



DISSERTAÇÃO DE MESTRADO - PPGESA

**ANÁLISE DO SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA INCÊNDIO
POR MEIO DE HIDRANTES URBANOS NO MUNICÍPIO DE
ANANINDEUA (PA)**

ENG.º ANTENOR AMARAL FERNANDES NETO

ORIENTADORA PROFA.DRA ALINE C. P. ALMEIDA SANTOS

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL**



BELÉM (2022)



ANTENOR AMARAL FERNANDES NETO

Proposta de distribuição de hidrantes urbanos no município de Ananindeua-PA utilizando Sistemas de Informações Geográficas.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental - PPGESA do Instituto de Tecnologia como requisito parcial para obtenção do título de Mestre.

Universidade Federal do Pará

Orientador(a): Aline Christian Pimentel Almeida

Coorientador(a): Katiúcia Nascimento Adam

Belém

2023



**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a)
autor(a)**

A485p Amaral Fernandes Neto, Antenor.
 Proposta de distribuição de hidrantes urbanos no
 município de Ananindeua-PA utilizando Sistemas de
 Informações Geográficas / Antenor Amaral Fernandes Neto.
 — 2023.
 71 f. : il. color.

 Orientador(a): Prof^ª. Dra. Aline Christian Pimentel
 Almeida

 Coorientação: Prof^ª. Dra. Katiúcia Nascimento Adam
 Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará,
 Instituto de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em
 Engenharia Sanitária e Ambiental, Belém, 2023.

 1. Sistemas de informações geográficas. 2.
 Bombeiros. 3. Incêndios. 4. Hidrantes Urbanos. I. Título.

CDD 620.86



ANTENOR AMARAL FERNANDES NETO

Proposta de distribuição de hidrantes urbanos no município de Ananindeua-PA utilizando Sistemas de Informações Geográficas.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental - PPGESA do Instituto de Tecnologia como requisito parcial para obtenção do título de Mestre.

BANCA EXAMINADORA



Documento assinado digitalmente

ALINE CHRISTIAN PIMENTEL ALMEIDA

Data: 15/02/2023 15:08:50-0300

Verifique em <https://verificador.iti.br>

Profa. Dra. Aline Christian Pimentel Almeida – Orientador(a)
(Membro interno PPGESA / ITEC / UFPA)

Katiúcia Nascimento Adam

Profa. Dra. Katiúcia nascimento Adam – Coorientador(a)
(Membro interno PPGESA / ITEC / UFPA)



Documento assinado digitalmente

JOSE ALMIR RODRIGUES PEREIRA

Data: 15/02/2023 20:23:44-0300

Verifique em <https://verificador.iti.br>

Prof. Dr. José Almir Rodrigues Pereira
(Membro interno PPGESA / ITEC / UFPA)

Augusto da Gama Rego Assinado de forma digital por Augusto da Gama Rego
Dados: 2023.02.16 17:30:54 -03'00'

Prof. Dr. Augusto da Gama Rego
(Membro externo IFPA – Campus Tucuruí-PA)



Aos meus filhos Luiz Antônio e Elis.
Minha força motriz para dar vida aos meus
sonhos.



Agradecimentos

Aos meus pais, Valdirene e Henrique, que sempre me mostraram que a educação era o caminho.

A minha esposa, Sweny, por acreditar em mim e não me deixar desistir.

A minha orientadora, professora Aline, por toda a paciência e oportunidade de realizar este trabalho e compartilhar seus conhecimentos.

A colega de trabalho Jéssica Cristina pelo apoio para conclusão deste trabalho.

Aos meus colegas de mestrado pela força e ajuda nas dúvidas e pelas risadas de descontração.



“A verdadeira função do homem é viver, não existir. Eu não gastarei os meus dias a tentar prolongá-los. Usarei o meu tempo”

Jack London



Resumo

O presente trabalho analisou as condições físicas e a distribuição dos hidrantes urbanos da cidade de Ananindeua-PA, com o uso de ferramentas SIG, e como essa distribuição impacta na proteção contra incêndio do município. Para isso, foram realizadas quatro etapas. Na primeira etapa foram levantadas as normas e legislações vigentes sobre hidrantes urbanos. Na segunda etapa foi realizado o levantamento de dados dos hidrantes existentes (quantificação, verificação das condições de instalação e manutenção, de uso e distribuição de hidrantes), por meio de visitas de campo e de coleta de dados secundários em órgãos responsáveis (COSANPA e Corpo de Bombeiros). Posteriormente, foi realizada a análise das condições de instalação e de distribuição dos hidrantes urbanos utilizando técnicas de geoprocessamento. Por último, após análise dos dados, foram elaboradas propostas de distribuição desses equipamentos na área urbana de Ananindeua-PA (relatório técnico), com o intuito de otimizar o uso e tornar mais efetivo o combate contra incêndio. Assim, foi possível verificar a divergência entre as normas vigentes, bem como a distribuição inadequada dos hidrantes urbanos e sua manutenção deficiente, além de constar vazões inferiores ao que pede as normas.

Palavras-chave: SIG, Hidrantes Urbanos, Incêndios, Bombeiros.



Abstract

This work analyzed the physical conditions and the distribution of urban fire hydrants in the city of Ananindeua-PA, using GIS tools and how this distribution impacts the fire protection of the municipality. For this, four steps were carried out: In the first stage, the rules and norms in force on urban fire hydrants were surveyed. In the second stage, data were collected from existing hydrants (quantification, verification of installation and maintenance conditions, use and distribution of hydrants), through field visits and collection of secondary data from competent authorities (COSANPA and Firefighters). Subsequently, an analysis of the installation and maintenance conditions of urban fire hydrants was carried out using geoprocessing techniques. Finally, after analyzing the data, a proposal was drawn up for the redistribution of this equipment in the urban area of Ananindeua-PA (technical report), with the aim of optimizing the use and making fire fighting more effective. Thus, it was possible to verify the divergence between the current norms, as well as the inadequate distribution of urban hydrants and their poor maintenance, in addition to showing lower flow rates than required by the norms.

Keywords: GIS, Fire Hydrants, Fires, Firefighters.



Lista de figuras

Figura 01 – Componentes do hidrante urbano	22
Figura 02 – Espaçamento entre hidrantes e geração de vazios	25
Figura 03 – Arquitetura de Sistemas de Informação Geográfica	27
Figura 04 – Exemplo de representação vetorial	28
Figura 05 – Exemplo de representação matricial	28
Figura 06 – Estimador de intensidade de distribuição de pontos	28
Figura 07 – Acessibilidade e distribuição dos pontos dos hidrantes	30
Figura 08 – Exemplo de operação do PGORH – Rio de Janeiro	31
Figura 09 – Informações do hidrante	32
Figura 10 – Adaptador fabricante Hydrantec	32
Figura 11 – Etapas da metodologia	35
Figura 12 – Tubo pitot	37
Figura 13 – Equipamento de adaptação do hidrante urbano	37
Figura 14 – Relatório das condições dos hidrantes urbanos de Ananindeua, desenvolvido pelo CBMPA	44
Figura 15 – Levantamento dos hidrantes	52
Figura 16 – Áreas de proteção dos hidrantes	57
Figura 17 – Ferramenta Create Fishnet para criação de distribuição de pontos na área de estudo	60
Figura 18 – Inserção dos parâmetros na Ferramenta Create Fishnet	61
Figura 19 – Criação dos pontos de hidrantes e dos buffers na área urbanizada de Ananindeua-PA	62
Figura 20 – Demonstração de cálculo da distância entre hidrantes	63



Lista de mapas

Mapa 01 – Ananindeua-PA	34
Mapa 02 – Localização dos Hidrantes Urbanos de Ananindeua-PA, segundo a COSANPA	45
Mapa 03 – Hidrantes em funcionamento e fora de operação em Ananindeua-PA	54
Mapa 04 – Estimativa de densidade de todos os pontos de hidrantes urbanos existentes em Ananindeua por meio da metodologia de Kernel	55
Mapa 05 – Estimativa de densidade dos pontos de hidrantes urbanos existentes em funcionamento em Ananindeua por meio da metodologia de Kernel	56
Mapa 06 – Proposta 1 de distribuição de hidrantes para a área urbanizada de Ananindeua-PA (com vazios)	62
Mapa 07 – Proposta 2 de distribuição de hidrantes para a área urbanizada de Ananindeua-PA (sem vazios)	65



Lista de quadros

Quadro 01 – Distribuição de hidrantes na rede de distribuição de água	24
Quadro 02 – Dados e fontes de obtenção de informações	36
Quadro 03 – Quadro de conversão de pressão para vazão no esguicho	39
Quadro 04 – Classificação quanto ao risco de incêndio e emergências de acordo com a IT 01.....	42
Quadro 05 – Dados dos hidrantes urbanos encontrados na área urbana do município de Ananindeua-PA	46
Quadro 06 – Dados dos hidrantes urbanos em funcionamento na área urbana do município de Ananindeua-PA	49
Quadro 07 – Conversão de pressão em vazão	50



Lista de gráficos

Gráfico 01 – Gráfico de quantificação dos hidrantes	45
Gráfico 02 – Distribuição dos hidrantes urbanos existentes	48
Gráfico 03 – Gráfico de dispersão fabricante	50



Lista de tabelas

Tabela 01 – Tabela de classificação de hidrantes de acordo com a NBR 12.218/2017.....	24
Tabela 02 – Área urbana e número de hidrantes por bairros do município de Ananindeua	51
Tabela 03 – Áreas protegidas dos bairros	57



Lista de abreviaturas e siglas

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CBMPA	Corpo de Bombeiros Militar do Pará
COSANPA	Companha de Saneamento do Pará
GI	Grupamento de Incêndio
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IT	Instrução Técnica
NBR	Norma Brasileira Regulamentadora
PGORH	Plano de Gerenciamento Operacional de Recursos Hídricos
RMB	Região Metropolitana de Belém
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SGBDG	Sistema Gerenciador De Banco De Dados Geográficos
SHP	<i>Shapefile</i>
SISCOB	Sistema de Cadastro de Ocorrências de Bombeiros



Sumário

1	INTRODUÇÃO	16
1.1	Problema	18
1.2	Justificativa	19
2	OBJETIVOS	21
2.1	Objetivo geral	21
2.2	Objetivos específicos	21
3	REFERENCIAL TEÓRICO	22
3.1	Hidrantes Urbanos	22
3.1.1	Normas	24
3.2	Sistemas de Informações Geográficas	26
3.2.1	Aplicações de SIG na Distribuição de Hidrantes Urbanos	30
4	METODOLOGIA	35
4.1	Área de Estudo	35
4.2	Procedimentos metodológicos	36
4.3	Levantamento de normas e legislações sobre hidrantes urbanos	36
4.4	Levantamento de dados de hidrantes urbanos	37
4.5	Análise das condições de instalação e manutenção dos hidrantes urbanos utilizando técnicas de geoprocessamento	39
4.6	Proposta de distribuição dos pontos de hidrantes urbanos	41
5	RESULTADOS	42
5.1	Normas e legislações vigentes	42
5.2	Levantamento das condições de instalação dos hidrantes urbanos existentes	44
5.3	Análise espacial da distribuição dos hidrantes urbanos de Ananindeua	54
5.4	Proposta de distribuição dos pontos de hidrantes urbanos utilizando SIG	59
5.5	Problemas encontrados em soluções alternativas para combate a incêndios urbanos	65
6	CONCLUSÕES	67
	REFERÊNCIAS	69

1 INTRODUÇÃO

As transformações em curso das cidades impõem desafios relacionados à prestação de serviços. Dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) indicam que as maiores taxas de crescimento da população, ocorridas nos últimos anos, são de municípios que possuem entre 100 mil e 500 mil habitantes.

Esses municípios, em geral, são importantes centros regionais em seus estados, ou integram as principais regiões metropolitanas do país, configurando-se como áreas de atratividade migratória (IBGE, 2020).

No Brasil, o crescimento urbano de algumas cidades ocorre de forma desordenada. Isso pode acontecer por vários motivos, seja por falta de planejamento e análise de projetos, seja por interferências externas e que não fazem parte do projeto original, criando assim, vários pontos críticos que futuramente irão desencadear problemas maiores, como alagamentos, engarrafamentos e incêndios. Dessa forma, a implantação de infraestruturas para o atendimento de novas regiões é necessária.

Um dos pontos que deixam de ser considerados nesses planejamentos são os dimensionamentos e a distribuição dos sistemas de hidrantes urbanos que são utilizados para a proteção e o combate à incêndio.

A ideia da proteção contra incêndio deve ser vista, primeiramente, como prioridade para preservação da vida humana. E, posteriormente do patrimônio envolvido, independente do seu custo financeiro. Dessa forma, é preciso acompanhar a evolução das tecnologias construtivas e atualizar os sistemas de proteção contra incêndio.

Em grandes cidades como São Paulo, por exemplo, a situação torna-se crítica, em função de duas realidades: o trânsito (tráfego) caótico e as dimensões que um incêndio pode atingir, devido à escala dos edifícios e ao adensamento populacional (ONO, 2000). ONO (2000) descreve os procedimentos realizados pelo Corpo de Bombeiros em um combate ao incêndio:

Uma vez acionado, o Corpo de Bombeiros deve enfrentar um percurso e cumprir vários procedimentos até poder realizar o seu trabalho de combate ao incêndio no local do sinistro. Atualmente, em qualquer situação de incêndio, o Corpo de Bombeiros parte de seu posto para o atendimento à ocorrência de incêndio com unidades móveis munidas de homens, equipamentos e de água para o combate. A sua principal fonte de suprimento de água ainda são os seus próprios auto-tanques, que por mais capacidade que tenham, constituem uma fonte limitada de suprimento.(ONO, 2000, não paginado)

Nota-se a necessidade crescente de estudos sobre grandes incêndios, já que, historicamente, esses eventos trouxeram grandes prejuízos não só materiais, como a boate Kiss, em Santa Maria - RS, onde o incêndio tirou a vida de 242 pessoas e feriu 636 (Memória Globo, 2021), além de incêndios históricos ocorridos na cidade de Belém, no período entre 1999 a 2003: uma explosão em uma loja de fogos de artifício no complexo Feliz Lusitânia; uma boate destruída pelo fogo; um curto-circuito que incendiou mais de 100 casas; outra loja destruída pelo fogo e que afetou o trajeto do Círio de Nazaré (G1 Pará, 2022).

O incêndio em uma loja de fogos de artifício, próximo ao complexo Feliz Lusitânia no ano de 1999, onde além de várias pessoas feridas, também tirou a vida de 4 funcionários. Em 2001, na comunidade Riacho Doce no bairro do Guamá, o curto-circuito provocado por instalação irregular destruiu mais de 100 casas de madeira. Em 2002, durante a procissão do Círio de Nazaré, outra loja destruída pelo fogo. Dessa vez, a Casa Chamma, no complexo do Ver-O-Peso. No dia, fiéis tomavam conta das ruas e avenidas do centro de Belém para o início da procissão. Enquanto o fogo era combatido pelo Corpo de Bombeiros, os policiais usavam megafones para desviar o percurso do Círio. (G1 Pará, 2022). Em 2018, um incêndio que ocorreu na Vila da Barca atingiu 20 residências e deixou várias famílias desabrigadas.

A transformação urbana com o crescimento de grandes cidades não foi diferente nos municípios, no caso do município de Ananindeua, nos últimos 20 anos, a população saltou de 410.234 habitantes em 2001 para 535.547 em 2020, apontam dados do IBGE (2001; 2020). Ananindeua que anteriormente já foi considerada uma cidade dormitório, é hoje uma das cidades mais populosas e desenvolvidas do Pará. Com 77 anos de fundação, o município da Região Metropolitana de Belém (RMB) já pertenceu a Santa Isabel do Pará e Belém (DALETH, 2021).

Considerando os problemas causados pelo crescimento desordenado das cidades e o conseqüente aumento da possibilidade de ocorrência de incêndios, aliado às deficiências na gestão de incêndios urbanos é proposta a análise da distribuição de hidrantes urbanos no município de Ananindeua – PA, utilizando Sistema de Informações Geográficas (SIG) para localizar e diagnosticar os hidrantes em “operação”. Para Santos et al. (2017) há grandes vantagens e variedades de aplicações dos recursos do SIG que contribuem para o desenvolvimento urbano mais ordenado.

Além disso, a pesquisa visa apresentar proposta de distribuição dos hidrantes urbanos no Município, com base nas normas vigentes, utilizando sistemas de informações geográficas, que proporcionaria um menor tempo de deslocamento para abastecer as viaturas em casos de ocorrências de incêndios, e com isso a perda humana ou material poderia ser inferior aos dados atuais.

1.1 PROBLEMA

Na resposta aos chamados de combate a incêndio, o Corpo de Bombeiro enfrenta uma dificuldade: “*onde reabastecer as viaturas caso seja necessário?*”, “*os equipamentos instalados irão funcionar?*”, ou ainda, por mais que este equipamento funcione terão vazão ou pressão adequadas? Para a população o questionamento é se todas as áreas urbanas estão de fato protegidas ou ao menos com suporte para que o tempo de resposta seja o mais breve possível e os danos tanto materiais quanto de vida sejam mínimos.

Sabe-se que o tempo de resposta das unidades de atendimento ao público durante o combate à ocorrência de sinistros é requisito fundamental para a solução eficaz do problema. No combate a incêndios urbanos é fundamental que o Corpo de Bombeiros tenha que reduzir o tempo de resposta, visto que o fogo pode se espalhar rapidamente nos arredores do foco do incêndio e em áreas de mais difícil acesso.

Segundo Bizerra (2014), 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 na 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 em menor tempo possível, de forma segura e ágil.

Um exemplo disso ocorre no município de Belém, ficou identificado por Santos et al. (2017), por meio de trabalho de campo, a existência de um número maior de hidrantes (96 hidrantes), contrapondo a informação disponibilizada pela COSANPA, de 84 hidrantes urbanos. Informa ainda que:

Quanto ao funcionamento dos hidrantes (operacionalidade), identificou-se que 41% estão inoperantes, pois, estão sem alguns componentes obrigatórios para seu funcionamento. Dos inoperantes, 21% não têm caixa de registro central, seguido de 10% que não possuem tampa central, 21% não possuem tampa esquerda e 23% não possuem tampa direita o que dificulta sua utilização pelo CBMPA. Logo, nesta análise, evidencia-se que alguns dos

hidrantes não possuem nenhum dos requisitos obrigatórios previstos em legislação específica (Santos et al., 2017).

