UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CAMPUS DE ENGENHARIAS E CIÊNCIAS AGRÁRIAS
ENGENHARIA DE AGRIMENSURA E CARTOGRÁFICA

VITOR GOMES NETO

MAPEAMENTO DE HIDRANTES DA REDE PÚBLICA DE ABASTECIMENTO URBANO, MEDIANTE APLICAÇÃO DE SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS NOS BAIRROS DA PARTE ALTA DA CAPITAL MACEIÓ - AL

Rio Largo – AL
2025

VITOR GOMES NETO

MAPEAMENTO DE HIDRANTES DA REDE PÚBLICA DE ABASTECIMENTO URBANO, MEDIANTE APLICAÇÃO DE SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS NOS BAIRROS DA PARTE ALTA DA CAPITAL MACEIÓ - AL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Graduação de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica do Campus de Engenharias e Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Agrimensura e Cartográfica.

Rio Largo – AL

2025

Catalogação na Fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Campus de Engenharias e Ciências Agrárias
Bibliotecário Responsável: Erisson Rodrigues de Santana - CRB4 - 1512

G633m Gomes Neto, Vitor.

Mapeamento de hidrantes da rede pública de abastecimento urbano, mediante aplicação de sistema de informações geográficas nos bairros da parte alta da capital Maceió - AL. / Vitor Gomes Neto. – 2025.

68 f.: il.

Orientador(a): Regla Toujaguez La Rosa Massahud.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Agrimensura) – Graduação em Engenharia de Agrimensura, Campus de Engenharias e Ciências Agrárias, Universidade Federal de Alagoas. Rio Largo, 2025.

Inclui bibliografia

1. Geolocalização. 2. SGI. 3. Incêndio. 4. Mapa Temático

CDU: 528.8

FOLHA DE APROVAÇÃO

VITOR GOMES NETO

MAPEAMENTO DE HIDRANTES DA REDE PÚBLICA DE ABASTECIMENTO URBANO, MEDIANTE APLICAÇÃO DE SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS NOS BAIRROS DA PARTE ALTA DA CAPITAL MACEIÓ - AL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica do Campus de Engenharias e Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Agrimensura e Cartográfica.

Aprovado em 21 / 05 / 2025

Banca Examinadora

Documento assinado digitalmente
gov.br
REGLA TOUJAGUEZ LA ROSA MASSAHUD
Data: 06/06/2025 14:42:34-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof.ª Dr.ª Regla Toujaguez La Rosa Massahud
Universidade Federal de Alagoas
(Orientadora)

Documento assinado digitalmente
gov.br
JUCIELA CRISTINA DOS SANTOS
Data: 03/06/2025 13:56:34-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof.ª Dr.ª Juciela Cristina dos Santos.
Universidade Federal de Alagoas

Documento assinado digitalmente
gov.br
JHONATHAN GOMES DOS SANTOS
Data: 10/06/2025 11:20:59-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof.ª Dr.ª Jhonathan Gomes dos Santos.
Universidade Federal de Alagoas

À minha esposa, filho, pais, amigos e familiares que acreditaram na minha jornada e me incentivaram em toda minha vida acadêmica.

AGRADECIMENTOS

Expresso, antes de tudo, minha profunda gratidão a Deus, por iluminar meus caminhos, fortalecer minha fé e conduzir cada passo da minha trajetória com sabedoria e proteção.

De modo especial, agradeço à minha querida mãe Inaura, que nunca me fez desistir, dedicando-se a mim com um amor incondicional e cuidado singular. Tenho plena certeza de que me acompanhou e sempre acompanhará, torcendo por cada conquista. Esta etapa concluída é, sem dúvida, também uma de suas grandes alegrias.

Ao meu pai, Danilo, minha base e meu alicerce, sou eternamente grato por todo esforço, incentivo e amor. Hoje mesmo não estando presente fisicamente, sei que ele me acompanha em espírito e cuida de mim. A você, pai, todo o meu reconhecimento por nunca medir esforço para que eu pudesse seguir em frente. Estendo meu agradecimento à minha esposa Milla que foi uma incentivadora de tudo que já conquistei e nunca me deixou esmorecer, sendo minha companheira de noites em claro para que eu pudesse findar minha jornada acadêmica. Agradeço ainda meu filho Ravi, minha irmã, avó, cunhado e sobrinhas pelo apoio e torcida constante ao longo dessa caminhada.

