizar e optar pelo hidrante mais próximo e de maior vazão. Para isso basta clicar no hidrante escolhido.**

Neste momento, é aberta uma aba lateral com todas as **informações cadastradas do hidrante**.

Onde basta clicar sobre o ícone **Trajeto**, para que a **rota para o hidrante** mais próximo a melhor condição **de rota será traçada**.

O software questionará qual o **meio de transporte** será utilizado para chegar ao **hidrante**.

Neste momento o sistema processa a rota e a apresenta na tela, **e segue guiando o condutor até o hidrante.**

Quando a viatura chegar ao local do hidrante, o sistema apresentará uma foto, facilitando assim a sua **visualização**. No sentido de apoio, pois mesmo a viatura estando na localização do hidrante **pode haver veículos encobrendo o equipamento** como apresenta caso abaixo.

Após a realização do abastecimento, devesse tocar duas vezes o ícone **retornar**. E sair da navegação tocando o ícone **OK**.

Retornando ao **Quadro de Hidrantes Urbanos** na Cidade de São Carlos-SP.

Apêndice B - Manual explicativo de como realizar a manutenção, ampliação, redução ou distribuição espacial na rede virtual de hidrantes

São Carlos, Julho de 2013

Rafael Cavalcanti Bizerra

Orientador: Prof. Assoc. Paulo César Lima Segantine

Documento apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ciências, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes.

Ao iniciar o *Tablet*, a tela abaixo será visualizada, e para visualizar o quadro de hidrantes urbanos o Browser **Chrome** deve ser ativado a partir de um toque:

Para a manutenção do Quadro de Hidrantes é necessário acessar o **ícone MANUTENÇÃO**.

O Próximo passo é acessar a aba de opções através do ícone e habilitando o item **Solicitar um site de á.**

Após essa escolha o **Quadro de Hidrantes MANUTENÇÃO** será carregado no mapa, apresentando a localização dos 128 hidrantes urbanos distribuídos na área urbana da Cidade de São Carlos-SP. Onde a aba **EDITAR** deve ser acionada para proceder a manutenção dos dados e localizações dos hidrantes.

Após estabelecer essas configurações o Browser está pronto para receber manutenção. **Desta forma o operador já pode visualizar e optar pelo hidrante que precisa ser atualizado no quadro. Para isso basta clicar no hidrante escolhido. E a tela abaixo aparecerá.** obs. Fica mais fácil de realizar essa tarefa com o Tablet na posição vertical, pois desta forma o teclado não impede a visualização do quadro digital de hidrantes.

Com os dados atualizados, basta clicar e atualizar outros hidrantes da mesma forma.

Com realização do trabalho de atualização completo, deve-se tocar a aba **Pronto**. E sair da navegação tocando o ícone **Home para voltar a tela inicial**, neste momento o quadro de hidrantes para ocorrências já estará atualizado.

Apêndice C – Obtenção de áreas

A área urbana da cidade de Araraquara, encontrada a partir da segregação de áreas urbanas e áreas rurais, realizadas pelo software *Quantum GIS*, utilizando a malha censitária 2010 do IBGE.

A área urbana da cidade de Caçapava, encontrada a partir da segregação de áreas urbanas e áreas rurais, realizadas pelo software *Quantum GIS*, utilizando a malha censitária 2010 do IBGE.

A área urbana da cidade de Campinas, encontrada a partir da segregação de áreas urbanas e áreas rurais, realizadas pelo software *Quantum GIS*, utilizando a malha censitária 2010 do IBGE.

A área urbana da cidade de Campos do Jordão, encontrada a partir da segregação de áreas urbanas e áreas rurais, realizadas pelo software *Quantum GIS*, utilizando a malha censitária 2010 do IBGE.

A área urbana da cidade de Franca, encontrada a partir da segregação de áreas urbanas e áreas rurais, realizadas pelo software *Quantum GIS*, utilizando a malha censitária 2010 do IBGE.

A área urbana da cidade de Indaiatuba, encontrada a partir da segregação de áreas urbanas e áreas rurais, realizadas pelo software *Quantum GIS*, utilizando a malha censitária 2010 do IBGE.

A área urbana da cidade de Jambeiro, encontrada a partir da segregação de áreas urbanas e áreas rurais, realizadas pelo software *Quantum GIS*, utilizando a malha censitária 2010 do IBGE.

A área urbana da cidade de Lagoinha, encontrada a partir da segregação de áreas urbanas e áreas rurais, realizadas pelo software *Quantum GIS*, utilizando a malha censitária 2010 do IBGE.

A área urbana da cidade de Limeira, encontrada a partir da segregação de áreas urbanas e áreas rurais, realizadas pelo software *Quantum GIS*, utilizando a malha censitária 2010 do IBGE.

A área urbana da cidade de Natividade da Serra, encontrada a partir da segregação de áreas urbanas e áreas rurais, realizadas pelo software *Quantum GIS*, utilizando a malha censitária 2010 do IBGE.

A área urbana da cidade de Piracicaba, encontrada a partir da segregação de áreas urbanas e áreas rurais, realizadas pelo software *Quantum GIS*, utilizando a malha censitária 2010 do IBGE.

A área urbana da cidade de Redenção da Serra, encontrada a partir da segregação de áreas urbanas e áreas rurais, realizadas pelo software *Quantum GIS*, utilizando a malha censitária 2010 do IBGE.

A área urbana da cidade de Ribeirão Preto, encontrada a partir da segregação de áreas urbanas e áreas rurais, realizadas pelo software *Quantum GIS*, utilizando a malha censitária 2010 do IBGE.

A área urbana da cidade de Rio Claro, encontrada a partir da segregação de áreas urbanas e áreas rurais, realizadas pelo software *Quantum GIS*, utilizando a malha censitária 2010 do IBGE.

A área urbana da cidade de Santo Antônio do Pinhal, encontrada a partir da segregação de áreas urbanas e áreas rurais, realizadas pelo software *Quantum GIS*, utilizando a malha censitária 2010 do IBGE.

A área urbana da cidade de São Bento do Sapucaí, encontrada a partir da segregação de áreas urbanas e áreas rurais, realizadas pelo software *Quantum GIS*, utilizando a malha censitária 2010 do IBGE.

A área urbana da cidade de São Carlos-SP, encontrada a partir da segregação de áreas urbanas e áreas rurais, realizadas pelo software *Quantum GIS*, utilizando a malha censitária 2010 do IBGE.

A área retirada da área urbana na cidade de São Carlos-SP por se tornar APA, encontrada a partir da segregação de áreas urbanas e áreas rurais, realizadas pelo software *Quantum GIS*, utilizando a malha censitária 2010 do IBGE.

A área urbana da cidade de São Luís do Paraitinga , encontrada a partir da segregação de áreas urbanas e áreas rurais, realizadas pelo software *Quantum GIS*, utilizando a malha censitária 2010 do IBGE.

A área urbana da cidade de Sumaré, encontrada a partir da segregação de áreas urbanas e áreas rurais, realizadas pelo software *Quantum GIS*, utilizando a malha censitária 2010 do IBGE.

A área urbana da cidade de Taubaté, encontrada a partir da segregação de áreas urbanas e áreas rurais, realizadas pelo software *Quantum GIS*, utilizando a malha censitária 2010 do IBGE.

A área urbana da cidade de Tremembé, encontrada a partir da segregação de áreas urbanas e áreas rurais, realizadas pelo software *Quantum GIS*, utilizando a malha censitária 2010 do IBGE.