A ausência de informações ou a disponibilidade a informações incompletas, como a citada acima, sobre instalação/manutenção da rede de hidrantes de um município também propicia o atraso ou atendimento ineficaz no combate ao incêndio no momento do sinistro.

1.2 JUSTIFICATIVA

A importância destes equipamentos fica clara quando é analisado o incêndio do Ed. Joelma, ocorrido em 01 de fevereiro de 1974, que matou 188 pessoas. Nesse incêndio foram utilizadas 30 viaturas, e por não haver hidrantes urbanos nas proximidades, ocasionou em escassez de água para continuar o combate ao incêndio. Na ocasião, os bombeiros fizeram um apelo aos moradores da vizinhança (FOLHA DE SÃO PAULO, 1974).:

“Quem tiver água e possa trazê-la até aqui num balde, por favor, façam com urgência. Estamos precisando de água. Atenção, moradores, tragam água em baldes.” (FOLHA DE SÃO PAULO, 1974).

Entende-se que a realização da pesquisa possibilitará, ao Grupamento do Corpo de Bombeiros de Ananindeua, o acesso às informações da situação atual para a implementação da distribuição de hidrantes na área urbana do Município, facilitando acesso em casos de ocorrências, o que trará celeridade ao trabalho de debelação do fogo, bem como auxiliar no procedimento de mapeamento de zonas de risco pelas instituições responsáveis pelo sistema de monitoramento urbano (Polícia, Bombeiros, Secretarias etc.), e no planejamento de novas áreas que possam surgir.

Além disso, o aumento da densidade populacional favorece a verticalização de edificações, fenômeno que se estende ainda mais pelas regiões periféricas dos centros urbanos. No caso de Ananindeua, por ser um Município oriundo de comunidades ribeirinhas, seu crescimento se deu pela construção da BR-010 e teve um maior incremento a partir de 1980 em decorrência a falta de espaço em Belém. Justificando assim o crescimento acelerado e desordenado, que muitas vezes são compostas de invasões e, portanto, não havendo tempo hábil para planejamento de infraestrutura pública. Conseqüentemente, as estruturas públicas de combate à



incêndio nessas zonas são inexistentes, o que favorece ainda mais para que essas se tornem regiões de perigo à ocasião do acometimento de incêndios.

Nesse contexto, os hidrantes urbanos são ferramentas importantes para o abastecimento e consequente proteção da população, uma vez que, na impossibilidade de reabastecimento, os caminhões precisariam percorrer distâncias cada vez maiores para reabastecer.

Santos et al. (2017) destaca as grandes vantagens e variedades de aplicações dos recursos do SIG. Diversos trabalhos que tratam da implantação de SIG nos corpos de bombeiros militar têm proporcionado boas discussões sobre o tema.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL:

- Propor nova distribuição dos hidrantes urbanos no município de Ananindeua-PA.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Realizar levantamento e a espacialização de dados dos hidrantes urbanos instalados no município de Ananindeua-PA;
- Analisar as condições de instalação e manutenção dos hidrantes urbanos na área urbana do Município de Ananindeua;
- Propor nova distribuição de hidrantes com base na revisão normativa através de relatório técnico, sendo:
 - Proposta 1: Atendimento normativo.
 - Proposta 2: proposta otimizada para maior atendimento à segurança.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo serão abordados temas referentes ao dimensionamento e manutenção dos hidrantes urbanos, enfocando principalmente nos problemas encontrados além de informações contextuais, com a finalidade de dar embasamento para análise do dimensionamento e manutenção destes equipamentos.

3.1 HIDRANTES URBANOS

O sistema de hidrantes pode ser definido por ser um sistema hidráulico com função de ajudar no combate aos incêndios e proteger as pessoas e os patrimônios em casos de emergências. Para isso, é preciso que haja um reservatório de água e diversos equipamentos, como bombas de incêndio, peças hidráulicas, abrigos de mangueiras, dentre outros.

Segundo o fabricante Bucka (2023) para os sistemas de hidrantes existem em alguns tipos, sendo:

- Sistema de Hidrantes industrial:

São equipamentos presentes em redes hidráulicas nas indústrias, o hidrante industrial funciona utilizando a água da Reserva Técnica de Incêndio, podendo ter diversas configurações e acessórios.

- Sistema de Hidrantes de parede residencial/comercial:

Encontrado em edificações comerciais e residenciais, está normalmente localizado no interior das caixas de incêndios e deve estar pronto para uso imediato nas operações de combate a incêndio pelo Corpo de Bombeiros, brigada de incêndio ou até mesmo ocupantes da edificação que tenham treinamento e forem familiarizados com o equipamento. As caixas de incêndio devem conter, entre outros acessórios: esguicho regulável, Chave de mangueira e Mangueiras de incêndio.

- Sistema de Hidrantes urbanos ou públicos:

São equipamentos dispostos normalmente nos passeios públicos, e possuem como fonte de suprimento de água os reservatórios de abastecimento de água potável para população.

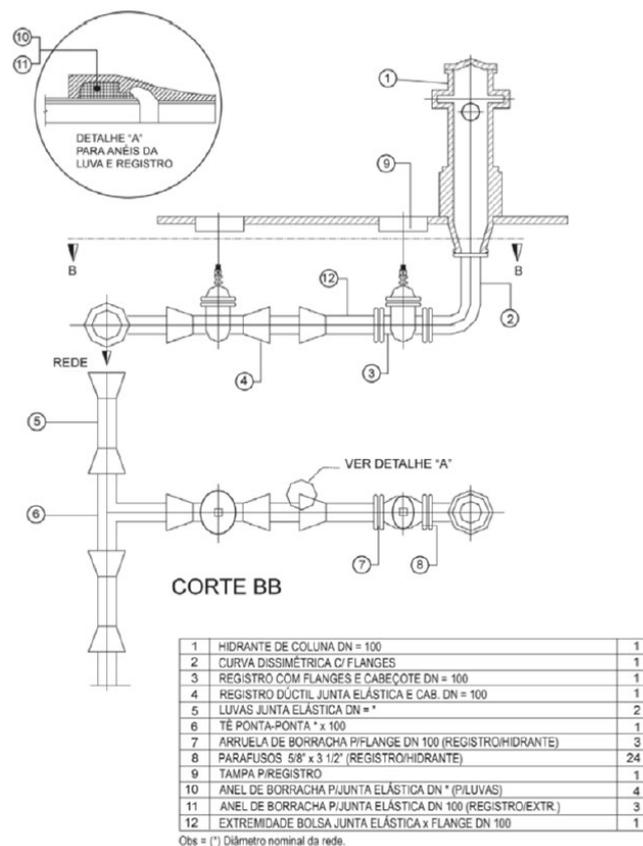
Os hidrantes urbanos são equipamentos, que permitem a instalação de mangueiras ou mangotes para o combate a incêndios e podem ser do tipo coluna ou

subterrâneos, conforme Norma Brasileira Regulamentadora (NBR) Nº 5667-1/2006 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2006).

Já a Instrução Técnica (IT) 6 – Parte 1, do Estado do Pará, que dispõe sobre acesso e facilidade para operação de socorro, mais especificamente sobre Hidrantes Públicos, define o hidrante urbano como ponto de tomada de água provido de dispositivo de manobra (registro) e união de engate rápido, ligado à rede pública de abastecimento de água, podendo ser emergente (de coluna) ou subterrâneo (de piso) (CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO PARÁ, 2019).

Equipamento formado por conjunto de peças descritos na imagem abaixo:

Figura 01 – Componentes Hidrantes Urbanos



Fonte: CBMPA (2019).

Para Bizerra & Segantine (2018), em áreas urbanas, o hidrante é a principal fonte de suprimento de água de viaturas do corpo de bombeiros em situação de combate a incêndios, permitindo que o combate às chamas ocorra de forma intermitente. De acordo com a Coletânea de manuais técnicos de bombeiros, a falta de um hidrante próximo ao local da ocorrência dificulta o combate, uma vez que a

viatura necessita se deslocar até o hidrante mais próximo e voltar ao local da ocorrência, procedimento que possivelmente provoque aumento nas proporções do sinistro em virtude da descontinuidade no combate (MANUAL, 2006).

Além disso a água é o mais completo dos agentes extintores. Essa importância lhe é dada, pois mesmo que não leve à extinção completa do incêndio, ela auxilia no isolamento de riscos e possibilita a aproximação do corpo de bombeiros ao fogo para o eventual emprego de outros agentes extintores.(BIZERRA; SEGANTINE, 2016)

A importância da água em quantidade e vazão adequadas pode ser mais bem compreendida quando se entende como a água é utilizada para combater o incêndio. A água aplicada sobre um fogo tem duas funções básicas. Primeiro, remover o calor produzido pela combustão, assim evitando a ignição dos materiais devido à elevação da temperatura; a água absorve o calor do fogo quando se altera do estado líquido para o gasoso e o calor dispersado na forma de vapor. Segundo a água que não é convertida em vapor pelo calor do incêndio fica disponível para resfriar o material que não sofreu ignição. A água também abafa materiais não ignizados, excluindo o oxigênio necessário para iniciar e manter a combustão.(Ono, 2000, não paginado)

3.1.1 Normas

Atualmente as principais normas que orientam e instruem para o planejamento, o dimensionamento e a distribuição da rede de hidrantes no Município de Ananindeua são:

- NBR 12.218:2017 – Projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público – Procedimento (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2017);
- Instrução Técnica do Corpo de Bombeiros Militar do Pará Nº 06, Parte 1 – Hidrante Público (CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO PARÁ, 2019).

Na NBR 12.218:2017 define critérios de dimensionamento do sistema de hidrantes urbanos, informando que a operadora deve definir os pontos de instalação do hidrante urbano para combate a incêndio, considerando a capacidade da rede de distribuição para a região específica, de acordo com o Quadro 1 e a Tabela 1. A norma ressalta ainda que o Corpo de Bombeiros deverá ser consultado na fase de concepção da rede ou na ampliação e remanejamento dos hidrantes (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2017).

Quadro 01 – Distribuição de hidrantes na rede de distribuição de água

População	Raio/Distância	Ocupação Predominante
< 20 mil habitantes	Ponto(s) no sistema de abastecimento de água.	Unifamiliar adensada/comercial/patrimônio público, áreas horizontalizadas
> 20 mil habitantes	800m / 1600m	Unifamiliar adensada/comercial/patrimônio público, áreas horizontalizadas
	600m / 1200m	Verticalização adensada, áreas de baixa mobilidade (trânsito intenso, vias estreitas, dificuldade de deslocamento)
Ocupações especiais	300m / 600m	Hospital, presídio, shopping, área com alto adensamento vertical, escolas, museu, depósito.
Setor industrial	A ser definido conforme 5.10.1	Área com ocupação industrial.

Fonte: ABNT NBR 12.218,2017.

A NBR 12.218/2017 também classifica os hidrantes por categoria, considerando dados de vazão e de pressão, conforme apresentado na Tabela 1. Devendo estes equipamentos serem identificados por cores a fim de identificar a pressão/vazão disponível naquele equipamento. O que na prática fica inviável, pois as pressões na rede de hidrantes urbanos variam conforme o decorrer do dia.

Tabela 01 – Tabela de classificação de hidrantes de acordo com a NBR 12.218/2017

Categoria	Vazão		DN RDA	Pressão dinâmica na RDA	Cor de identificação
	L/min	L/s	mm	kPa	
A	> 2.000	>33	≥ 300	≥ 100	Verde
B	>1.000 e <2.000	>16 a 33	>150	≥ 100	Amarela
C	360 a 1.000	>6 a 16	≤150	≥ 200	Vermelha
D	<360	<6	≤100	≥ 300	Azul

RDA: Rede de distribuição de água

DN: Diâmetro nominal.

Fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2017).

Já na Instrução Técnica Nº 06 do Estado do Pará, além de tratar algumas definições do equipamento, também faz referência quanto à instalação de hidrantes urbanos em loteamentos e condomínios. Quando se trata do dimensionamento dos hidrantes urbanos na rede pública, a Instrução Normativa destaca que:

5.3.1 À concessionária local dos serviços de águas e esgotos é atribuída a competência para o projeto, a instalação, a substituição e a manutenção dos hidrantes urbanos.

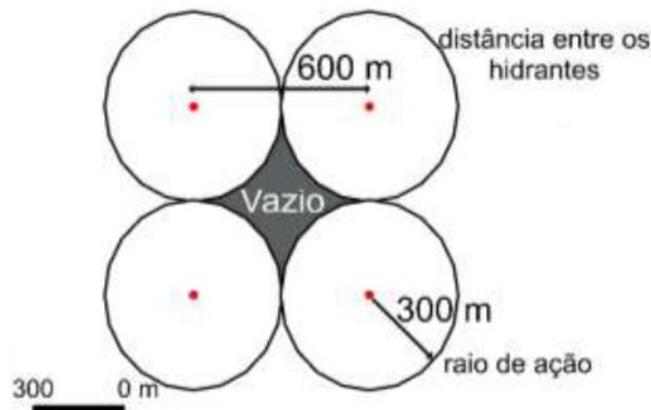
5.3.2 A concessionária, em conjunto com o Corpo de Bombeiros local, deve estabelecer os locais para a instalação dos hidrantes urbanos, acompanhando os trabalhos de instalação.

5.3.3 O espaçamento entre os hidrantes urbanos, vazão e pressão devem ser estipulados pela concessionária em conjunto com o Corpo de Bombeiros, com base nesta Instrução Técnica e nas condições da rede pública de distribuição de água local (CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO PARÁ, 2019).

Para efeito comparativo, a NBR mantém parâmetros de dimensionamento iguais aos da Instrução Técnica Nº 34 de 2019 do estado de São Paulo, que trata sobre hidrantes urbanos.

Mesmo para atendimento dessa norma, no que se refere ao distanciamento entre hidrantes em raio/distância, Bizerra & Segantine (2018) observam que essa forma matricial de alocação gera “vazios” em meio aos raios de atendimento. Essas características podem ser visualizadas na Figura 02.

Figura 02 – Espaçamento entre hidrantes e geração de vazios



Fonte: Bizerra (2018).

Para este problema não existe nenhuma solução normativa, visto que não está previsto esta situação em nenhuma Norma/Instrução Técnica, deixando assim, alguns pontos suscetíveis à falta de proteção e/ou aumento do tempo de resposta pelo Corpo de Bombeiros.

3.2 SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS

Considerando a abordagem apresentada nos tópicos anteriores, é possível perceber a necessidade de um sistema gráfico que auxilie o Corpo de Bombeiros nas

tomadas de decisões, como por exemplo, o direcionamento para abastecimento em hidrantes mais próximos de um sinistro, e aptos para o fornecimento de água. Para isso, é necessário o uso de tecnologia que permita o armazenamento e a espacialização de dados cartográficos e tabulares, facilitando o cruzamento de informações e permitindo a visualização espacial da situação, auxiliando assim, a tomada de decisão.

Tudo isso é possível com o uso de Sistemas de Informações Geográficas (SIG), que são definidos por alguns autores como:

“um sistema de informações baseado em computador, que permite a captura, modelagem, manipulação, recuperação, análise e apresentação de dados georreferenciados” (WORBOYS, 2005).

“possibilitam a integração, numa única base de dados, de informações geográficas provenientes de fontes diversas tais como dados cartográficos, dados de censo e cadastro urbano e rural, imagens de satélite e modelos numéricos de terreno.” (Câmara et al., 1996)

Para (SANTOS, 2015), as ferramentas de visualização de dados em SIG possibilitam ao usuário a percepção de padrões e relações em grandes quantidades de dados, o que seria difícil de discernir caso esses dados fossem apresentados como listas de texto tradicionais.

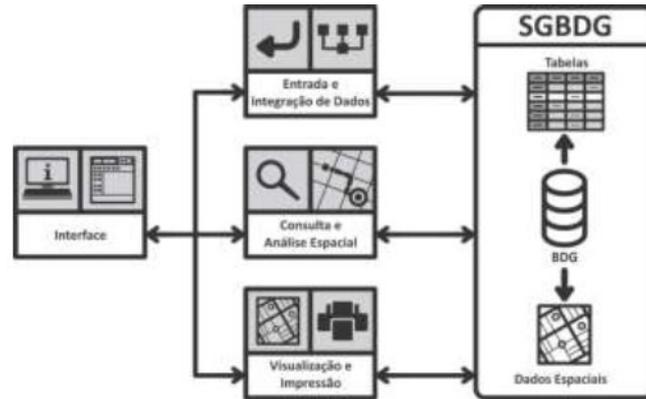
Uma das vantagens do SIG, descrita por SANTOS (2010, p. 48), é a manipulação dados gráficos e não gráficos de forma integrada, provendo uma forma consistente para análise e consulta envolvendo dados geográficos.

Existem vários softwares de SIG no mercado, tanto os pagos como ArcGis, Arcview, MapInfo, além de outros gratuitos.

Para Câmara et al. (1996), os dados de um SIG são geralmente organizados sob a forma de um banco de dados geográficos, que permitem a entrada, o armazenamento, o processamento, a recuperação, a visualização e a plotagem de dados, os SIGs armazenavam os dados geográficos em arquivos internos.

Estes dados não são obrigatoriamente isolados em um único aplicativo ou computador. O aplicativo garante acesso ao sistema gerenciador de banco de dados geográficos (SGBDG), instruindo-o através de linguagem apropriada a realizar tarefas (gravação, consulta, exibição) e retornar os resultados ao aplicativo que o está acessando, conforme exemplificado na Figura 03 (SOUSA et al., 2020)

Figura 03 – Arquitetura de Sistemas de Informação Geográfica



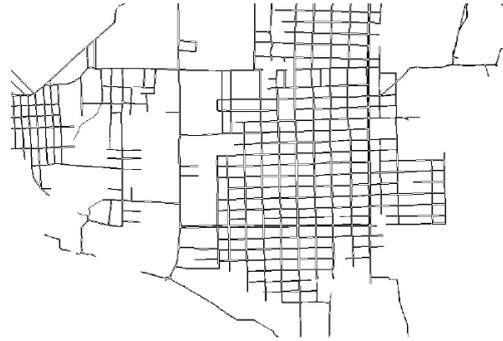
Fonte: (SOUSA et al., 2020)

Sousa et al. (2020) reforçam a importância de avaliar o objetivo a ser alcançado com o SIG e a escolha das tecnologias de seus componentes pode limitar ou permitir a expansibilidade de diversos cenários, que dependerão dos recursos delas. Tendo assim, o cuidado na escolha do tipo de banco de dados e a da arquitetura que o aplicativo SIG utilizará para a produção dos dados alfanuméricos e espaciais.