Aos colegas e amigos que a vida acadêmica me presenteou, Jaelisson, Paulo, Célia, Joice, Rayanne, Gustavo, Antony, meu muito obrigado pela parceria, companheirismo e pelas memórias construídas. Aos amigos de vida, Jhon, Victor, Edilson, agradeço a presença contínua, mesmo nos momentos mais desafiadores.

Aos professores do curso, minha sincera gratidão por cada ensinamento transmitido. De forma especial, agradeço à professora Regla Toujaguez, minha orientadora, pela orientação dedicada e constante, bem como ao professor Jhonathan Gomes, um dos professores com a melhor didática que já tive o prazer de aprender.

Sou grato também aos colegas da Companhia de Saneamento de Alagoas - CASAL, especialmente ao setor do Cadastro e equipes de campo. Registro aqui minha admiração e agradecimento aos chefes Beroaldo Bento e Renilza, cujo apoio e confiança foram essenciais para o meu crescimento profissional. Desejo que todos os estagiários possam ter mentores tão generosos e inspiradores quanto vocês.

Por fim, deixo meu agradecimento a todas as pessoas que, de alguma forma, contribuíram direta ou indiretamente para que eu pudesse chegar até aqui. A cada uma delas, o meu sincero e carinhoso muito obrigado!

RESUMO

Mapear uma área é fundamental para subsidiar uma tomada de decisão mais eficiente, precisa e estratégica. Por meio da cartografia e da coleta de dados espaciais, é possível analisar e detalhar cenários e planejar ações. Os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) são ferramentas determinantes nessas localizações dos hidrantes mais próximos ao local do incêndio, para a célere atuação do Corpo de Bombeiros Militar de Alagoas, permitindo uma gestão mais eficiente no tempo de resposta ao sinistro. O presente estudo, teve por objetivo, utilizar o SIG na geolocalização dos Hidrantes de Maceió, nas Regiões Administrativas: 4,6 e 7. O recurso empregado utilizou a coleta, tratamento e atualização dos dados das coordenadas geográficas e condições de uso dos hidrantes, utilizando o *QGIS* como *software*. Também foram considerados os dados da empresa BRK, sobre a sua rede de abastecimento dos Hidrantes. Com base nos atributos armazenados no banco de dados elaborado, os dados foram classificados por meio de cores distintas, resultando na geração de mapas temáticos. Os resultados revelaram que **53,33%** dos hidrantes estão ativos e com vazão suficiente para abastecer uma viatura de combate a incêndio em tempo necessário, enquanto **16,66%** dos hidrantes estão ativos, entretanto não possuem vazão suficiente para abastecer uma viatura em tempo necessário para um combate a incêndio eficiente. Além disso, constatou-se que **30%** dos hidrantes estão inativos, ou faltam todas as peças para acoplamento da mangueira de abastecimento, ou nem mesmo estão conectados à rede de abastecimento. Verificou-se, ainda, que a distribuição espacial dos hidrantes urbanos apresenta desigualdade significativa, uma vez que os bairros do Clima Bom e Santa Amélia concentram um número elevado desses equipamentos, enquanto outros, mesmo com ampla extensão territorial e alta densidade populacional, como é o caso dos bairros do Benedito Bentes e Cidade Universitária, possuem cobertura insuficiente. A presente pesquisa possibilitou a elaboração de mapas temáticos, gráficos interpretativos e análises espaciais que podem contribuir com o planejamento estratégico do Corpo de Bombeiros Militar de Alagoas. Além disso, os produtos gerados favorecem a localização rápida dos hidrantes, promovendo maior agilidade nas ações de resposta e, consequentemente, a mitigação de danos ocasionados por incêndios na área estudada.

Palavras-chave: Geolocalização, Mapa Temático, SIG, Incêndio.

ABSTRACT

Mapping a territory is essential to support more efficient, accurate, and strategic decision-making. Through cartographic techniques and the collection of spatial data, it is possible to perform detailed scenario analyses and action planning. Geographic Information Systems (GIS) are key tools in identifying the hydrants closest to fire outbreaks, enabling a faster response by the Military Fire Department of Alagoas and improving the efficiency of emergency management. The present study aimed to use GIS to geolocate hydrants in Maceió, specifically in Administrative Regions 4, 6, and 7. The methodology involved collecting, processing, and updating geographic coordinates and usage conditions of the hydrants, using QGIS *software.* Additionally, data from the BRK company regarding the hydrants' water supply network were considered. Based on the attributes stored in the constructed database, the data were classified using distinct colors, resulting in the creation of thematic maps. The results revealed that **53,33%** of hydrants are active and provide sufficient flow to supply a firefighting vehicle within the necessary response time, while **16,66%** are active but present inadequate flow. Furthermore, **30%** of the hydrants were found to be inactive, either lacking the necessary coupling parts or not connected to the water supply network. It was also observed that the spatial distribution of hydrants across urban areas is uneven, with some neighborhoods having high concentrations and others—despite their size and population density—being underserved. This research enabled the development of thematic maps, interpretative graphs, and spatial analyses that can support strategic planning by the Fire Department. Additionally, the output contributes to faster hydrant location, facilitating rapid response and minimizing fire-related losses in the studied area.

Keywords: Geolocation, Thematic Map, SIG, Blaze.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01. Hidrante Urbano.....32
Figura 02. Hidrante com vazão maior do que 2.000 L/min.....33
Figura 03. Hidrante com vazão entre 1.000 L/min e 2.000 L/min. 33
Figura 04. Hidrante com vazão menor do que 1.000 L/min.....34
Figura 05. Mapa dos Bairros da área de estudo.....36
Figura 06. Mapa das Regiões Administrativas 4, 6 e 7 de Maceió para área de estudo.....36
Figura 07. Mapa de Distribuição do Diagrama de Voronoi. 39
Figura 08. Fluxograma das Etapas do Projeto..... 40
Figura 09 Nivelamento do receptor (Base). 41
Figura 10. Captura de coordenadas, com o *Rover*..41
Figura 11. Exportando as camadas**.**.....42
Figura 12. Importando dados para o QGIS.....43
Figura 13. *Shapefile*.....43
Figura 14. Amostra de dados de vazão.....46
Figura 15. Confrontação de dados**.**.....47
Figura 16. Uso do *Rover*.....47
Figura 17. Pontos de Referência dos hidrantes.....47
Figura 18. Tabela de Coordenadas.. 48
Figura 19. ABT.....51
Figura 20. AT 52
Figura 21. Mapa da Situação de Uso dos Hidrantes.....54
Figura 22. Mapa das competências de ação 57
Figura 23. Mapa da Região Administrativa 4.....59
Figura 24. Mapa da Região Administrativa 7.....60
Figura 25. Mapa da Região Administrativa 6.....61
Figura 26. Gráfico com a Situação dos hidrantes 62

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CECA - Campus de Engenharias e Ciências Agrárias

CTM - Cadastro Territorial Multifinalitário

SIG - Sistema de Informações Geográficas

GNSS - Sistemas Globais de Navegação por Satélite

CBMAL - Corpo de Bombeiros Militar de Alagoas

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

SCI - Segurança Contra Incêndio

SENASP - Secretaria Nacional de Segurança Pública

CF/88 - Constituição Federal de 1988

RA – Regiões Administrativas

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 12
2. OBJETIVOS 15
2.1 GERAL 15
2.2 ESPECÍFICOS 15
3. REFERENCIAL TEÓRICO 16
3.1 Sistema de Informação Geográfica 16
3.2 Cadastro Territorial Multifinalitário 17
3.3 Posicionamento Geodésico e Topografia 20
3.4 Diagrama de Voronoi 23
3.5 Leis de Prevenção e Combate a Desastres e Incêndio 24
3.6 Combate a Incêndio Urbano 26
3.7 Segurança Contra Incêndio 26
3.8 Os Hidrantes 29
4. MATERIAIS E MÉTODOS 35
4.1 Área de Estudo 35
4.2 Materiais 37
4.3 Métodos 37
4.4 Sequência Metodológica das Etapas de Trabalho 40
4.5 Aquisição de Dados 40
4.6 Organização dos Dados 41
4.7 Estruturação dos Dados Para a Criação do Mapa de Localização 44
4.8 Estruturação dos Dados Para a Criação de Mapa Temático de Análise da Condição da Vazão dos Hidrantes 44
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO 48
5.1 Mapa da Situação de Uso 49
5.3 Mapa de Distribuição e Competência 55
5.3 Mapas de Localização dos Hidrantes nas RA's 4, 6 e 7 58
5.4 Condição de Operacionalidade dos Hidrantes 62
6. CONCLUSÕES 63
7. REFERÊNCIAS 65
APÊNDICE A 69