O armazenamento de dados em SIG é geralmente realizado em o formato “*shapefile*” (SHP), que armazena geometria não topológica e informações de atributo para os recursos espaciais em um conjunto de dados. A geometria de um recurso é armazenada como uma forma que compreende um conjunto de coordenadas vetoriais (ESRI, 1998).

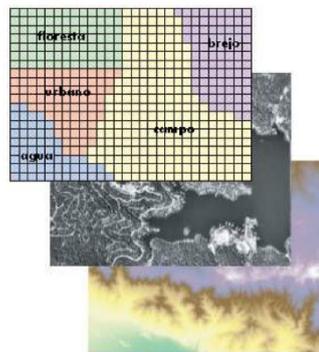
Para Santos (2010), em um SIG é possível processar os dados dos tipos linhas, polígonos e pontos, além de arquivos de imagens sendo a primeira parte chamada de representação vetorial (Figura 04) e os arquivos de imagem de representação matricial (*Raster*) (Figura 05), exemplificados nos desenhos abaixo.

Figura 04 – Exemplo de representação vetorial.



Fonte: SANTOS (2010)

Figura 05 – Exemplo de representação matricial.

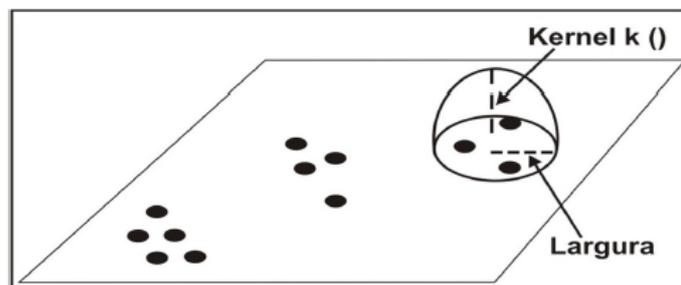


Fonte: SANTOS (2010)

Uma das ferramentas SIG aplicadas na análise de distribuição é o estimador de densidade *Kernel* (Figura 06), *que segundo Câmara e Carvalho (2004, p. 5) consiste em:*

“Examinar o comportamento dos padrões pontuais, estimando a intensidade pontual do processo em uma região de estudo, ponderando-os pela distância de cada um à localização de interesse, por meio de um ajuste de uma função bidimensional dos eventos considerados, compondo em uma superfície da qual o valor será proporcional das amostras por unidade de área.”

Figura 06: Estimador de intensidade de distribuição de pontos.



Fonte: Camara e Carvalho, 2004.

A densidade de Kernel consiste em quantificar as relações dos pontos dentro de um raio (R) de influência, com base em determinada função estatística, analisando os padrões traçados por determinado conjunto de dados pontuais, estimando a sua densidade na área de estudo (BERGAMASCHI, 2010). De acordo com Kawamoto (2012), a técnica de Kernel “[...]consiste num estimador probabilístico de intensidade do processo pontual não-paramétrico através de função Kernel. As entradas para aplicação são as ocorrências da variável (na área, através de um sistema de coordenadas)”

Na metodologia de Kernel, Souza et al. (2013) explicam que “se S é uma localização arbitrária na região R e S1, S2, S3, ..., Sn, são localizações de N eventos observados, então a intensidade, $\lambda(S)$, em S é estimada através da equação 1:

Equação 1:

$$\lambda(s) = \frac{1}{\delta\tau(s)} \sum_{i=1}^n \frac{1}{\tau^2} k\left(\frac{s-s_j}{\tau}\right) \quad (1)$$

Onde:

$\lambda(s)$ = intensidade em s;

s = localização arbitrária;

t = raio de influência;

k = função densidade de probabilidade bivariada;

$\delta\tau(s)$ = volume sob o *Kernel* centrado em s.

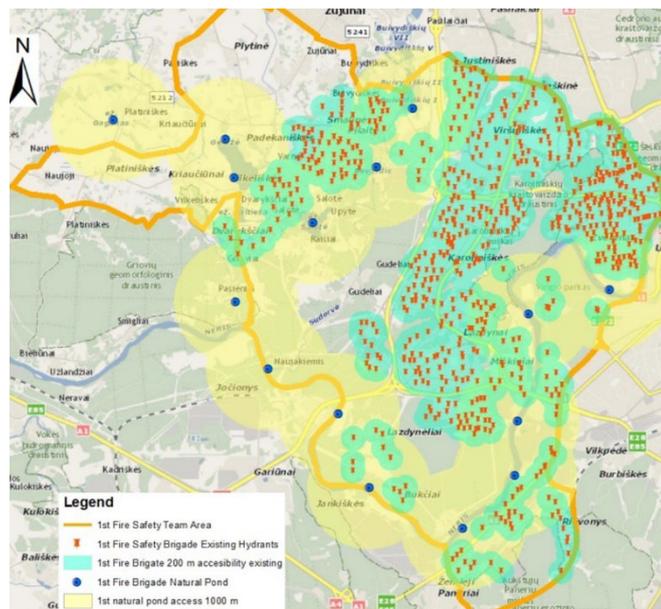
3.2.1 Aplicações de SIG na Distribuição de Hidrantes Urbanos

Acredita-se que a maior utilidade dos SIG seja de integrar uma grande quantidade de dados em um sistema de mapeamento, que poderá ser utilizado para planejamento territorial e monitoramento de áreas de interesse de uma maneira geoespacial.

Uma confirmação disso vem por meio do trabalho de Lee et al. (2021), cujos resultados da análise consideraram a operação de veículos de combate a incêndio reais, pois refletem as redes rodoviárias regionais. Portanto, nesse estudo, buscou-se analisar a acessibilidade aos hidrantes com base em uma análise de rede usando um SIG.

Raškauskaitė & Grigonis (2019) também fizeram estudo de caso de um sistema espacial de suporte ao planejamento (Figura 07), sugerindo soluções simples e engenhosas para a avaliação e melhoria da acessibilidade dos hidrantes. Quando os resultados do custo-benefício da implantação de SIG são comparados com as perdas econômicas que ocorrem por causa do fogo, é possível constatar que o SIG fornece uma solução relativamente econômica e inovadora para a tomada de decisões.

Figura 07: Acessibilidade e distribuição dos pontos dos hidrantes.



Fonte: Raškauskaitė & Grigonis, 2019.

Saavedra García & Mendoza Vallecillo (2021) desenvolveram um projeto que consiste em um Protótipo de um Sistema de Monitoramento e Localização de Hidrantes, por meio de um microcontrolador Arduino, encarregado de monitorar os dados de dois sensores, um de pressão e outro de vazão de água para avaliar se o hidrante está em boas condições de funcionamento. Um sistema desse tipo poderia facilmente ser implementado para enviar essas informações para uma plataforma SIG, onde seriam armazenados os dados quantitativos e qualitativos dos hidrantes urbanos.

Segundo Câmara et al. (1996), existe um crescente uso de SIGs pelos serviços de utilidade pública no mundo, desde ferramentas mais simples para mapeamento automático e gerência de facilidades até sistemas sofisticados, envolvendo simulação.

Sousa (2009 apud Santos et al., 2017) realizou o levantamento de hidrantes, a partir de uma listagem fornecida pela concessionária de saneamento e abastecimento

de água de Teresina/PI, elaborando assim, uma base georreferenciada com a localização e informações dos hidrantes, o que evidenciou uma má distribuição destes dispositivos de segurança contra incêndio na área urbana de Teresina.

Já no trabalho de Santos et al. (2017), o uso de ferramentas de integração e análise de dados espaciais permitiu uma visão diferenciada dos dados SISCOB/CBMPA. Com trabalho de campo, identificou-se que na área em Belém existem mais hidrantes (96 hidrantes) que os informados pela COSANPA (84 hidrantes), comprovando mais uma vez, que entre as principais fontes de referências, sendo uma a instaladora e outra a utilizadora, as informações divergem.

Na cidade de São Paulo, a Polícia Militar do Estado de São Paulo (PMESP), desde 2010, tem utilizado o SIG para integrar os dados dos relatórios de ocorrências atendidas por meio do Sistema de Informações Operacionais da Polícia Militar (SIOPM), da Secretaria de Segurança. Com o SIOPM é possível visualizar mapas, gerar relatórios estatísticos, orientar o policiamento, bem como melhorar o Plano de Policiamento Inteligente – PPI (MELO 2011 apud Santos et al., 2017).

No Rio de Janeiro, já existe em operação um sistema web (PGORH - Plano de Gerenciamento Operacional de Recursos Hídricos) que utiliza o Google Maps API – (Application Programming Interface), com base de dados. A figura 08 e Figura 09, representa um exemplo de simulado e todos os pontos de abastecimento de água no raio de 300m, sendo possível verificar informações como: endereço, vazão, coordenadas geográficas, situação do hidrante, quartel responsável etc.

Figura 08: Exemplo de operação do PGORH – Rio de Janeiro.



Fonte: Silva et al., 2016.

Figura 09: Informações do hidrante.

Arquivos: 0
Formulário:  Hidrante
ID: 82857
URL: http://viconsaga.com.br/82857
Criado: 24/04/2015 19:10 - copacabana
Atualizado: -
Coordenadas:  -22.9669130,-43.1803660
Coordenadas UTM:  7458986,83:686546,25 23K
Quartel de Bombeiros*:
Tipo de Logradouro:
Logradouro: NOSSA SENHORA DE COPACABANA
Número: 360
Complemento: -
Bairro: COPACABANA
Cidade: RIO DE JANEIRO
Situação do Hidrante:
Vazão Diurna: 600
Vazão Noturna: -
Defeito: -
Obs: -
Vistoriado pela OBM:
Digitador*:

Fonte: Silva et al., 2016.

Já existem alguns produtos comerciais que realizam exatamente essas leituras em tempo real, como por exemplo um produto chamado HYDRANTEC (Figura 10), um equipamento que é acoplado no hidrante urbano, não descaracterizando este para uso pelos bombeiros, e realiza leituras como:

- Verificação do sentido do fluxo (para casos de contaminação da rede);
- Vandalismo e consumo de água para fins indevidos;
- Vandalismo e roubo do equipamento;
- Leitura de consumo em tempo real;
- Geolocalização.
- Comunicação com outros sistemas (ligação para polícia, ...)

Figura 10 – Adaptador fabricante Hydrantec.



Fonte: Fabricante (2020)

Este tipo de equipamento funciona de forma independente não sendo necessário realizar interligação por cabos e outros acessórios, possuindo uma comunicação sem fio, e possui uma bateria com duração de 5 anos, informando à central quando precisar substituir.

A importância do sistema SIG nesses sistemas é de poder fazer uma leitura em tempo real de todos os equipamentos, e sendo monitorado por uma central de comandos, auxiliando e orientando a central e as viaturas que estão a caminho de um sinistro, já informando quais os equipamentos que poderão serem utilizados para reabastecimento caso seja necessário.

Com o SIG, ainda é possível que estas informações possam ainda serem compartilhadas com sistemas paralelos e de interesses mútuos, como por exemplo, auxiliando sistema de gestão de trânsito, a fim de bloquear os semáforos e reduzir o fluxo de veículos dando assim prioridade para as viaturas, ou ainda para o policiamento no intuito de bloquear quarteirões circunvizinhos, evitando o deslocamento de pessoas e veículos para a área sinistrada.

A análise de densidade *Kernel*, também foi tratado em algumas soluções e projetos de sistemas de combate ao incêndio, onde Bizerra & Segantine (2018), quando afirmam que após análise espaciais, afirmam que possui equipamentos mal distribuídos. Ou mesmo Rosa & Silva (2016), quando conclui que o uso do SIG é importante na análise de identificação e distribuição dos hidrantes urbanos, sendo uma ferramenta de gestão na instalação de novos equipamentos no espaço urbano, otimizando a escolha dos novos locais.

4 METODOLOGIA

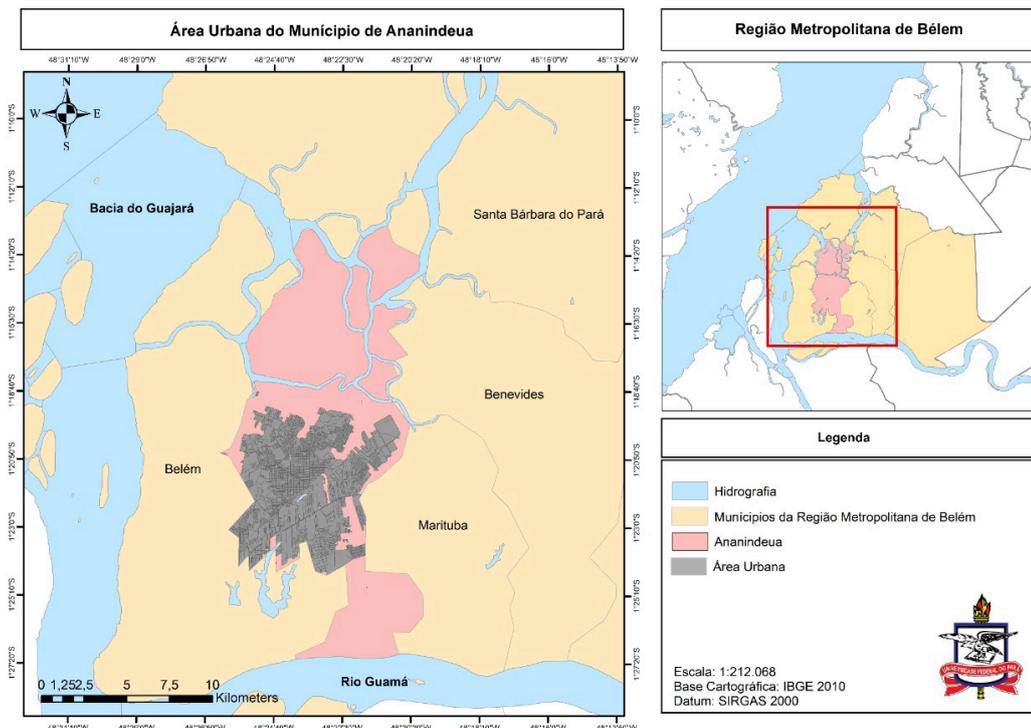
Neste capítulo será apresentado a metodologia utilizada para desenvolvimento deste trabalho, bem como área de estudo.

4.1 ÁREA DE ESTUDO

O município de Ananindeua, situado no Estado do Pará, e pertencente à Região Metropolitana de Belém (RMB), e à Região de Integração Guajará, está localizado entre as coordenadas $1^{\circ} 21' 57''$ S, $48^{\circ} 22' 19''$ W, contém área territorial de 190.581 km² e população de 540.410 habitantes (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2020), sendo o segundo município mais populoso do Estado e o quarto da Região Norte do Brasil.

A área de estudo é limitada à área urbana do município de Ananindeua, não sendo inclusas áreas de condomínios fechados. Conforme dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2010). A representação espacial é apresentada na Mapa 01.

Mapa 01 – Ananindeua-PA.

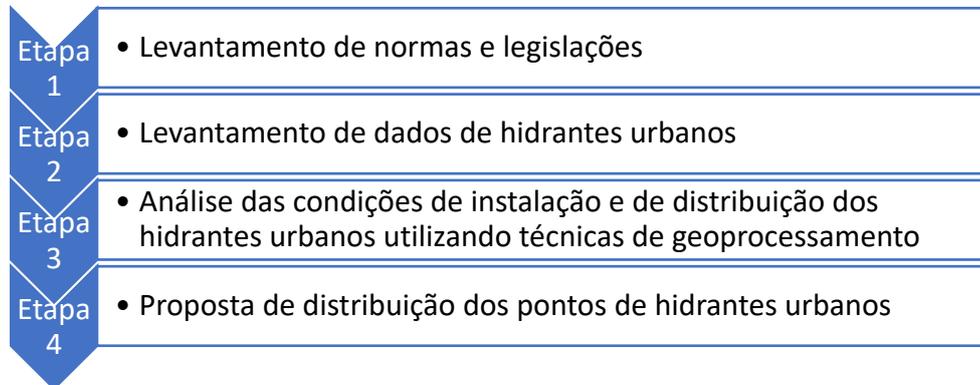


A área urbana foi definida através de software de SIG, utilizando malha viária e censitária do IBGE (2010).

4.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A metodologia desse trabalho foi dividida em quatro etapas, conforme ilustrado na Figura 11. Que tem por objetivo o conhecimento sobre o estado atual da distribuição dos hidrantes urbanos e suas condições.

Figura 11 – Etapas da metodologia



Fonte: Autor, 2023.

Na primeira etapa foi realizado o levantamento de normas e legislações sobre hidrantes urbanos, no Brasil, no Estado do Pará e no Município de Ananindeua-PA.

A segunda etapa está relacionada à criação da base de dados sobre a disponibilidade e as condições físicas dos equipamentos de combate a incêndios (hidrantes urbanos) na cidade de Ananindeua. Para isso, foram levantados os dados sobre a rede de hidrantes existentes na área de estudo.

Na terceira etapa foi realizada a análise das condições de instalação e manutenção, além da distribuição dos hidrantes urbanos da área de estudo.

E na quarta etapa foi realizada proposta nova distribuição dos pontos de hidrantes urbanos.

4.3 LEVANTAMENTO DE NORMAS E LEGISLAÇÕES SOBRE HIDRANTES URBANOS

Inicialmente foi realizado pesquisa de normas e legislações vigentes sobre hidrantes urbanos no Brasil, no Pará e no município de Ananindeua. Para isso foram consultados sites oficiais dos governos federal, estadual e municipal, além de outras fontes como Associação Brasileira de Normas Técnicas, corpo de bombeiros etc.

Esse levantamento possibilitou a análise das condições e da distribuição dos hidrantes urbanos.