1. INTRODUÇÃO

O movimento populacional nas cidades derivou da busca por recursos naturais necessários à sobrevivência, todavia, o aumento da população provocou um crescimento desordenado com ocupação de mais espaços alterando deste modo o desenvolvimento da atividade econômica nos centros urbanos, produziu emigração da zona rural para urbana.

Como consequência, começaram a surgir diversos problemas na dinâmica das cidades, por exemplo, moradia insegura, tráfego caótico, ocupações de áreas de riscos que aliada às alterações climáticas, causaram maiores chances de desastres com danos humanos e ambientais (PRESTES; POZZETTI, 2018).

O planejamento urbano é fundamental na prevenção e busca por soluções de problemas urbanos, assim, a Constituição Federal de 1988 (CF/88) em seu art. 30 e inciso VIII, adverte para o ordenamento territorial, mediante planejamento e controle do uso, do parcelamento e da ocupação do solo urbano. Complementarmente, o art. 182, § 1º afirma que o plano diretor é o instrumento básico da política de desenvolvimento e de expansão urbana (BRASIL, 1988).

No âmbito da sustentabilidade das cidades a política urbana deve promover adequadamente a distribuição dos ônus e benefícios do processo de urbanização (DIAS, 2015). Consoante o Estatuto da Cidade, Lei nº 10.257/2001, taxativamente são elencados diversos parâmetros sobre normas de ordem pública e interesse social que regulam o uso da propriedade urbana em prol do bem coletivo, da segurança e do bem-estar dos cidadãos, bem como do equilíbrio ambiental (BRASIL, 2001).

Neste contexto, O Sistema de Informações Geográficas (SIG) é uma ferramenta tecnológica que permite a coleta, armazenamento, análise e visualização de dados geoespaciais, ou seja, informações associadas a uma localização geográfica específica. Essa tecnologia se tornou essencial nas últimas décadas para o planejamento urbano e ambiental, pois proporciona uma compreensão detalhada da organização espacial dos elementos da cidade. O SIG integra mapas, imagens de satélite, bancos de dados e camadas de informação que podem ser manipuladas de forma dinâmica e interativa, favorecendo a tomada de decisões mais precisas e eficazes por parte de gestores públicos e planejadores urbanos (CÂMARA; MONTEIRO, 2001).

No campo da segurança contra incêndio, o SIG se destaca como uma ferramenta estratégica no mapeamento e monitoramento da infraestrutura de combate, especialmente os hidrantes urbanos. Por meio da georreferenciação, é possível identificar a localização exata dos hidrantes, suas condições operacionais, raio de cobertura e relação com edificações de risco,

vias de acesso e pontos de maior vulnerabilidade urbana. Essa integração espacial facilita o planejamento de rotas para viaturas do Corpo de Bombeiros, otimiza o tempo de resposta em emergências e permite identificar áreas carentes de cobertura, contribuindo para a elaboração de políticas públicas de prevenção mais eficazes (DAVIS, 2001). Além disso, possibilita o cruzamento de dados com outros fatores, como densidade populacional e uso do solo, aprimorando o diagnóstico territorial e o investimento em infraestrutura.

No contexto deste trabalho, o SIG foi empregado como instrumento fundamental para o mapeamento dos hidrantes urbanos nos bairros da parte alta de Maceió – AL. A utilização do SIG permitiu não apenas localizar e registrar os equipamentos, mas também analisar sua distribuição espacial em relação à malha urbana, à estrutura viária e às áreas de risco. Com base nesses dados, foi possível avaliar a efetividade da cobertura dos hidrantes e propor ações de melhoria na rede de abastecimento para situações de combate a incêndios. Assim, o SIG demonstra sua relevância como ferramenta de gestão territorial aplicada à segurança urbana, fortalecendo a prevenção de desastres e a proteção da vida e do patrimônio.

Considerando a importância de projetos seguros de planejamento urbano, a questão da Segurança Contra Incêndio (SCI) é tema de grande relevância. Neste sentido, as edificações devem se guiar por legislações, códigos de construção e normas de referência que envolvam aspectos arquitetônicos, estruturais e de instalações. Segundo Carvalho (2005), o planejamento urbano deve considerar a SCI desde a concepção dos espaços, assegurando acessibilidade para evacuação, controle do fogo e acesso para equipes de emergência.

Os incêndios, geralmente, são combatidos pelo uso de água como agente extintor, uma vez que a água é abundante e de menor custo na natureza, então, economicamente viável para extinguir incêndios, e por ser de fácil armazenagem e de transporte, tem multiplicidade de aplicação de jato, possui forma líquida (CBMDF-DESEG, 2021). Caso os incêndios não sejam combatidos no início, há grandes probabilidades de tomar grandes proporções destruindo patrimônios, ferindo e matando pessoas.

O Estado tem ciência da importância do suprimento de água para as guarnições de combate a incêndio por ser um extintor primordial de fonte disponível nas áreas próximas. Isto quer dizer que os hidrantes urbanos de combate a incêndio precisam estar em plena condição de uso para os bombeiros. Estes hidrantes urbanos são instalações exclusivas de combate a incêndio, ou até mesmo, para operações de limpezas públicas decorrentes de inundações com obstruções por lama e entulhos. Os hidrantes representam a segurança de abastecimento das viaturas dos bombeiros em casos de grandes incêndios (CBMDF-DESEG, 2021).

Segundo dados oficiais da Secretaria Nacional de Segurança Pública (SENASP) (2020), no Brasil ocorrem 262.087 incêndios por ano, matematicamente correspondem a 718 incêndios por dia no território nacional, isto é, uma média de 9,4 incêndios por hora. Dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (2023) o Brasil possui uma área territorial de 8.510.417,771 km², e pensando na prevenção e combate a incêndios é preciso um planejamento grandioso, com altos investimentos.

2. OBJETIVOS

2.1 GERAL

A partir da densidade demográfica nas regiões administrativas 4, 6 e 7 e das informações prévias sobre os hidrantes urbanos, que foram disponibilizadas a respeito dos logradouros e condições de uso, tanto pela companhia de abastecimento de Maceió, quanto pelo Corpo de Bombeiros Militar de Alagoas, observa-se que existe deficiência no número de hidrantes disponíveis, portanto para uma melhor espacialização dos equipamentos existentes e com bom funcionamento, o presente estudo se propõe atender ao seguinte objetivo:

Produzir Mapas da distribuição dos Hidrantes de Maceió nas Regiões Administrativas: 4, 6 e 7, voltado à otimização do tempo do combate a incêndio das equipes do Corpo de Bombeiros Militar de Alagoas (CBMAL), com dados de geolocalização, e estado de condição de uso e pressão, objetivando benfeitorias para a preservação dos bens públicos e privados, materiais e imateriais da Capital.

2.2 ESPECÍFICOS

I. Criar uma base de dados espaciais contendo, além dos atributos posicionais, atributos relativos as condições de uso dos equipamentos em questão;
II. Organizar, analisar e preparar os dados coletados em campo da localização dos hidrantes, junto com as informações de condições de conservação dos hidrantes observadas *in loco*;
III. Criar mapas temáticos a respeito da situação de conservação dos hidrantes públicos e suas localizações;

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Sistema de Informação Geográfica

Tecnologias utilizadas no espaço geográfico, seja para aplicações em arquitetura e urbanismo, agricultura, ecologia, ciências florestas, ciências ambientais, dentre outras aplicações, denominadas de geotecnologias, estão sendo exploradas na atualidade, numa escala muito maior. Utilizada como uma ferramenta que faz uso de dados que são importados para esse sistema e que irão gerar informações com uma celeridade maior do que quando não se utiliza uma geotecnologia. Tal uso se dá não apenas por empresas, mas do mesmo modo pelo poder público. Determinar pontos estratégicos de localização dos hidrantes em uma área urbana, por exemplo, é um uso que pode ser explorado em qualquer esfera do Estado. Indicação de localização juntamento com o estado de conservação e pressão dos hidrantes, necessita da criação de um banco de dados de toda região guarnecida por uma rede de abastecimento que distribui os hidrantes, para proveito dinâmico e intuitivo do usuário dessas informações geradas a partir do banco de dados. O Sistema de Informação Geográfica (SIG) engloba ferramentas que permitem a análise, manipulação e gestão de dados geográficos.