4.4 LEVANTAMENTO DE DADOS DE HIDRANTES URBANOS

Dados secundários (dados coletados das instituições)

Nessa etapa foi levantado, junto ao Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Pará (CBMPA) e à Companhia de Saneamento do Pará (COSANPA), dados quantitativos e qualitativos dos hidrantes instalados na cidade de Ananindeua-PA, além de dados cartográficos na Prefeitura Municipal e no IBGE, conforme apresentado no Quadro 02.

Quadro 02 – Dados e fontes de obtenção de informações

DADOS	INSTITUIÇÃO/FONTE
Localização geográfica dos hidrantes existentes	Corpo de Bombeiros e COSANPA
Condições técnicas e estruturais dos hidrantes existentes	Corpo de Bombeiros e COSANPA
Base viária	Prefeitura Municipal
Limites de bairros	Prefeitura Municipal
População por bairro	Prefeitura Municipal
Limites de setores censitários	IBGE

Fonte: Autor, 2023.

Dados primários (Levantamento de dados in loco)

Nesta etapa, os levantamentos foram realizados com acompanhamento da equipe do grupamento do Corpo de Bombeiros de Ananindeua, para auxílio nas inspeções quantitativas e qualitativas dos equipamentos.

Foi realizada a verificação das condições físicas para considerar o hidrante apto ou inapto.

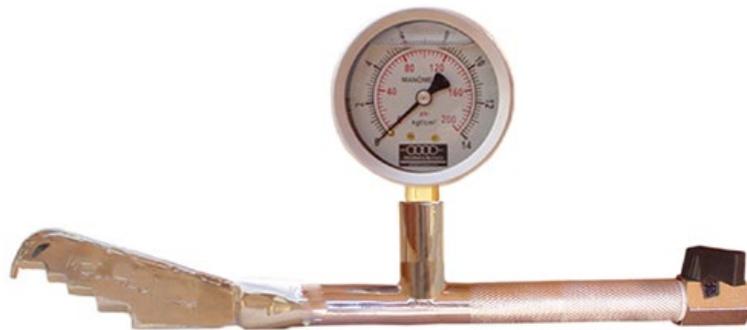
A norma 5667/2006 não define critérios para verificação e aceitação dos equipamentos. Dessa forma, foram verificados os seguintes itens:

- Condições físicas (limpeza, pintura, obstrução, condições de operação);
- Procedimentos de teste de desempenho através de tubo pitot (teste de vazão e pressão);
- Equipamento em operação ou não, conforme legislação.

Os testes foram realizados nos dias 26/10, 27/10, 04/11 e 05/11, sendo realizados no horário de expediente, entre 9:00 e 16:00.

O equipamento utilizado para auferir a pressão e vazão foi o tubo pitot, conforme Figura 12, além desse, devido a impossibilidade de montar o conjunto de mangueira nas ruas pelo trânsito ou largura das ruas, foi preciso montar um equipamento para adaptação do hidrante urbano, composto por adaptador de 2.1/2" para ligação ao hidrante, Tê para ligação do manômetro, registro de esfera de 2.1/2" para abertura do sistema e esguicho tipo agulheta de 25mm, conforme Figura 13.

Figura 12 – Tubo Pitot



Fonte: Autor, 2023.

Figura 13 – Equipamento de adaptação do hidrante urbano



Fonte: Autor, 2023.

4.5 ANÁLISE DAS CONDIÇÕES DE INSTALAÇÃO E MANUTENÇÃO DOS HIDRANTES URBANOS UTILIZANDO TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO

Fase 1: Análise de dados dos equipamentos.

Nessa etapa, foi realizada a análise das informações levantadas na etapa anterior, no que tange as informações coletadas na Cosanpa e CBM juntamente com o levantamento *in loco*, tratando às condições dos equipamentos existentes.

Para isso foi utilizado software Microsoft Excel para criação e lançamento de informações para formatar um banco de dados da coleta realizada, e criação gráficos.

No teste de desempenho, realizado com auxílio de um Tubo Pitot, foi verificado o valor da pressão de operação dos equipamentos. Em seguida, no Quadro 03 (fornecida pelo fabricante), foram consultados os valores de pressão e vazão correspondente, resultando, assim, na informação real de vazão para cada hidrante urbano.

No Quadro 03, a coluna da esquerda apresenta os dados de entrada (pressão) que foram verificados pela ferramenta tubo pitot (Figura 12) e o equipamento montado para auxiliar na leitura da pressão (Figura 13), onde utilizou-se o esguicho tipo agulheta de 25mm. Logo, cruzando os dados de entrada de pressão e a coluna do esguicho utilizado, tem-se a vazão, que é a informação de saída.

Quadro 03 – Quadro de conversão de pressão para vazão no esguicho

 MECANICA REUNIDA INDUSTRIA E COMERCIO LTDA													
TABELA PARA CÁLCULO DE VAZÃO PARA TUBO PITOT (REF.: MR 750)													
PARA DETERMINAR A VAZÃO , TENDO A PRESSÃO , UTILIZAR AS FÓRMULAS ABAIXO :													
PRESSÃO EM kgf / cm ²			PRESSÃO EM PSI (lb/pol. ²)			PRESSÃO EM MCA							
$Q = 0,654 \times D^2 \times \sqrt{P^1}$			$Q = 0,1731 \times D^2 \times \sqrt{P^1}$			$Q = 0,2068 \times D^2 \times \sqrt{P^1}$							
Q= VAZÃO EM LPM - D= DIÂMETRO DA EXPEDIÇÃO EM MILIMITROS - P= PRESSÃO NA EXPEDIÇÃO													
OBS.: PARA OBTER A VAZÃO EM GPM BASTA MULTIPLICAR O RESULTADO OBTIDO EM LPM POR 0,264													
PRESSÃO NO ESGUICHO			VAZÃO (LPM) - DIÂMETRO DA EXPEDIÇÃO										
kgf / cm ²	mca	psi	6,35 mm (1/4")	13 mm (1/2")	15,9 mm (5/8")	19 mm (3/4")	22,2 mm (7/8")	25,4 mm (1")	28,6 mm (1.1/8")	31,7 mm (1.1/4")	34,9 mm (1.3/8")	38,1 mm (1.1/2")	41,3 mm (1.5/8")
0,35	3,5	5	15,6	65,4	97,8	139,7	190,7	249,6	316,5	388,8	471,3	561,6	660,0
0,70	7,0	10	22,1	92,5	138,3	197,5	269,7	353,0	447,6	549,9	666,5	794,3	933,3
1,05	10,5	15	27,0	113,3	169,4	241,9	330,3	432,4	548,2	673,4	816,3	972,8	1143,1
1,40	14,0	20	31,2	130,8	195,6	279,4	381,4	499,2	633,0	777,6	942,5	1123,3	1319,9
1,75	17,5	25	34,9	146,2	218,7	312,3	426,4	558,2	707,7	869,4	1053,8	1255,9	1475,7
2,11	21,1	30	38,3	160,5	240,2	342,9	468,2	612,9	777,1	954,6	1157,1	1379,0	1620,4
2,46	24,6	35	41,4	173,4	259,3	370,3	505,5	661,8	839,0	1030,8	1249,4	1489,0	1749,6
2,81	28,1	40	44,2	185,3	277,2	395,8	540,3	707,3	896,7	1101,7	1335,3	1591,4	1870,0
3,16	31,6	45	46,9	196,5	293,9	419,7	573,0	750,0	950,9	1168,3	1416,0	1687,6	1983,0
3,51	35,1	50	49,4	207,1	309,8	442,3	603,9	790,5	1002,2	1231,3	1492,4	1778,6	2089,9
3,86	38,6	55	51,8	217,1	324,8	463,9	633,3	829,0	1051,0	1291,2	1565,0	1865,2	2191,7
4,22	42,2	60	54,2	227,0	339,6	485,0	662,1	866,8	1098,9	1350,1	1636,4	1950,2	2291,6
4,57	45,7	65	56,4	236,3	353,5	504,7	689,0	902,0	1143,6	1404,9	1702,9	2029,5	2384,7
4,92	49,2	70	58,5	245,2	366,7	523,7	714,9	935,9	1186,6	1457,7	1766,9	2105,8	2474,3
5,27	52,7	75	60,5	253,7	379,6	542,0	739,9	968,6	1228,0	1508,7	1828,7	2179,4	2560,8
5,62	56,2	80	62,5	262,0	392,0	559,7	764,1	1000,3	1268,2	1558,0	1888,4	2250,6	2644,5
5,98	59,8	85	64,5	270,3	404,3	577,3	788,2	1031,8	1308,2	1607,1	1948,0	2321,6	2727,9
6,33	63,3	90	66,3	278,1	416,0	594,0	810,9	1061,6	1345,9	1653,5	2004,2	2388,5	2806,6
6,68	66,8	95	68,2	285,7	427,3	610,2	833,1	1090,5	1382,6	1698,6	2058,8	2453,7	2883,1
7,03	70,3	100	69,9	293,1	438,4	626,0	854,6	1118,7	1418,4	1742,5	2112,1	2517,1	2957,7
7,38	73,8	105	71,6	300,3	449,2	641,4	875,6	1146,2	1453,2	1785,4	2164,0	2579,0	3030,4

Fonte: Fabricante (2022)

Fase 2: Análise espacial da Distribuição dos hidrantes

Para a espacialização das informações foi utilizada a base cartográfica digital da Companhia de Saneamento do Pará (COSANPA), no formato DWG/CAD (desenho de objetos vetoriais). A base foi georreferenciada, com base no sistema de coordenadas geográficas, e Datum SIRGAS 2000, e convertida segundo a natureza de informação e de tipologia geométrica para o formato "shapefile" (SHP).

Os dados não cartográficos levantados foram espacializados utilizando software ArcGis 10.5, da *Environmental Systems Research Institute (ESRI)*, que permitiu a criação do banco de dados geográfico e a análise espacial da situação das estruturas urbanas de combate a incêndios.

Além disso, para análise da distribuição dos hidrantes urbanos, foi considerada a NBR 12.218:2017, que apresenta o Quadro 01, baseado no adensamento do tipo especial, define na área de cobertura um círculo com raio de 300m para cada hidrante

urbano, ou 600 metros entre os hidrantes, totalizando uma área protegida de $A = 282.735\text{m}^2$ por equipamento.

4.6 PROPOSTA DE DISTRIBUIÇÃO DOS PONTOS DE HIDRANTES URBANOS

Na última etapa da pesquisa foram apresentadas duas propostas de distribuição de pontos de hidrantes para a área urbana do município de Ananindeua, com base nas normas e legislações vigentes.

A primeira foi baseada na NBR 12.218, que determina a distância máxima entre hidrantes de 600m, que acarretará criação de vazios nas áreas de proteção de cada hidrante. Já na segunda proposta, será desenvolvida com o objetivo de eliminar os espaços vazios.

Com a determinação da quantidade de equipamentos em cada proposta, será realizado uma estimativa de custos para as propostas apresentadas. Para isso, foi utilizado o custo unitário por hidrante urbano de R\$ 28.790,00, valor proposto por Bizerra & Segantine (São Carlos-SP, 2018).

Além disso, foram propostas soluções alternativas, na impossibilidade de instalar hidrantes urbanos. Nessa etapa da pesquisa é preciso compreender como as áreas que não possuem sistemas de combate a incêndio podem ser mais bem atendidas no caso de alguma ocorrência.

5 RESULTADOS

5.1 NORMAS E LEGISLAÇÕES VIGENTES

Atualmente, a Norma mais utilizada para dimensionamento da rede de sistemas de hidrantes urbanos é a NBR 12.218 de 2017. Paralelamente cada Estado do país possui uma legislação própria no que tange regulamentações dos Corpos de Bombeiro, sendo assim cada Estado elabora, e aplica suas Normas Técnicas. No Estado do Pará, existe a Instrução Técnica 06 – Parte 1, a qual trata especificamente sobre hidrantes urbanos.

Para Ono (2000), as normas brasileiras que tratam sobre hidrantes urbanos são muito superficiais. Em estudo realizado sobre especificações e os modelos de hidrantes existentes em alguns países, o autor verificou algumas lacunas, como:

- Válvula primária e secundária para efeito de estanqueidade e manutenção do hidrante;
- Definição de mecanismo para drenagem da água acumulada no interior dos hidrantes após sua utilização;
- Definição de mecanismo de rompimento da coluna do hidrante em caso de choque de veículos;
- Procedimentos básicos para testes de desempenho mecânico do hidrante na produção;
- Procedimento para aceitação do produto;
- Procedimentos para verificação de desempenho do hidrante quando instalado na rede;
- Procedimentos de manutenção de hidrantes e seus componentes instalados etc.

Em contrapartida, no início do ano de 2022, entrou em vigor a Lei ordinária nº 9.234 de 24 de março de 2021 no Estado do Pará, que institui o Código Estadual de Segurança contra Incêndios e Emergências. Na sua Seção II, Art. 37, que trata sobre hidrantes urbanos é descrito que:

Os municípios deverão ser dotados de hidrantes urbanos **de forma planejada pelo Corpo de Bombeiros Militar do Pará**, levando em conta parâmetros, na forma de matriz de risco de incêndio ficada pela Corporação Bombeiro-Militar, que indiquem a maior vulnerabilidade de sinistros dentro do

município, conforme prescrições contidas no regulamento desta Lei ((PARÁ, 2021).

Porém, a responsabilidade pela instalação e manutenção da rede de hidrantes urbanos do Município de Ananindeua é da Companhia de Saneamento do Pará (COSANPA), de acordo com as diretrizes estabelecidas pelo Corpo de Bombeiros Militar do Pará, conforme indicado na Lei 9.234 de 2021.

Neste sentido, qualquer dimensionamento que seja orientado pela NBR 12.218 fica “travado”, visto que a Lei orienta que esta definição seja feita em conjunto com o Corpo de Bombeiros Militar do Pará e usando como base uma matriz de risco.

A única matriz de risco desenvolvida pelo Corpo de Bombeiros, é a matriz presente na Instrução Técnica (IT) 01 – Parte I – Exigências Das Medidas De Segurança Contra Incêndio e Emergências, conforme quadro abaixo;

Quadro 04 – Classificação quanto ao risco de incêndio e emergências de acordo com a IT 01

MATRIZ DE RISCO DE INCÊNDIO E EMERGÊNCIAS			
Número de ocupantes (população)	Carga de Incêndio		
	Até 300MJ/m²	Acima de 300 até 1.200MJ/m²	Acima de 1.200MJ/m²
Até 500	Risco Baixo	Risco Médio	Risco Alto
Acima de 500 até 1000	Risco Médio	Risco Médio	Risco Alto
Acima de 1000	Risco Alto	Risco Alto	Risco Alto

Fonte: CBMPA (2019)

No entanto, essa matriz de risco é utilizada para definir as soluções dos sistemas de proteções de combate a incêndio para edificações, e não teria como ser utilizada para dimensionar hidrantes urbanos. Sendo assim a definição acaba sendo empírica, sem embasamento normativo.

Outro fator importante, é que não basta o equipamento ser instalado na rede se ele não possui condições para operação, isso se dá muitas vezes por falta de manutenção do sistema. Porém, na fase de implantação deve-se tomar o cuidado de atender os parâmetros de projeto, conforme indica a Instrução Técnica Nº 06:

5.3.5 Os hidrantes urbanos, desta forma, devem ser instalados até que toda a área urbana e distritos do município sejam totalmente atendidos por este benefício, após o que ele pode ser estendido à área rural.

5.3.9 A instalação de que trata o item 5.3.5 deve ser feita em redes de, no mínimo, 150 mm de diâmetro.

5.3.9.1 No município com população de até 100.000 habitantes, excepcionalmente, deve ser aceita a instalação de hidrantes urbanos em redes de diâmetro mínimo de 100 mm, desde que as redes sejam existentes (CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO PARÁ, 2019).

5.2 LEVANTAMENTO DAS CONDIÇÕES DE INSTALAÇÃO DOS HIDRANTES URBANOS EXISTENTES

No levantamento de dados secundário, permitiu-se a elaboração do diagnóstico preliminar da situação dos hidrantes urbanos existentes na área de estudo, que se limita aos bairros do município de Ananindeua-PA.

No atlas de projetos do Plano diretor, que se encontra em revisão, é destacado o projeto prancha Nº 71 – Equipamentos de segurança, onde é possível identificar a localização dos hidrantes urbanos de Ananindeua, porém constam no Plano diretor o total de 14 pontos de hidrantes urbanos.

Em levantamento prévio realizado junto à equipe do Corpo de Bombeiros foi obtido registro fotográfico, além do relatório contendo os principais dados dos hidrantes existentes, onde:

- Total de hidrantes vistoriados e em funcionamento: 13
- Total de hidrantes inexistentes: 4

O relatório do Corpo de Bombeiros também não possui dados qualitativos, sendo a inspeção realizada de maneira visual, e relatados os valores de pressão de forma “100%” visual, sem o uso de equipamento próprio para verificação de pressão. Isso se dá pela falta de equipamentos para realizar as medições, como pode ser visto na Figura 14.

Figura 14 – Relatório das condições dos hidrantes urbanos de Ananindeua, desenvolvido pelo CBMPA

HIDRANTES OPERANTE NA CIDADE NOVA



ENDEREÇO: CIDADE NOVA 4, WE 41; ENTRE SN – 17 E PASSARELA. AO LADO DO POSTO DE SAÚDE.

BAIRRO: COQUEIRO.

SITUAÇÃO: FUNCIONANDO COM 100% DE PRESSÃO.

OBS.: ABRE COM A CHAVE T SEM LUVA.



ENDEREÇO: CIDADE NOVA 5, WE 57; ESQUINA COM A PASSARELA.

SITUAÇÃO; FUNCIONANDO COM PRESSÃO 100 %.

OBS.: ABRE COM CHAVE T SEM LUVA.

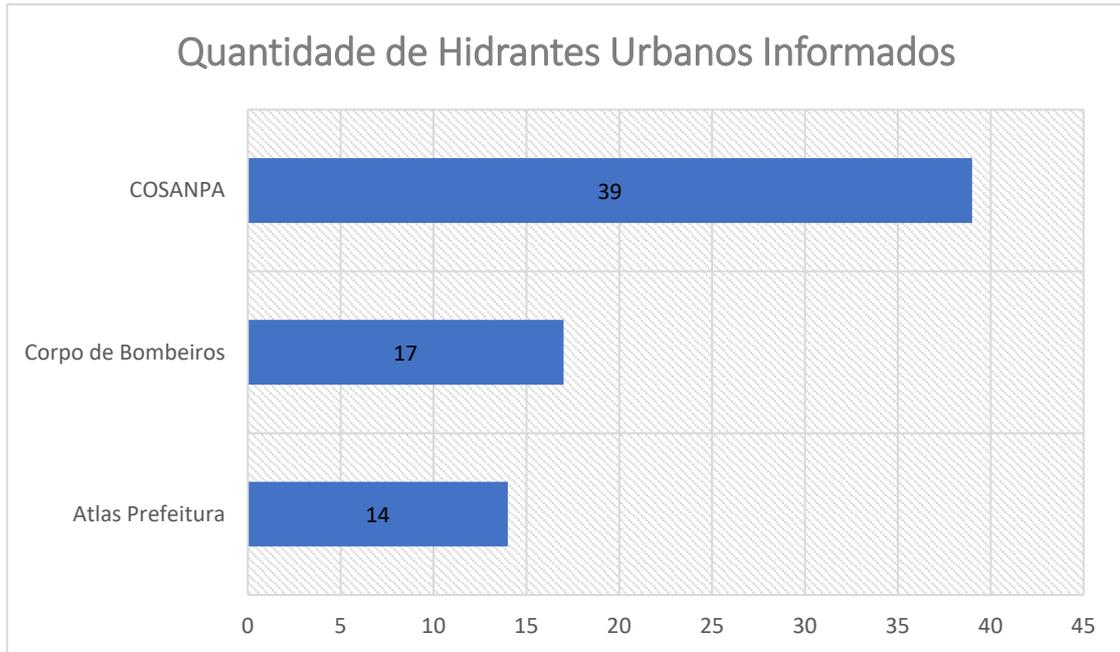
Fonte: Educação ... (2022)

Também foram coletadas informações junto à COSANPA, que forneceu a base cartográfica, e que segundo informações dos técnicos, não sofre grandes atualizações desde 2013.

De acordo com a COSANPA, existem 39 pontos de hidrantes urbanos em Ananindeua-PA, sendo essa, a base de dados utilizada como orientação nas visitas *in loco*, para coleta de dados primários.

Sendo assim, fica representado no gráfico 01, o resumo dos levantamentos secundários:

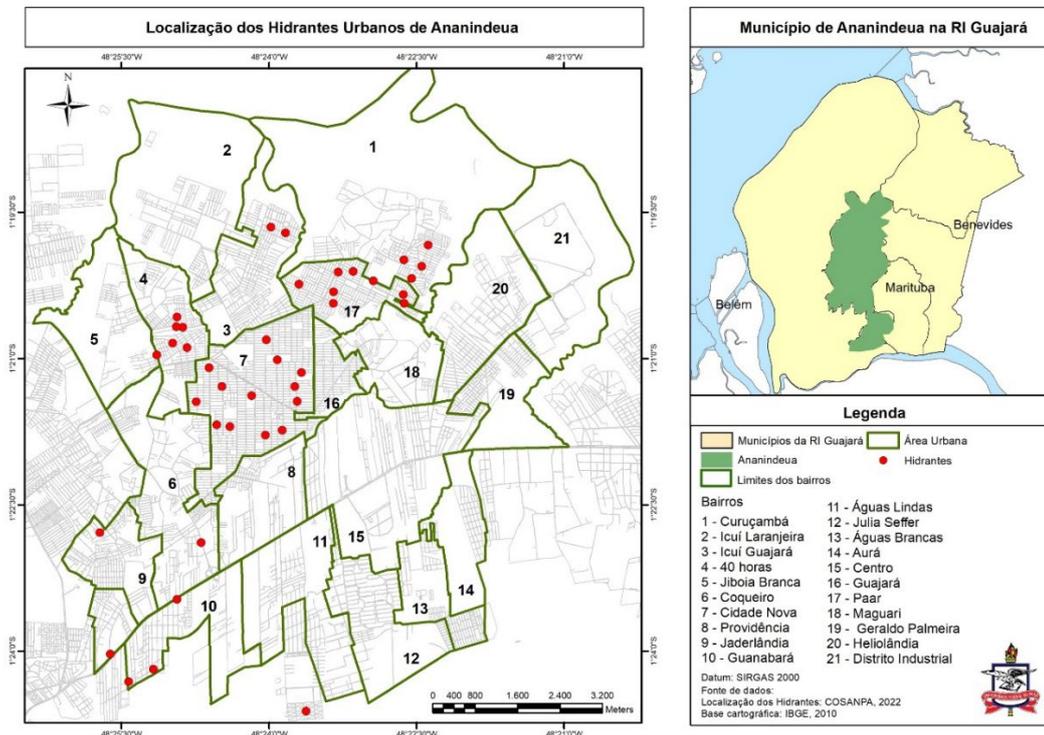
Gráfico 01– Gráfico quantificação dos hidrantes.



Fonte: Autor, 2023.

No Mapa 02 é representada a localização dos pontos de hidrantes urbanos fornecida pela COSANPA.

Mapa 02 – Localização dos Hidrantes Urbanos de Ananindeua-PA, segundo a COSANPA



Após a espacialização desses hidrantes, percebe-se que a quantidade de hidrantes atende de forma parcial a proteção de alguns bairros de Ananindeua, inclusive deixando alguns bairros completamente desprotegidos por falta desses equipamentos.

Após o levantamento de dados secundários, e de posse da base de dados da COSANPA, foi realizada a coleta de dados *in loco*, sendo conferido os seguintes itens:

- a localização dos equipamentos;
- as condições de manutenção;
- e as medições qualitativas de pressão e vazão desses equipamentos.

Essas atividades resultaram na confecção do Quadro 05:

Quadro 05 – Dados dos hidrantes urbanos encontrados na área urbana do município de Ananindeua-PA

Continua...

Nº Hidrante	Endereço	Bairro	Em Operação?	Pintura	Teste P. Tubo Pitot kgf/cm ²	OBS
H-01	Av. Moça Bonita esq. Avenida Primeiro de Dezembro	Guanabara	NÃO	NÃO	0,00	Hidrante enterrado sem acesso ao registro
H-02	R. Jardim Esmeralda esq. Passagem São José	Guanabara	NÃO	NÃO	0,00	Hidrante enterrado sem acesso ao registro
H-03	Q. Três - Conj. Verdejante I esq. tv. Terceira	Águas Lindas	-	-	-	Hidrante não encontrado
H-04	Rod. Bernardo Sayão esq. Jardim Brasília	Guanabara	-	-	-	Hidrante não encontrado
H-05	Rod. Mario Covas esq. Alameda Santana	Coqueiro	NÃO	NÃO	0,00	Hidrante enterrado sem acesso ao registro
H-06	R. Haroaldo Veloso esq. Rod. Transcoqueiro	Jaderlandia	NÃO	NÃO	0,00	Sem acesso ao registro de abertura
H-07	Passagem Bons Amigos esq. Av. Gov. Hélio Gueiros	40 horas	NÃO	NÃO	0,00	Hidrante enterrado sem acesso ao registro
H-08	R. Ayrton Sena esq. 28 de agosto	40 horas	SIM	NÃO	2,29	
H-09	R. Manoel Pioneiro esq. Av. Independência	40 horas	NÃO	NÃO	0,00	Hidrante sem acesso ao registro e sem tampão
H-10	Av. Principal esq. Q. 20	40 horas	SIM	NÃO	0,51	
H-11	Av. Principal esq. Q. 20	40 horas	NÃO	NÃO	0,00	Sem acesso ao registro de abertura

Continua...

Nº Hidrante	Endereço	Bairro	Em Operação?	Pintura	Teste P. Tubo Pitot kgf/cm ²	OBS
H-12	Cj. Sabiá, Tv. Segunda esq. R. Quinta	40 horas	SIM	NÃO	2,29	
H-13	R. Providencia esq. WE 51	Cidade Nova	NÃO	NÃO	0,00	Hidrante enterrado sem acesso ao registro
H-14	Tv. A, WE 44	Cidade Nova	NÃO	NÃO	0,00	Hidrante enterrado sem acesso ao registro
H-15	R. C, WE 39	Cidade Nova	NÃO	NÃO	0,00	Hidrante sem os tampões de vedação.
H-16	Tv. WE 41, prox. Av. Dr. Donato Sanova	Cidade Nova	NÃO	NÃO	0,00	Hidrante sem acesso ao registro
H-17	Tv. WE 29, Casa N° 92	Cidade Nova	-	-	-	Hidrante não encontrado
H-18	Tv. WE 30	Cidade Nova	SIM	NÃO	0,41	
H-19	Tv. Sn 18 esq. WE 26	Cidade Nova	-	-	-	Hidrante não encontrado
H-20	Tv. Sn 19 WE 27	Cidade Nova	NÃO	NÃO	0,00	Hidrante enterrado sem acesso ao registro
H-21	WE 57, Sn 20	Cidade Nova	NÃO	NÃO	0,00	Registro chave T danificado, hidrante com vazamento permanente
H-22	WE 63, Sn 20	Cidade Nova	NÃO	NÃO	0,00	Hidrante sem os tampões de vedação.
H-23	WE 68, Casa N° 1062	Cidade Nova	-	-	-	Hidrante não encontrado
H-24	WE 72 esq. Sn 23	Cidade Nova	-	-	-	Hidrante não encontrado
H-25	WE 80 Casa N° 511	Cidade Nova	-	-	-	Hidrante não encontrado
H-26	R. Castanhal esq. Av. Tapajós	PAAR	SIM	NÃO	0,25	
H-27	Cj. Paar, Av. Rio Negro (quartel da PM)	PAAR	SIM	SIM	0,76	
H-28	AV. BELEMSQUINA COM RIO TAPAJOS	PAAR	SIM	NÃO	0,25	
H-29	Av. Arterial 5b esq. Avenida Solimões	PAAR	NÃO	NÃO	0,00	Hidrante sem acesso ao registro
H-30	Av. Rio Amazona esq. Tv. Santarem	PAAR	SIM	NÃO	1,17	
H-31	Av. Manaus esq. Independência	PAAR	NÃO	NÃO	0,00	Hidrante sem os tampões de vedação.
H-32	Av. Rio Amazonas esq. Com Av. Manacapuru	PAAR	NÃO	NÃO	0,00	Hidrante enterrado sem acesso ao registro
H-33	R. do Porto esq. Passagem Um de Abril	PAAR	NÃO	NÃO	0,00	Hidrante necessita manutenção
H-34	Passagem Boa Esperança esq. Av. Porto Grande	Curuçambá	NÃO	NÃO	0,00	Hidrante sem acesso ao registro
H-35	R. Novo Paraíso esq. R. Baraúna	Curuçambá	NÃO	NÃO	0,00	Hidrante sem acesso ao registro
H-36	Est. Do curuçambá esq. Calçoene	Curuçambá	NÃO	NÃO	0,00	Hidrante sem acesso ao registro
H-37	Av. Tumucumaque esq. Av. Rio Baraúna	Curuçambá	NÃO	NÃO	0,00	Hidrante enterrado sem acesso ao registro
H-38	WE 3 esq. Sn 9	Icui Guajará	NÃO	NÃO	0,00	Hidrante sem acesso ao registro

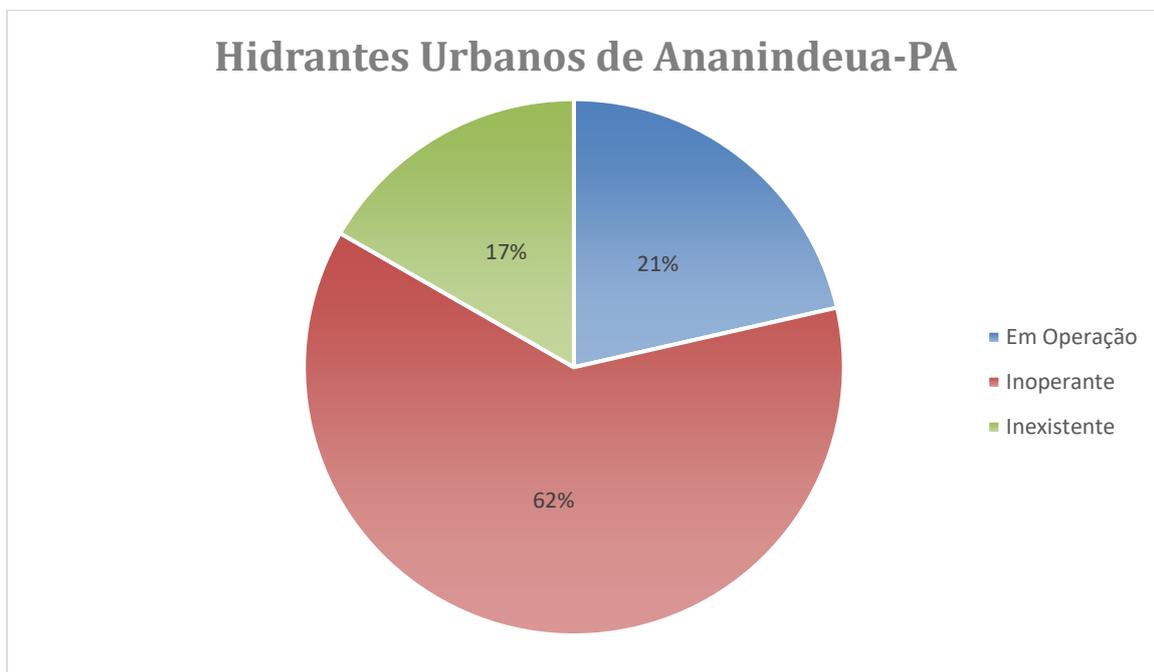
Conclusão

Nº Hidrante	Endereço	Bairro	Em Operação?	Pintura	Teste P. Tubo Pitot kgf/cm ²	OBS
H-39	WE 03 esq. Paulo Fonteles	Icui Guajará	NÃO	NÃO	0,00	Hidrante sem acesso ao registro
H-40	CN 5, Sn 23 - WE 59	Cidade nova	SIM	SIM	0,25	
H-41	COND. Residencial Super Life	40 horas	NÃO	SIM	0,00	Hidrante Privado
H-42	Cj. Julia Sefer, R. 6 A esq. Coletora Leste	Águas Lindas	NÃO	NÃO	0,00	Hidrante sem acesso ao registro

Fonte: Autor (2022)

Nota-se que muitos dos hidrantes não estão em operação por diversos motivos, como falta de acessórios e/ou falta de manutenção, sendo representados conforme o gráfico 02.

Gráfico 02– Distribuição dos hidrantes urbanos existentes



Fonte: Autor, 2023.

No Quadro 06, listou-se somente os hidrantes em funcionamento e que de fato puderam ser submetidos a testes de pressão e vazão (9 hidrantes).

Quadro 06 – Dados dos hidrantes urbanos em funcionamento na área urbana do município de Ananindeua-PA

Nº Hidrante	Endereço	Bairro	Em Operação?	Pintura	Teste P. Tubo Pitot (kgf/cm ²)
H-08	R. Ayrton Sena esq. 28 de agosto	40 horas	SIM	NÃO	2,29
H-10	Av. Principal esq. Q. 20	40 horas	SIM	NÃO	0,51
H-12	Cj. Sabiá, Tv. Segunda esq. R. Quinta	40 horas	SIM	NÃO	2,29
H-18	Tv. WE 30	Cidade Nova	SIM	NÃO	0,41
H-26	R. Castanhal esq. Av. Tapajós	PAAR	SIM	NÃO	0,25
H-27	Cj. Paar, Av. Rio Negro (quartel da PM)	PAAR	SIM	SIM	0,76
H-28	AV. BELEM ESQUINA COM RIO TAPAJOS	PAAR	SIM	NÃO	0,25
H-30	Av. Rio Amazona esq. Tv. Santarem	PAAR	SIM	NÃO	1,17
H-40	CN 5, Sn 23 - WE 59	Cidade nova	SIM	SIM	0,25

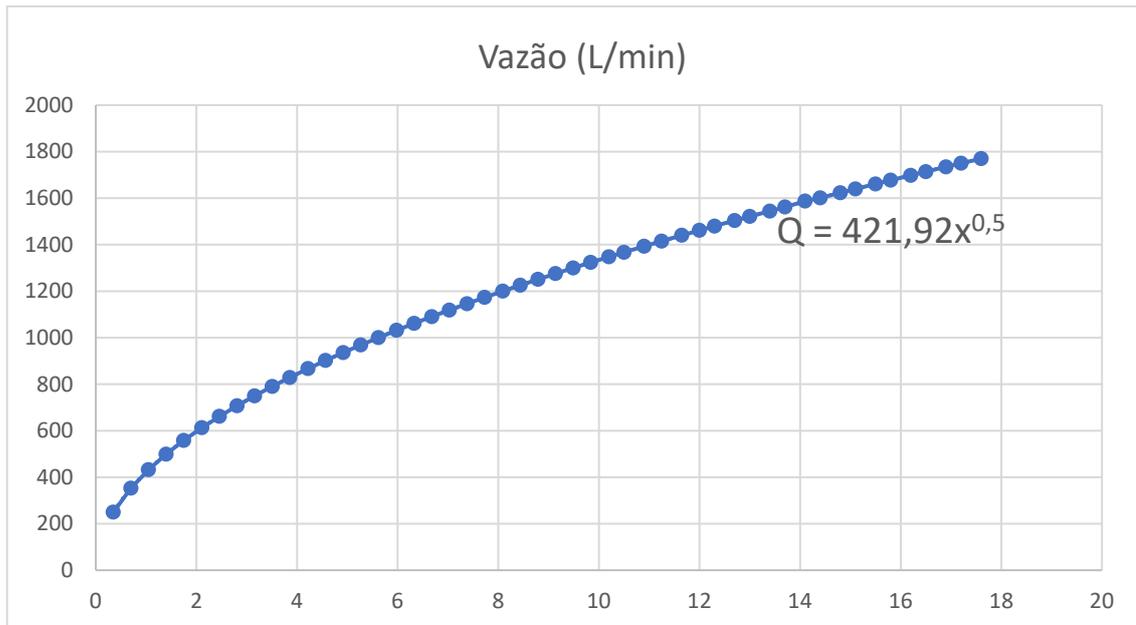
Fonte: Autor, 2023.