Uma de suas funcionalidades principais, é a observação visual a partir dos dados que foram extraídos e por consequência o SIG permite a criação de mapas temáticos a partir destas informações.

Ao escolher um SIG como ferramenta de funcionalidade, deve-se observar alguns aspectos, dentre os quais constam: Assegurar que o poder processamento de uma quantidade extremamente grande de dados, será possível trabalhar com ela e ter compatibilidade com os outros sistemas computacionais em sua maioria. O uso do SIG impacta diretamente este estudo ao permitir a gestão eficiente de grandes volumes de dados espaciais, como a localização precisa dos hidrantes urbanos, suas características físicas, acessibilidade e estado de conservação. A capacidade computacional do SIG permite lidar com esse volume de informações de forma integrada, reduzindo erros manuais e otimizando o tempo de análise.

Outro aspecto relevante está na possibilidade de integração do SIG com outras bases de dados e camadas urbanas, como mapas de zoneamento, áreas de risco, densidade populacional e rede viária. Essa integração permite compreender a distribuição dos hidrantes em um contexto territorial mais amplo, favorecendo análises mais completas e decisões mais embasadas. Para Câmara e Monteiro (2001), o SIG oferece uma infraestrutura capaz de combinar dados

geográficos com atributos descritivos, o que torna possível a formulação de diagnósticos territoriais mais precisos e úteis ao planejamento urbano e à segurança pública.

Além disso, o SIG apresenta alta interoperabilidade com outros sistemas computacionais, o que facilita a compatibilidade dos dados gerados com sistemas de gestão de prefeituras, órgãos de defesa civil, corpo de bombeiros e plataformas públicas. Isso permite que os resultados deste trabalho possam ser integrados a planos operacionais de emergência ou políticas públicas de prevenção, ampliando a aplicabilidade prática da pesquisa. Essa compatibilidade tecnológica assegura que o conhecimento produzido com base no SIG possa ser compartilhado e utilizado de forma ampla e estratégica (DAVIS, 2001). Enfatizando ainda, que um SIG é criado para trabalhar com dados referenciados, na forma de coordenadas geográficas ou espaciais (MIRANDA, 2015).

De acordo com Longley (2013), os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) operam com dois modelos fundamentais de representação espacial: o modelo vetorial e o modelo matricial (raster). O modelo vetorial caracteriza-se pela representação de feições geográficas a partir de coordenadas geográficas precisas, organizadas em estruturas geométricas como pontos, linhas e polígonos. Essas entidades são associadas a atributos descritivos e são particularmente eficazes na representação de objetos discretos do espaço, como edificações, vias de transporte e limites administrativos. A precisão geométrica desse modelo permite a realização de análises espaciais detalhadas e a geração de produtos cartográficos de alta qualidade.

Por sua vez, o modelo matricial representa a superfície terrestre por meio de uma matriz regular composta por células (pixels), em que cada célula contém um valor correspondente a determinada característica do espaço geográfico, como elevação, uso do solo ou temperatura. Esse modelo é amplamente utilizado na representação de fenômenos contínuos, sendo especialmente adequado para aplicações que envolvem sensoriamento remoto, modelagem ambiental e análise de variáveis físicas do território.

3.2 Cadastro Territorial Multifinalitário

O Cadastro Territorial Multifinalitário (CTM) constitui-se como uma importante ferramenta de apoio ao planejamento urbano e à gestão territorial, ao reunir informações georreferenciadas detalhadas sobre imóveis, infraestrutura e elementos naturais. Seu principal objetivo é integrar dados espaciais e alfanuméricos de forma a subsidiar políticas públicas e processos de tomada de decisão de forma mais precisa e eficiente (PEREIRA, 2018).