Para determinação das vazões de acordo com as pressões verificadas durante os testes, foi utilizada, como base, a tabela para conversão de pressão em vazão do fabricante. Porém, essa tabela não possui os valores de pressão obtidos nos levantamentos *in loco*. Assim, foi utilizado o software Microsoft Excel e, após plotagem gráfica dos valores fornecidos pelo fabricante, foi gerado o Gráfico 03 de dispersão e uma curva de tendência do tipo potência, sendo utilizado para obter os valores de vazão de acordo com as pressões conferidas, sendo;

Q = vazão a ser obtida

X = pressão obtida no tubo pitot.

Gráfico 03– Gráfico de dispersão fabricante



Fonte: Autor, 2023.

Após plotagem gráfica, foi possível extrair a seguinte Equação 02, que pode ser utilizada para realizar a conversão exata das pressões lidas em campo na vazão correspondente:

$$Q = 421,92x^{0,5} \quad (2)$$

No Quadro 07, está representado apenas os dados dos hidrantes em funcionamento, com suas respectivas pressões e vazões.

Quadro 07 – Conversão de pressão em vazão.

Nº Hidrante	Endereço	Bairro	Teste P. Tubo Pitot (kgf/cm²)	Vazão (l/min)
H-08	R. Ayrton Sena esq. 28 de agosto	40 horas	2,29	638,86
H-10	Av. Principal esq. Q. 20	40 horas	0,51	301,16
H-12	Cj. Sabiá, Tv. Segunda esq. R. Quinta	40 horas	2,29	638,86
H-18	Tv. WE 30	Cidade Nova	0,41	269,37
H-26	R. Castanhal esq. Av. Tapajós	PAAR	0,25	212,95
H-27	Cj. Paar, Av. Rio Negro (quartel da PM)	PAAR	0,76	368,85
H-28	AV. BELEM ESQUINA COM RIO TAPAJOS	PAAR	0,25	212,95
H-30	Av. Rio Amazona esq. Tv. Santarem	PAAR	1,17	456,74
H-40	CN 5, Sn 23 - WE 59	Cidade nova	0,25	212,95

Fonte: Autor, 2023.

Após conversão dos dados de pressão em vazão, pode-se perceber que os valores atendem parcialmente o que exige as Normas.

Na NBR 12.218, exige vazões que podem variar de 360l/m até 2.000l/m, podendo essas vazões sendo ajustadas conforme ocupação da área (residencial, industrial, mistas com hospitais, shopping, ...). Já na Instrução Técnica 06 do Estado do Pará, exige para os hidrantes urbanos vazões mínimas de 1.000l/m até 2.000l/m, tornando assim todos os hidrantes urbanos, mesmo os que estão em operação ineficientes.

Após o levantamento *in loco*, foi possível identificar uma divergência nas informações fornecidas inicialmente pela COSANPA, e as informações existentes *in loco*, conforme relacionado na Tabela 02, onde são apresentados os dados de área urbana por bairro do município de Ananindeua, e o número de hidrantes existentes e em operação.

Tabela 02 – Área urbana e número de hidrantes por bairros do município de Ananindeua

Continua...

Bairros	Área Urbana (M ²)	Nº de Hidrantes Apontados pela COSANPA	Nº De Hidrantes Existentes (Vistoria <i>In Loco</i>)	Nº de Hidrantes Em Operação
40horas	2.754.409,44	7	7	3
Águas-Branças	1.880.000,22	0	0	0
Águas-Lindas	4.326.410,69	2	1	0
Atalaia	898.592,91	0	0	0
Aurá	2.190.496,54	0	0	0
Centro	7.050.667,58	0	0	0
Cidade-Nova	5.453.989,55	14	9	2
Coqueiro	5.015.545,58	1	1	0
Curuçambá	12.531.387,23	4	4	0
Distrito-Industrial	5.664.456,60	0	0	0
Geraldo-Palmeira	2.542.913,02	0	0	0
Guajará	1.196.589,47	0	0	0
Guanabara	2.943.814,47	3	2	0
Heliolândia	4.309.712,64	0	0	0
Icui-Guajará	3.891.331,58	2	2	0
Icui-Laranjeira	6.920.157,71	0	0	0
Jardelândia	2.210.836,62	1	1	0

Conclusão

Bairros	Área Urbana (M ²)	Nº de Hidrantes Apontados pela COSANPA	Nº De Hidrantes Existentes (Vistoria <i>In Loco</i>)	Nº de Hidrantes Em Operação
Jiboia-Branca	3.573.473,20	0	0	0
Julia-Sefer	3.445.747,28	0	0	0
Maguari-Cajuí	2.530.787,81	0	0	0
Paar	2.173.968,91	8	8	4
Providência	2.849.891,08	0	0	0
Total		42	35	9

Fonte: Autor, 2023.

Após a verificação *in loco* de todos os hidrantes listados, foi possível verificar os seguintes itens, conforme Figura 15;

- hidrantes foram removidos da rede;
- Hidrantes não são vistoriados ou mantidos;
- Rede de abastecimento apresenta baixa pressão;
- Rede de abastecimento apresenta qualidade da água muito suja, contendo muitos detritos e/ou corpos estranhos no interior da tubulação
- O acesso a válvula de abertura dos hidrantes quase sempre está vedado, provavelmente pela população (que faz reparos nas calçadas)
- Muitos hidrantes estão enterrados totalmente ou parcialmente.

Figura 15 – Levantamento dos hidrantes





Fonte: Autor, 2023.

5.3 ANÁLISE ESPACIAL DA DISTRIBUIÇÃO DOS HIDRANTES URBANOS DE ANANINDEUA

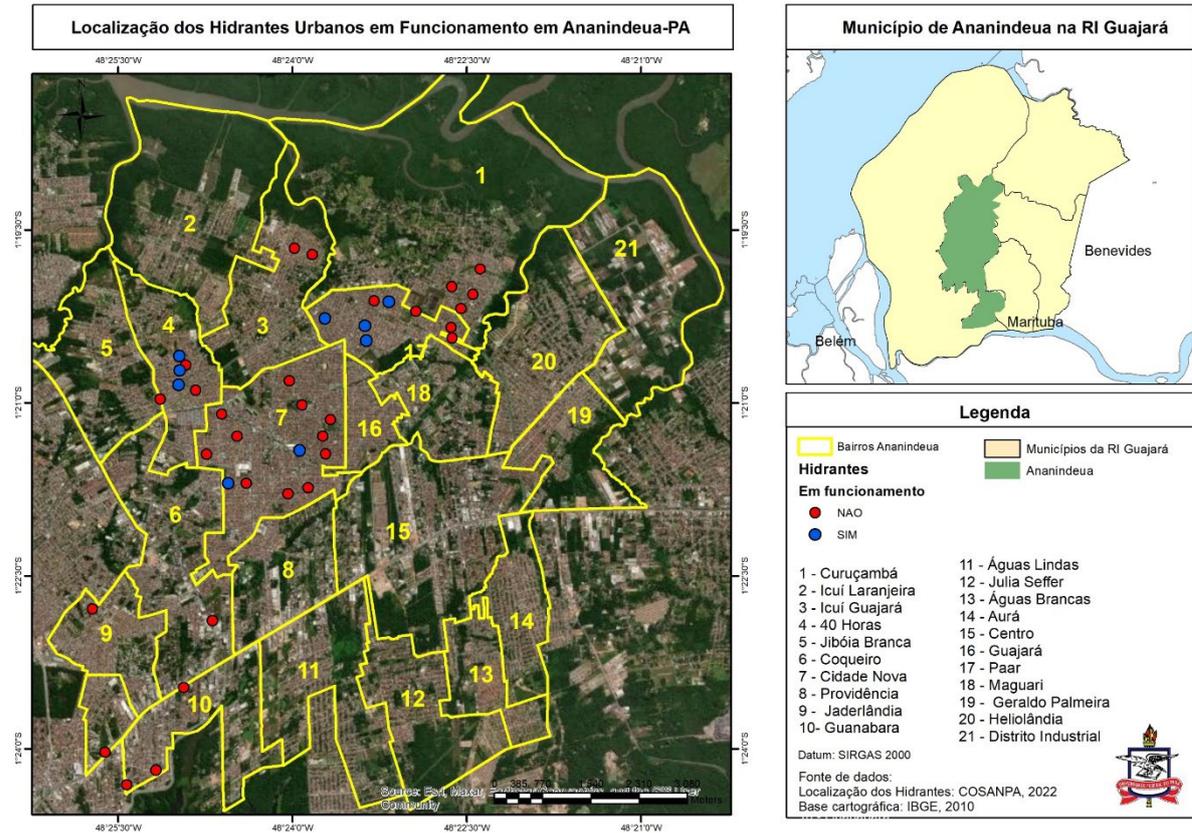
Para realizar a análise espacial da distribuição dos hidrantes urbanos em Ananindeua foi utilizada a base de dados fornecida pela COSANPA, que contém o maior número de equipamentos listados, totalizando 39 pontos (Mapa 02). A partir desse mapa foram identificados, *in loco*, os hidrantes em funcionamento e os que estão fora de operação.

Além disso, foi possível verificar que existe uma divergência de quantidades e da localização dos hidrantes urbanos, seja por endereços errados, ou mesmo por inexistência desses equipamentos. Ainda foi possível identificar a existência de outros equipamentos que não estavam relacionados em nenhum levantamento feito anteriormente.

Assim, dos 39 pontos de hidrantes indicados pela COSANPA, foram encontrados 35 hidrantes, sendo 9 hidrantes em funcionamento e 26 fora de operação. No Mapa 03 é representada a localização dos hidrantes urbanos existentes no município de Ananindeua, sendo representados em dois grupos:

- Vermelhos – Hidrantes existentes, mas fora de operação
- Azuis – Hidrantes existentes, e em funcionamento.

Mapa 03 – Hidrantes em funcionamento e fora de operação em Ananindeua-PA

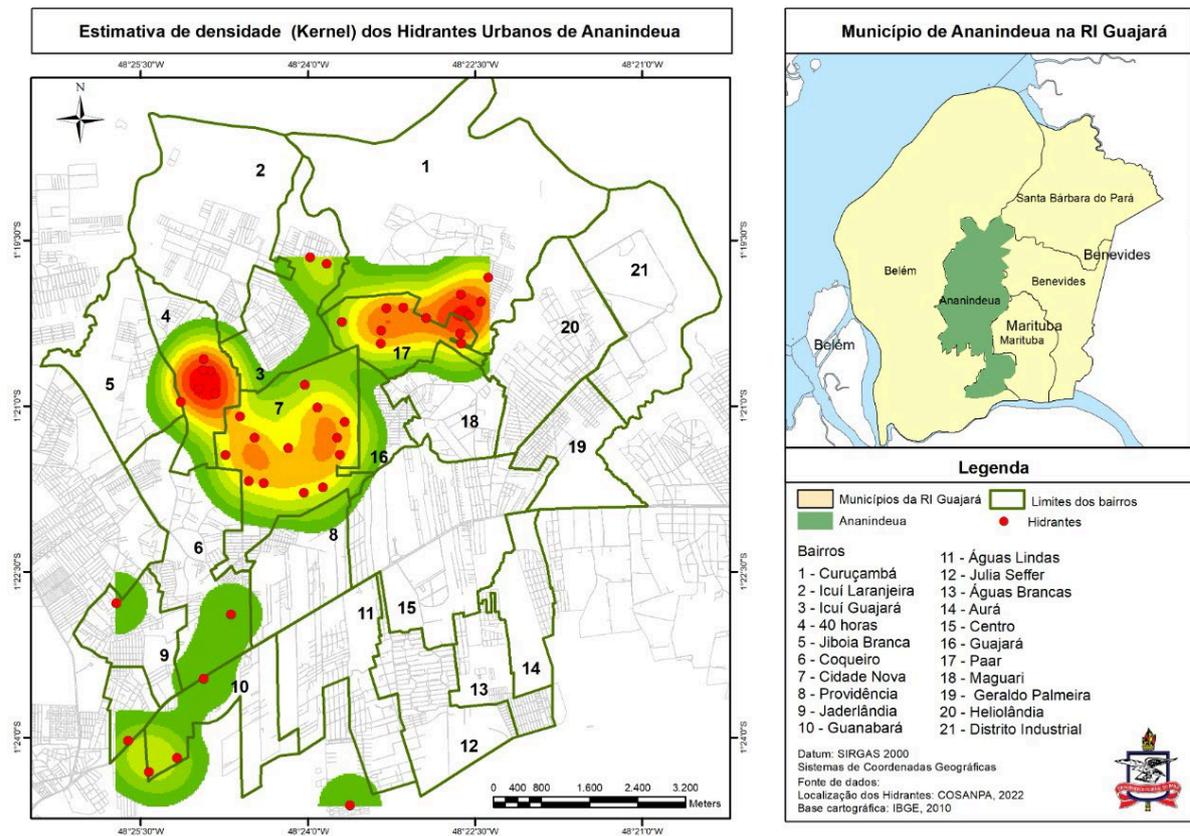


Fonte: Autor, 2023.

Para a análise da distribuição dos hidrantes existentes, foi realizada a estimativa de densidade dos pontos de hidrantes, por meio da metodologia de densidade de Kernel, que representa a localização de maior concentração dos pontos, utilizando o software Arcgis 10.5, da ESRI.

No Mapa 04 é representada a estimativa de densidade dos pontos de hidrantes existentes, considerando os equipamentos em funcionamento e os fora de operação.

Mapa 04 – Estimativa de densidade de todos os pontos de hidrantes urbanos existentes em Ananindeua por meio da metodologia de Kernel.

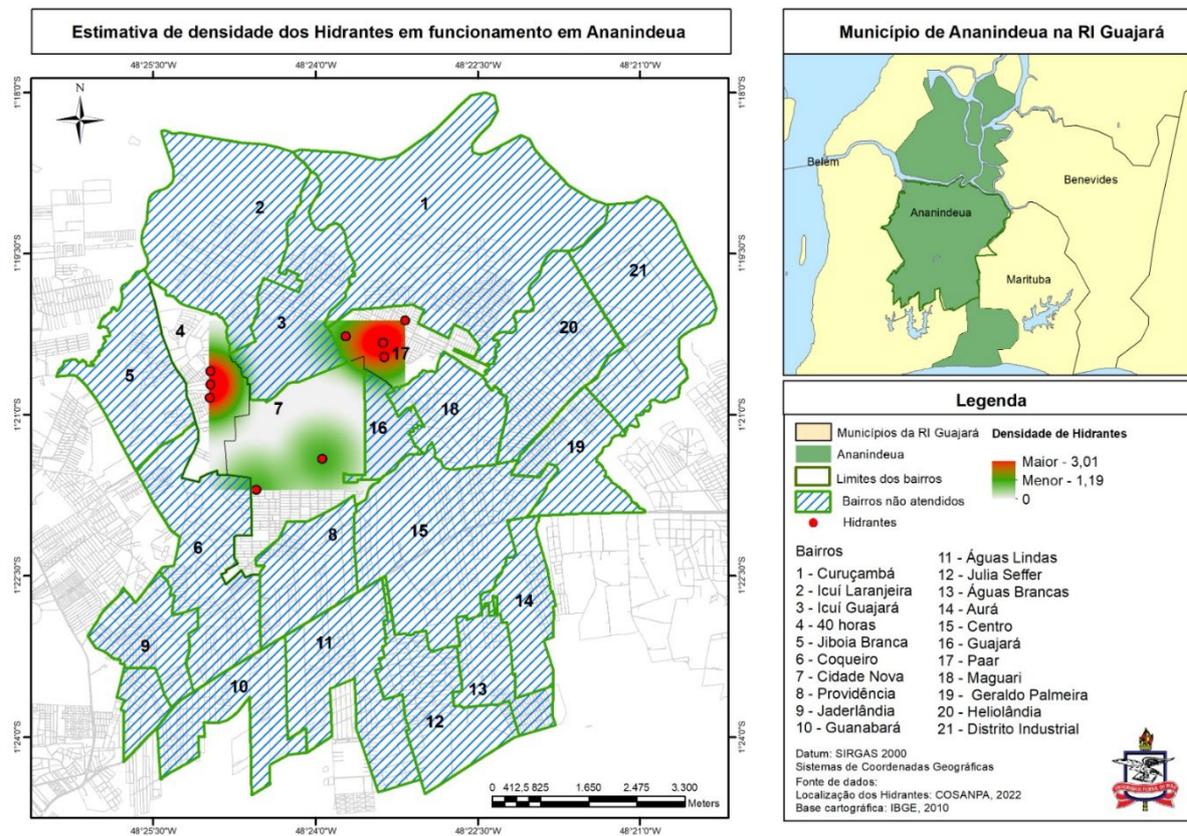


Fonte: Autor, 2023.

Dos 35 hidrantes existentes representados no mapa anterior, 26 estão fora de operação, devido a condições inadequadas de manutenção, restando somente 9 hidrantes em funcionamento. O problema parece ser comum, pois corrobora com Campos & Oliveira (2018) e Santos (2017) quando identificam vazão insuficiente, ausência de água, falta de tampões e flanges, etc. ou quando não possuem nenhum dos requisitos obrigatórios previstos em legislação, além de reafirmado por Nobre, Frota e Coelho (2010), quando afirmam que o vandalismo ocasiona danos incalculáveis à sociedade. Toda essa verificação evidencia a falta de fiscalização e manutenção dos órgãos públicos, o que ocasionará em um prejuízo maior para a população seja por mortes ou ferimentos, ou mesmo pela perda material. Isso poderia ser evitado se as vistorias e manutenções estivessem sendo realizados, conforme está descrito na Lei 9.234 de 2021.

No Mapa 05 é representada a estimativa de densidade dos 9 pontos de hidrantes existentes em funcionamento na área urbana do município de Ananindeua.

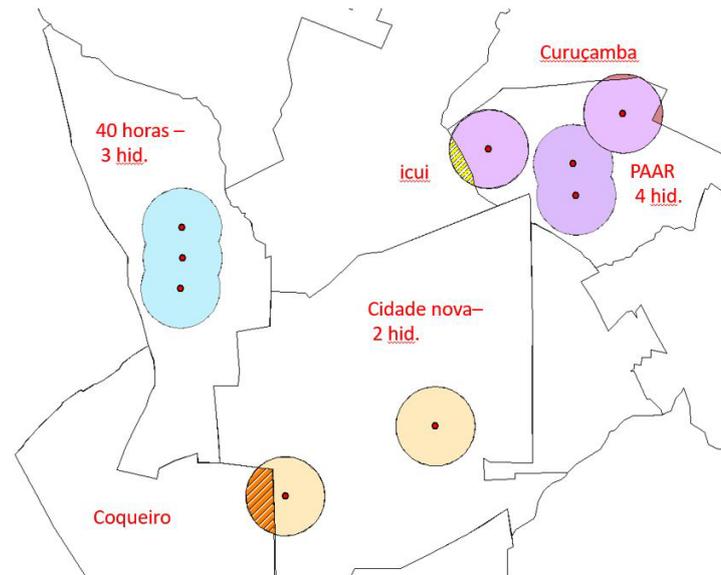
Mapa 05 – Estimativa de densidade dos pontos de hidrantes urbanos existentes em funcionamento em Ananindeua por meio da metodologia de Kernel.



Fonte: Autor, 2023.

Percebe-se ainda que além dos poucos pontos de hidrantes em funcionamento estão locados em apenas 3 bairros, sendo identificado através de hachura, os bairros que não possuem equipamentos em operação, não necessariamente desprotegidos, pois a área dos hidrantes acaba por se estender pelos bairros que não possuem equipamentos, conforme demonstrado na figura 16.

Figura 16 – Áreas de proteção dos hidrantes



Fonte: Autor, 2023.

Com base nesses dados, pôde ser gerado a tabela 03, onde indica as áreas protegidas de cada bairro.

Tabela 03 – Áreas protegidas dos bairros.

Continua...

Bairros	Área Urbana (m ²)	Nº de Hidrantes em operação	Área total protegida (m ²)	Área total desprotegida (m ²)
40horas	2.754.409,44	3	551.164,53	2.203.244,91
Águas-Branças	1.880.000,22	0	0	1.880.000,22
Águas-Lindas	4.326.410,69	0	0	4.326.410,69
Atalaia	898.592,91	0	0	898.592,91
Aurá	2.190.496,54	0	0	2.190.496,54
Centro	7.050.667,58	0	0	7.050.667,58
Cidade-Nova	5.453.989,55	2	477.983,10	4.976.006,45
Coqueiro	5.015.545,58	0	84.013,41	4.931.441,17
Curuçambá	12.531.387,23	0	15.405,26	12.515.981,97
Distrito-Industrial	5.664.456,60	0	0	5.664.456,60
Geraldo-Palmeira	2.542.913,02	0	0	2.542.913,02
Guajará	1.196.589,47	0	0	1.196.589,47
Guanabara	2.943.814,47	0	0	2.943.814,47
Heliolândia	4.309.712,64	0	0	4.309.712,64
Icuí-Guajará	3.891.331,58	0	29.972,89	3.861.358,69
Icuí-Laranjeira	6.920.157,71	0	0	6.920.157,71
Jardelândia	2.210.836,62	0	0	2.210.836,62

Conclusão

Bairros	Área Urbana (m ²)	Nº de Hidrantes em operação	Área total protegida (m ²)	Área total desprotegida (m ²)
Jiboia-Branca	3.573.473,20	0	0	3.573.473,20
Julia-Sefer	3.445.747,28	0	0	3.445.747,28
Maguari-Cajuí	2.530.787,81	0	0	2.530.787,81
Paar	2.173.968,91	4	924.817,03	1.249.151,88
Providência	2.849.891,08	0	0	2.849.891,08
Total	86.355.180,14	9	2.083.356,22	84.271.823,92

Fonte: Autor, 2023.

Para que o sistema seja satisfatório, os centros urbanos devem estar abastecidos de uma rede de distribuição de hidrantes efetiva e que obedeça de alguma forma o crescimento da região, porém o que atualmente ocorre é a distribuição inadequada dos hidrantes que não são instalados de acordo com o crescimento da região bem como a ausência de manutenção dos já instalados e a falta de vistorias regulares nos equipamentos.

Os hidrantes que permanecem em funcionamento não atendem de forma satisfatória a proteção do Município, já que a quantidade de equipamentos não consegue cobrir toda a área urbana da região, levando em consideração as distâncias mínimas regidas na NBR 12.218 de 2017, o qual exige um distanciamento de no máximo de 600 metros entre os hidrantes.

Percebe-se ainda que esses hidrantes possuem uma distribuição desigual e desuniforme, com maior densidade em alguns pontos e menor ou inexistente em outros, como foi representado no Mapa 05 através das “áreas quentes” ou *hotspots*. Essa situação ocorre, provavelmente, pela desconsideração de planejamento na distribuição desses equipamentos e/ou pelo crescimento desordenado. Mostrando assim a necessidade de distribuição e/ou instalação de novos hidrantes. Essa nova distribuição deve reduzir o tempo de retorno da viatura ao combate, e por conseguinte, evitar o constrangimento operacional gerado pela falta de água nas ocorrências, sendo reafirmado por Santos (2017).

Ainda é possível analisar que com o funcionamento de apenas 9 hidrantes passam a atender uma área inferior à 2,54Km² pois pela proximidade desses hidrantes, as áreas de proteção acabam se sobrepondo, condição que se repete e demonstra falta de gestão da quantidade de hidrantes instalados conforme afirma

Rosa & Silva (2016), e não tendo um melhor aproveitamento dos equipamentos que estão posicionados muito próximos como afirma Silva et al. (2016).

Deixando evidente a deficiência estrutural do sistema de proteção de combate à incêndio e, possivelmente colocando o patrimônio e a vida dos moradores desses bairros desprotegidos concordando com o pensamento de Bizerra & Segantine (2018).

Porém a NBR 12.218, diz que a distância máxima entre os hidrantes urbanos não deve exceder 600 metros, e não limita à distância mínima, criando assim redundância dos equipamentos e mais pontos de “áreas quentes”.

5.4 PROPOSTAS DE DISTRIBUIÇÃO DOS PONTOS DE HIDRANTES URBANOS UTILIZANDO SIG

Considerando os resultados da análise da distribuição de hidrantes em funcionamento na área urbana do município de Ananindeua-PA, e a necessidade de atendimento da demanda por esses equipamentos de combate a incêndio no Município, são apresentadas duas propostas de distribuição de novos hidrantes na área.

Vale ressaltar que foi considerada somente a área urbanizada do Município de Ananindeua, ou seja, foram excluídas as áreas de mata/vegetação. Lembrando ainda que cada hidrante com raio de 300 metros, abrange uma área de cobertura de 282.735m².

Cabe ainda dizer que, para o exemplo de investimento, foi utilizado como base o valor citado no trabalho de Bizerra & Segantine (2018), onde informou que “[...] com a finalidade de orçar o custo para implantação de um hidrante[...]” “[...] para esta situação a empresa, simulou um orçamento para a instalação com o custo de R\$ 28.790,00”.

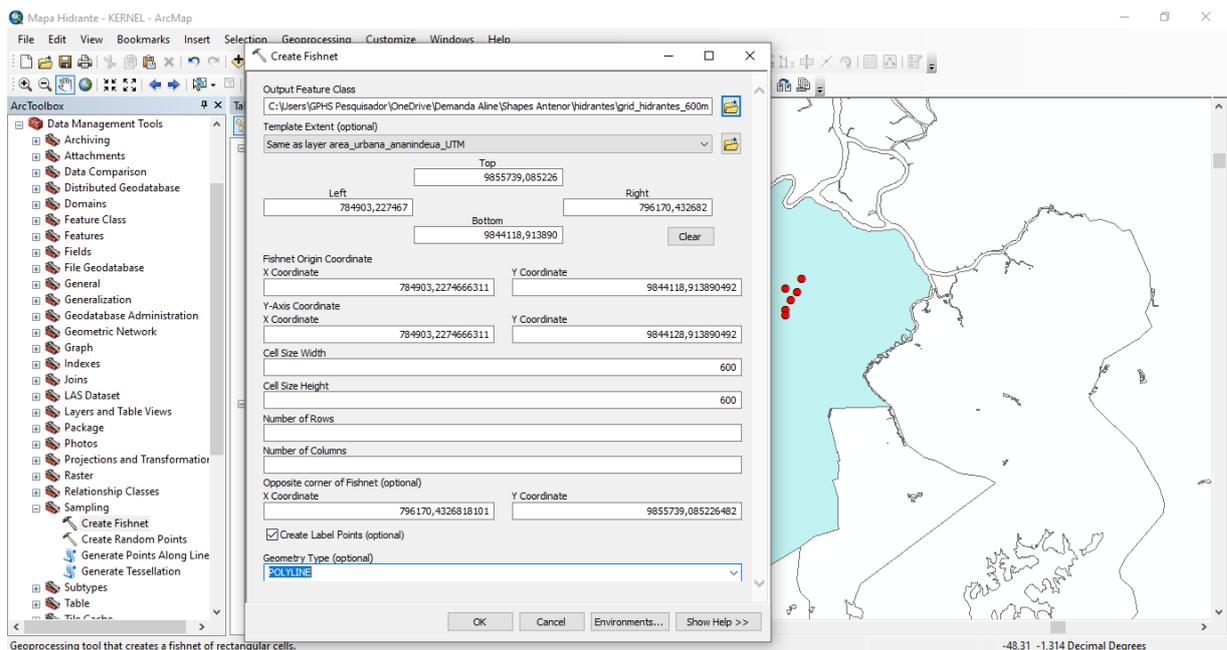
PROPOSTA 1: Proposta para distribuição com espaçamento e distanciamento entre os hidrantes de 600 metros, conforme NBR 12.218

Os novos pontos de hidrantes foram propostos com base na análise da distribuição espacial dos hidrantes existentes, e no disposto na NBR 12.218. Dessa forma, foi utilizada a ferramenta Create Fishnet, do software ArcGis 10.5, para criar

uma grade amostral para a área, com base na distancia entre os hidrantes (600m), conforme mostrado no passo a passo representado nas Figuras 17 e 18.

O arquivo shapefile utilizado para delimitar a área a ser preenchida pelos pontos deverá estar georreferenciado com base na projeção UTM.

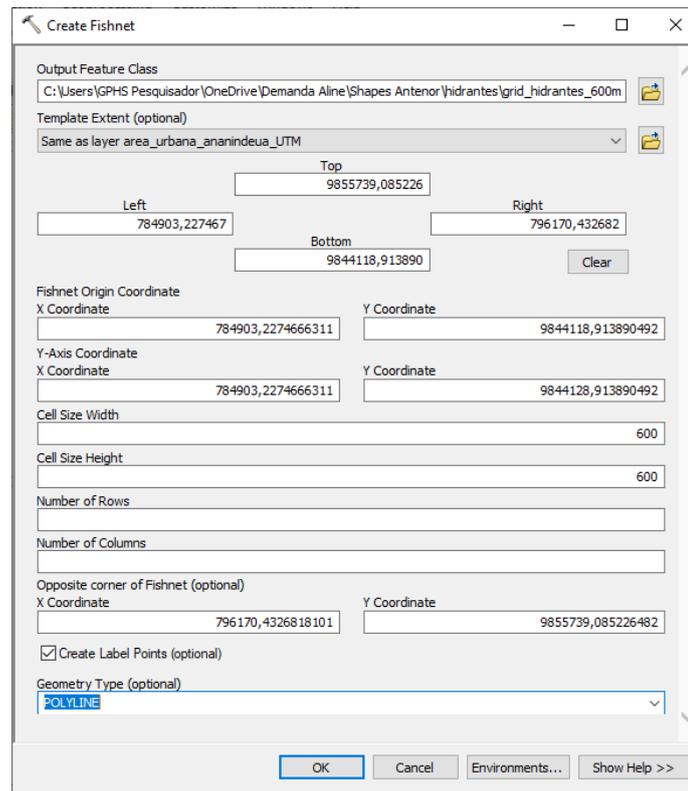
Figura 17 – Ferramenta Create Fishnet para criação de distribuição de pontos na área de estudo



Fonte: Autor, 2023.

Para a criação dos novos pontos de hidrantes foi considerada a distância de 600 metros entre eles, de acordo com a NBR 12.218, conforme ilustrado na Figura 18.

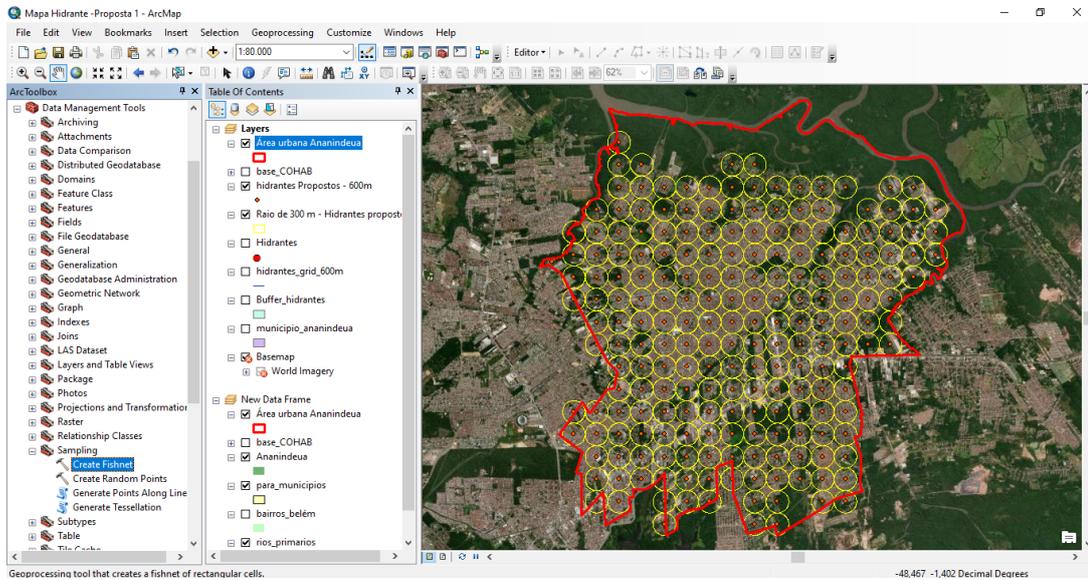
Figura 18 – Inserção dos parâmetros na Ferramenta Create Fishnet



Fonte: Autor, 2023.

Foram excluídos os pontos criados fora da área urbana de Ananindeua, e utilizada a ferramenta buffer para delimitar o raio de 300 metros a partir de cada ponto de hidrante proposto, e acordo com o descrito na NBR 12.218, e conforme representado na Figura 19.

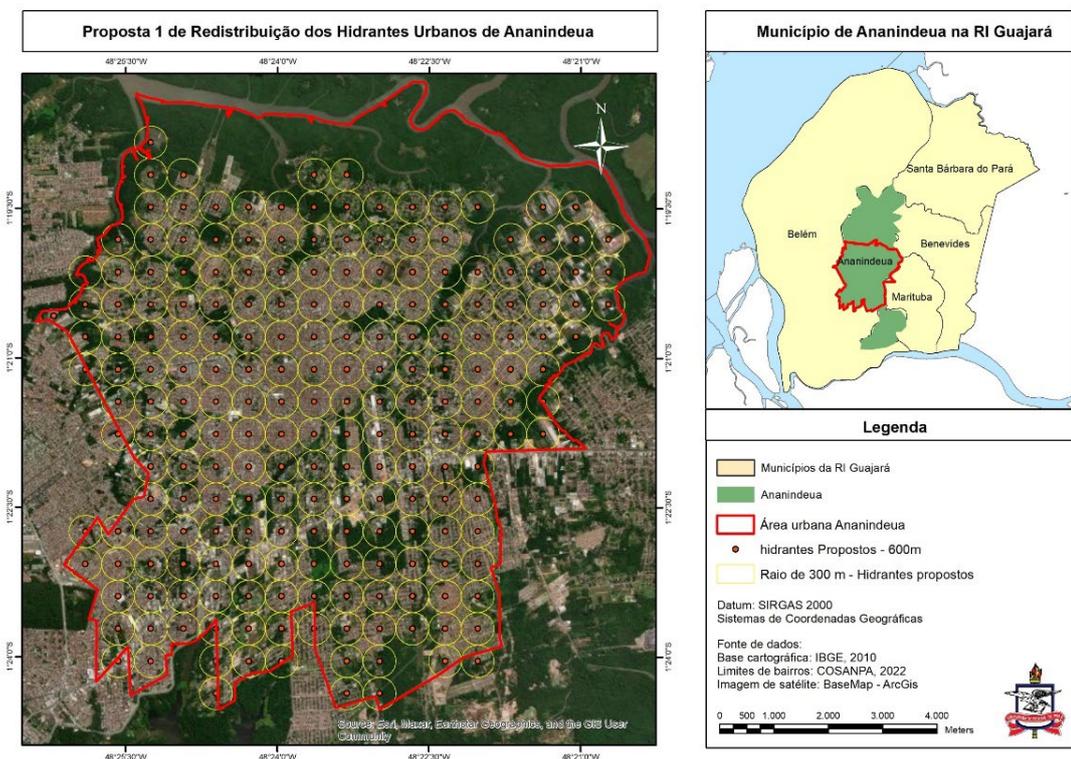
Figura 19 – Criação dos pontos de hidrantes e dos buffers na área urbanizada de Ananindeua-PA



Fonte: Autor, 2023.

No Mapa 06 são apresentados os pontos de hidrantes propostos para a área urbanizada de Ananindeua-PA.

Mapa 06 – Proposta 1 de distribuição de hidrantes para a área urbanizada de Ananindeua-PA (com vazios)



Fonte: Autor, 2023.

Nessa proposta pode-se perceber que mesmo atendendo as especificações e orientações da norma, ainda assim existem vazios que são presentes entre as áreas de abrangência dos hidrantes.