A ausência de dados técnicos atualizados pode acarretar sérios entraves à gestão urbana, como a dificuldade em identificar áreas desassistidas por infraestrutura básica. Um exemplo evidente ocorre em situações de emergência, como incêndios, nas quais a ausência de hidrantes próximos pode comprometer o atendimento rápido e eficaz. Além disso, a inexistência de informações claras sobre zonas de expansão urbana contribui para o uso ineficiente dos recursos públicos e impede o pleno funcionamento de um CTM. Como destaca Miranda (2015), a falta de dados confiáveis compromete a formulação de estratégias adequadas para o desenvolvimento urbano sustentável.

A estruturação de uma base de dados territoriais confiável é condição fundamental para a boa gestão urbana, especialmente em áreas que exigem planejamento detalhado e ações rápidas, como o abastecimento de água para combate a incêndios. Nesse contexto, o Cadastro Territorial Multifinalitário (CTM) apresenta-se como um instrumento estratégico de planejamento e gestão do território. Instituído pela Portaria nº 511, de 7 de dezembro de 2009, do Ministério das Cidades, o CTM é definido como o inventário oficial, sistemático e contínuo das parcelas territoriais urbanas e rurais, baseando-se em uma estrutura georreferenciada e normatizada.

A referida Portaria estabelece que o CTM deve compreender todas as parcelas cadastráveis do território municipal, cada uma delas identificada por um código numérico único e estável, permitindo o acompanhamento histórico e a atualização permanente da ocupação territorial. Além disso, a Portaria nº 511/2009 determina que os dados espaciais do CTM devem estar referenciados ao Sistema Geodésico Brasileiro (SGB), utilizando preferencialmente a projeção Universal Transversa de Mercator (UTM), assegurando precisão cartográfica e compatibilidade entre sistemas (BRASIL, 2009).

Com o avanço das tecnologias e da necessidade de maior integração entre os cadastros urbanos e os registros públicos, a Portaria nº 3.245, de 18 de dezembro de 2019, atualizou a norma anterior, enfatizando a importância da interoperabilidade dos dados territoriais e sua articulação com os sistemas de registro de imóveis e cadastros temáticos. Essa atualização reforça o papel do CTM como suporte à administração pública multifinalitária, integrando áreas como planejamento urbano, meio ambiente, habitação, mobilidade e segurança pública. A norma ainda estabelece a obrigatoriedade de adoção de padrões técnicos e operacionais para a coleta, armazenamento, análise e disseminação dos dados (BRASIL, 2019).

É nesse contexto normativo que se insere o presente trabalho, a proposta fundamenta-se na aplicação dos princípios do CTM, conforme estabelecido nas Portarias nº 511/2009 e nº 3.245/2019, para subsidiar a coleta e análise de dados espaciais sobre a localização e condição

dos hidrantes urbanos. A utilização de Sistemas de Informações Geográficas (SIG), sobre uma base territorial multifinalitária, possibilita a visualização precisa das redes de combate a incêndio, contribuindo para o planejamento urbano preventivo e a formulação de políticas públicas mais eficazes.

Dessa forma, o uso articulado entre o CTM e as tecnologias de geoprocessamento fortalece a capacidade da gestão pública em responder às demandas por infraestrutura e segurança, além de proporcionar maior transparência e integração de dados.

A implementação do CTM proporciona uma série de benefícios à gestão e ao ordenamento do território, entre os quais destacam-se:

- Integração de Dados Multidisciplinares: O CTM promove a consolidação de informações oriundas de diferentes áreas técnicas, como topografia, cartografia, geologia, engenharia e meio ambiente. Essa integração facilita o entendimento global do território e sua dinâmica (MIRANDA, 2015).
- Aprimoramento da Gestão Territorial: Ao possibilitar a análise espacial de áreas de risco, o planejamento adequado do uso do solo e a regularização fundiária, o CTM contribui para uma organização mais eficiente do espaço urbano (PEREIRA, 2018).
- Apoio à Tomada de Decisões: Um banco de dados georreferenciado e sistematizado permite que gestores elaborem políticas públicas e projetos urbanos com maior assertividade, baseando-se em dados objetivos e atualizados (LONGLEY et al., 2013).
- Monitoramento e Gestão Ambiental: O CTM possibilita o acompanhamento de áreas de preservação, o controle da ocupação irregular e a avaliação dos impactos ambientais, apoiando estratégias de conservação e uso racional dos recursos naturais (MIRANDA, 2015).
- Planejamento Urbano e Rural Integrado: Permite a formulação de ações específicas para diferentes tipos de ocupação, respeitando as particularidades de áreas urbanas e rurais, o que resulta em políticas mais eficazes e contextualizadas (LONGLEY et al., 2013).
- Eficiência e Redução de Custos: A unificação de dados em uma base única evita retrabalhos, reduz custos operacionais e melhora a eficiência na execução de obras e serviços urbanos (PEREIRA, 2018).