- total de hidrantes a ser implementados: 210
- total de custo estimado para implantação: R\$ 6.045.900,00

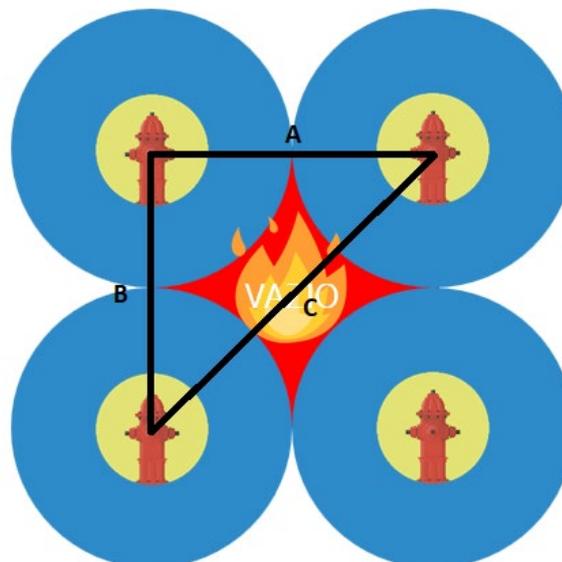
PROPOSTA 2: Proposta para distribuição com eliminação de áreas sem cobertura (vazios)

Os mesmos procedimentos, apresentados anteriormente, foram utilizados para essa proposta, que possui um número maior de hidrantes a serem implementados. Porém, foi desenvolvida de forma a eliminar os espaços vazios gerados entre os pontos de hidrantes, ou seja, contemplando toda a área urbanizada de Ananindeua.

- total de hidrantes a ser implementados: 391
- total de custo estimado para implantação: R\$ 11.647.890,00

Para determinar a distância máxima entre os hidrantes e ainda sim eliminando os vazios, o cálculo foi realizado usando como base o teorema de Pitágoras, sendo basicamente representado conforme a figura 20 abaixo:

Figura 20 – Demonstração de cálculo da distância entre hidrantes



Fonte: Autor, 2023.

Por se tratar de um triângulo retângulo isósceles (lado A e B são iguais = 600m), e aplicando-se o teorema tem-se que;

$$c^2 = a^2 + b^2,$$

$$\text{Logo: } c = \sqrt{600^2 + 600^2} \therefore c \cong 848,53$$

Para atender o proposto de excluir os vazios gerados entre os círculos, o objetivo é fazer com que o valor de c, seja igual a 600m, e assim determinar através do teorema os valores dos catetos, logo aplicando-se novamente o teorema, temos que;

$$c^2 = a^2 + b^2,$$

$$\text{Logo: } 600^2 = a^2 + b^2$$

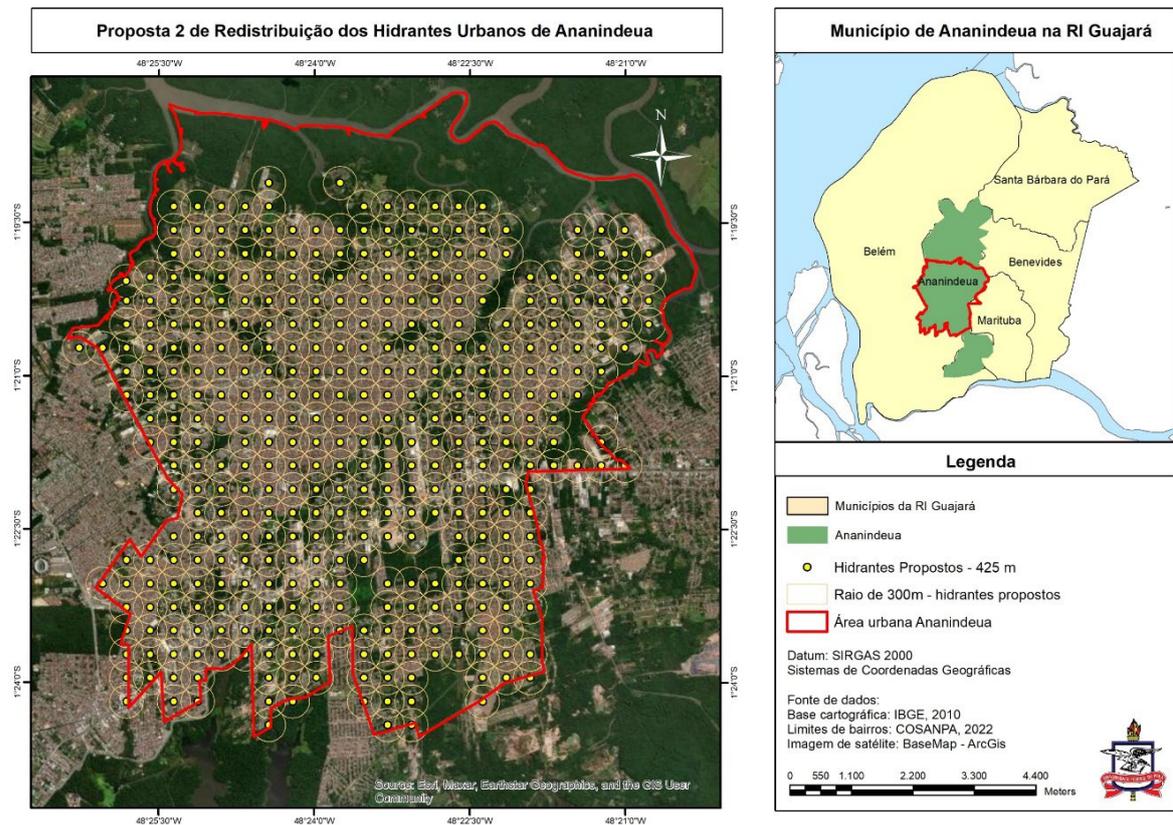
Sendo um triângulo retângulo isósceles, tem-se que $a=b$, sendo assim;

$$600^2 = a^2 + a^2$$

$$a = \sqrt{\frac{600^2}{2}} \therefore a \cong 425m$$

Então, foi considerada a distância de 425 metros entre os hidrantes, o que foge ao descrito na norma em relação a distância entre eles. No entanto, aplicando o raio de abrangência estabelecido na NBR 12.218, de 300 metros, essa configuração elimina os espaços vazios, atendendo toda a área urbanizada do município, desconsiderando também, as áreas verdes, conforme ilustrado no Mapa 07.

Mapa 07 – Proposta 2 de distribuição de hidrantes para a área urbanizada de Ananindeua-PA (sem vazios)



Fonte: Autor, 2023.

5.5 PROBLEMAS ENCONTRADOS E SOLUÇÕES ALTERNATIVAS PARA COMBATE A INCÊNDIOS URBANOS

Sabe-se que independente da solução que seja aceita para adequação dos sistemas de hidrantes urbanos, um grande investimento deverá ser realizado para implementação dos pontos de hidrantes.

Mesmo desconsiderando a diferença de custo por região, e o reajuste dos preços, usando apenas como um exemplo, o investimento para implantação na primeira proposta (onde apresenta um menor número de equipamentos) que necessita a implantação de 210 hidrantes totalizaria o montante de R\$ 6.045.900,00 (seis milhões, quarenta e cinco mil e novecentos reais).

Logo, visando na impossibilidade da instalação dos hidrantes urbanos conforme recomendação, a única possibilidade de realizar o atendimento se dará pelo abastecimento das viaturas nos hidrantes urbanos existentes e nos hidrantes de

passeio das edificações, o que poderá tomar muito tempo dependendo do endereço do sinistro, ou pelo abastecimento através dos hidrantes de passeio (ou recalque) das edificações comerciais e/ou residenciais.

Os hidrantes de passeio nada mais são do que uma extensão dos hidrantes prediais (sejam eles residenciais ou comerciais) que possuem como finalidade permitir que as viaturas do CBM façam a injeção de água dentro das edificações para quando o volume de água se esgotar durante um sinistro.

O problema desta solução é que, era comum durante a construção dos sistemas de hidrantes prediais, o uso de uma válvula de retenção nos hidrantes de passeio, com a finalidade de evitar a saída de água evitando assim vandalismo e/ou roubo de água, sendo a exigência deste equipamento uma obrigatoriedade normativa da época.

Para as edificações mais novas este item foi descartado, possibilitando assim a retirada de água através dos hidrantes de passeio.

Outro ponto que deve ser levado em conta é que, as caixas d'água das edificações normalmente são de uso MISTO, ou seja, são utilizadas tanto para abastecimento do consumo da edificação como para proteção e combate a incêndio, e ainda por ter um volume finito e consideravelmente menor do que o de abastecimento da COSANPA.

Por último, ainda deve-se garantir que a edificação estará com suas instalações de combate ao incêndio, em pleno funcionamento.

Sendo assim, fica disponível esta possibilidade, que, aparentemente é uma prática que já é levada em consideração pelas equipes de combate.

6 CONCLUSÕES

O presente trabalho reforça que os hidrantes urbanos não recebem a devida importância quando se trata do dimensionamento e distribuição destes equipamentos na rede pública. A prova disso é a condição dos equipamentos quando existentes e a quantidade subdimensionada destes.

Foi constatado através da análise de densidade *kernel* que devido ao crescimento da cidade de forma desordenada, os hidrantes são distribuídos também de forma desordenada. A ferramenta mostrou-se de grande importância, seja para análise da distribuição dos hidrantes existentes ou para planejamento dos novos equipamentos a serem instalados.

Para primeira proposta, tem-se o atendimento normativo, e satisfatório, porém deixando ainda riscos oriundos dos vazios gerados entre as áreas de proteção dos hidrantes.

Na segunda proposta, tem-se tecnicamente o melhor cenário, pois além de atender as distâncias normativas, também exclui os vazios gerados entre os equipamentos, porém tem-se um maior número de hidrantes a serem implementados gerando maior custo.

Para o uso dos hidrantes de passeio como solução alternativa, sugere-se manter os trabalhos de vistoria nos edifícios residenciais e comerciais que possam vir a fornecer água para abastecimento das viaturas.

Finalmente é importante destacar o cenário preocupante em que se encontra o Município de Ananindeua, onde atualmente funcionam apenas 9 unidades de hidrantes urbanos. Comparando com a primeira proposta onde tem-se a aplicação mínima da Norma, totalizando 210 hidrantes necessários para cobrir toda a área urbana, temos apenas 4,28% dos pontos de hidrantes necessários para atender o Município e de Ananindeua. Atitudes devem ser tomadas pelo poder público visando atender o mínimo indicado pelas Normas, melhorando assim a qualidade das cidades e salvaguardar vidas, além dos patrimônios.

O risco é iminente, pois a falta de planejamento e, conseqüentemente a implantação desses equipamentos deixam o município vulnerável à qualquer acidente ou catástrofe, onde nesse caso, podem trazer prejuízos imensuráveis, sendo eles materiais como incêndios de obras de artes, ou ainda por perda de vidas humanas. Tornando assim qualquer investimento insignificante perante as perdas.



Recomenda-se realizar a utilização de um sistema SIG, com a finalidade de uso público afim de dar maior celeridade nos abastecimentos das viaturas quando necessitarem.

REFERÊNCIAS

- Ananindeua (Município). **Revisão do Plano Diretor de Ananindeua**. Disponível em: < <https://planodiretorananindeua.wordpress.com/leituras/mapas/>>. Acesso em 26 mar. 2022, 22:13.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 12218: **Projeto de Rede de Distribuição de Água para Abastecimento Público - Procedimento**. In ABNT, 2017.
- Bergamaschi, R. B. **Sig aplicado a segurança no trânsito – Estudo de caso no município de Vitória – ES**. Vitória 2010.
- Bizerra, R. C. **Modelo para otimização ao atendimento a ocorrências de incêndios: estudo de caso para a cidade de São Carlos - SP**. <https://doi.org/10.11606/D.18.2014.TDE-10092014-151902>. 2014.
- Bizerra, R. C., & Segantine, P. C. L. **Análise da Presença de Hidrantes para Atender o Combate à Incêndios, em cidades do Estado de São Paulo**. <https://www.researchgate.net/publication/309908838>. 2016.
- Bizerra, R. C., & Segantine, P. C. L. **Avaliação da rede de hidrantes na cidade de São Carlos-SP em relação a expansão urbana, densidade populacional e agentes de incêndios**. *South American Development Society Journal*, 4(10). <https://doi.org/10.24325/issn.2446-5763.v4i10p185-202>. 2018.
- Bucka. **Tipos de hidrantes e seus funcionamentos**. Disponível em: < <https://www.bucka.com.br/tipos-de-hidrante-e-seu-funcionamento/>> Acesso em 09 fev 2023, 16:37.
- Câmara G.Casanova M. A.Hemerly A. S.Magalhães G. C.Medeiros C. M. B. **Anatomia de Sistemas de Informação Geográfica**. INPE, 1996. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/anatomia.pdf>>. Acesso em: 26 mar 2022.
- Câmara, G., & Carvalho, M. S. **Análise Espacial de Dados Geográficos**. Planaltina 2004.
- Corpo de Bombeiros Militar do Pará. **Instrução Técnica 06 - Acesso e Facilidade para Operações de Socorro. Parte I - Hidrante Público**. 2019.
- DALETH OLIVEIRA. **Ananindeua: de ‘cidade dormitório’ ao pleno desenvolvimento**. Disponível em:<https://www.oliberal.com/ananindeua/ananindeua-de-cidade-dormitorio-ao-pleno-desenvolvimento-1.427511> Acesso em 26 mar. 2022, 20:34. 2021
- ESRI. **ESRI Shapefile Technical Description**. *Computational Statistics*, 16(July). [https://doi.org/10.1016/0167-9473\(93\)90138-J](https://doi.org/10.1016/0167-9473(93)90138-J). 1998

FOLHA DE SÃO PAULO. **De novo e muito pior.** Disponível em:<
http://almanaque.folha.uol.com.br/cotidiano_01fev1974.htm>. Acesso em 23 mar.
2022, 21:30. 1974

S.CAMPOS, L. A.; C. OLIVEIRA, E. J. **Rede De Hidrantes Urbanos Do Centro Comercial De Feira De Santana-Ba: Análise Da Sua Eficácia.** Revista FLAMMAE, v. 4, n. 10, 2018.

G1 Pará. **Incêndios que marcaram Belém no final dos anos 1990 e início dos 2000.** Disponível em: < <https://g1.globo.com/pa/para/noticia/2022/06/23/doc-liberal-incendios-que-marcaram-belem-no-final-dos-anos-90-e-inicio-dos-2000.ghtml>>
Acesso em 31 out 2022, 10:30.

IBGE. **Agência de Notícias IBGE. Estatísticas Sociais.** 2020

Kawamoto, M. T. **Análise de técnicas de distribuição especial com padrões pontuais e aplicação a dados de acidentes de trânsito e a dados de dengue de Rio Claro – SP,** São Paulo 2012.

Lee, Y. H., Kim, M. S., & Lee, J. S. **Firefighting in vulnerable areas based on the connection between fire hydrants and fire brigade. Sustainability (Switzerland), 13(1).** <https://doi.org/10.3390/su13010098>. 2021

Manual. **Coletânea de Manuais Técnicos de Bombeiros 32.** 2006

MEMÓRIA O GLOBO. **Incêndio da Boate Kiss.** Disponível em:<
<https://memoriaglobo.globo.com/jornalismo/coberturas/incendio-da-boate-kiss/noticia/incendio-da-boate-kiss.ghtml>>. Acesso em 26 mar. 2022, 20:23.

NOBRE, Joel de Abreu; FROTA, José A. Duarte; COELHO, Luiz Claudio Araújo. **Gestão da rede de hidrantes urbanos.** Congresso de pesquisa e inovação da rede norte e nordeste de educação tecnológica, 5., 2010.

Ono, R. **Rede de Hidrantes Urbanos para Proteção Contra Incêndio em Áreas Urbanas - A Situação Atual e seu Aprimoramento.** NUTAU. 2000

PARÁ (Estado). **Corpo de Bombeiros Militar do Pará. 3º GRUPAMENTO BOMBEIRO MILITAR - ANANINDEUA.** Disponível em:<
<https://www.bombeiros.pa.gov.br/unidades/3o-grupamento-bombeiro-militar-3o-gbm/>>. Acesso em 26 mar. 2022, 21:27

PARÁ (Estado). **Corpo de Bombeiros Militar do Pará. Histórico.** Disponível em:<
<https://www.bombeiros.pa.gov.br/historico/>>. Acesso em 26 mar. 2022, 21:26

PARÁ (Estado). **Corpo de Bombeiros Militar do Pará. Instrução Técnica nº 03 – Parte 02. Sistema de Hidrantes e Mangotinhos para o Combate a Incêndio.**

PARÁ (Estado). (2021). Lei 9.234 de 24 de março de 2021 - **Institui o Código Estadual de Segurança contra Incêndios e Emergências.**

Raškauskaitė, R., & Grigonis, V. **An approach for the analysis of the accessibility of fire hydrants in urban territories.** *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 8(12). <https://doi.org/10.3390/ijgi8120587>. 2019

Rosa E. M. & Silva F. M. **Análise da distribuição dos hidrantes urbanos no município do Natal/RN através do estimador de densidade *kernel*.** 2016

Saavedra García, H. A., & Mendoza Vallecillo, E. de J. **Smart Hydrant Monitoring System Prototype.** *Revista Tecnología En Marcha*. <https://doi.org/10.18845/tm.v34i6.5969>. 2021

SANTOS, A. C. P. A. **Espacialização de Informações na Gestão de Sistemas de Abastecimento de Água utilizando o Sistema de Informação Geográfica.** In *Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Pará.* 2010

SANTOS, A. C. P. A. **Desenvolvimento De Modelo De Sistema De Informações Geográficas Para Avaliação Da Eficiência Hidroenergética Em Sistemas De Abastecimento De Água.** 2015

Santos, L. S., Silva Junior, O. M. da, & Tozi, S. C. **Sistema De Informação Geográfica Aplicado Nos Registros De Incêndios Da Cidade De Belém, Estado Do Pará.** *InterEspaço: Revista de Geografia e Interdisciplinaridade*. <https://doi.org/10.18764/2446-6549.v3n10p65-79>. 2017

Silva, A. et al. **Análise da cobertura de hidrantes de coluna no Município do Rio de Janeiro - Brasil.** *Revista Continentes*, v. 5, 2016.

Souza, G. M., Medeiros, C. N., & Pinheiro, F. S. A. (2013). **Correlações espaciais entre ocorrência de homicídios e concentração de aglomerados subnormais em Fortaleza.** *Anais do Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Foz de Iguaçu, PR, Brasil*.15. (pp. 4451-4458). Recuperado de <http://www.dsr.inpe.br/sbsr2013/files/p1410.pdf>.