Em suma, o Cadastro Territorial Multifinalitário representa uma base estruturante para o desenvolvimento urbano sustentável, uma vez que fornece subsídios técnicos essenciais para a organização espacial, a gestão eficiente de recursos e a melhoria da qualidade de vida da população.

3.3 Posicionamento Geodésico e Topografia

O posicionamento geodésico é uma técnica essencial no campo das ciências geográficas e da engenharia, pois permite a determinação precisa da localização de pontos na superfície terrestre, levando em conta a curvatura do planeta e suas variações locais. Fundamenta-se na ciência da Geodésia, que estuda a forma, as dimensões e o campo gravitacional da Terra para fornecer um modelo matemático adequado, capaz de representar com exatidão os elementos geográficos (MONICO, 2008; ALMEIDA, 2012). A partir desses modelos, é possível referenciar geograficamente qualquer objeto ou infraestrutura com alta precisão, aspecto fundamental para o planejamento e a gestão urbana moderna.

Historicamente, o levantamento geodésico envolvia técnicas tradicionais baseadas em triangulações terrestres, que exigiam extensas medições no campo, além de cálculos complexos para compensar a curvatura da Terra. No entanto, com o advento das tecnologias de navegação por satélite — como o GPS (*Global Positioning System*), GLONASS, Galileo e BeiDou — o posicionamento geodésico evoluiu significativamente, permitindo a obtenção de coordenadas geográficas de pontos em tempo real e com precisão milimétrica (HOLECEK; CARLOS, 2015). Segundo Galo (2003), esses sistemas GNSS possibilitam o georreferenciamento instantâneo de objetos, o que representa uma revolução para áreas que demandam alta precisão espacial, como o monitoramento ambiental, a engenharia civil e o planejamento urbano.

O uso do posicionamento geodésico no contexto do mapeamento urbano de hidrantes em Maceió assume papel central devido à necessidade de precisão e confiabilidade dos dados espaciais. Hidrantes são elementos críticos para a segurança pública, pois seu posicionamento correto e funcionamento adequado são indispensáveis para o combate eficiente a incêndios (CBMDF-DESEG, 2021). Assim, determinar com precisão suas localizações permite não apenas a criação de mapas atualizados e detalhados, mas também o planejamento estratégico para ampliação e manutenção da rede, alinhado às normas técnicas e legislações vigentes (BRASIL, 2001).

A utilização do posicionamento geodésico possibilita que as coordenadas coletadas em campo possam ser inseridas em Sistemas de Informação Geográfica (SIG) com exatidão, viabilizando análises espaciais robustas. O SIG permite sobrepor os pontos dos hidrantes a outras camadas temáticas, como zoneamento urbano, densidade demográfica e áreas de risco, promovendo uma visão integrada que facilita a tomada de decisão para órgãos públicos e equipes de emergência (CÂMARA; MONTEIRO, 2001). Silva e Oliveira (2019) destacam que

a precisão dos dados geodésicos é fundamental para garantir que as análises SIG reflitam a realidade do espaço urbano, o que é imprescindível para intervenções rápidas e eficazes.

Além disso, o posicionamento geodésico permite acompanhar a rede de hidrantes ao longo do tempo, possibilitando a atualização constante do banco de dados e a identificação de alterações decorrentes de obras, vandalismos ou problemas de conservação. A gestão dinâmica dessa infraestrutura contribui para aumentar a segurança da população e otimizar o uso dos recursos públicos (IBGE, 2020). Por exemplo, a análise espacial de pontos de hidrantes pode revelar áreas da cidade onde a cobertura é insuficiente, o que pode resultar na priorização dessas regiões para instalação de novos equipamentos.

Outro aspecto relevante é a interoperabilidade do posicionamento geodésico com outros sistemas tecnológicos, como sensores remotos, drones e plataformas de monitoramento em tempo real. Essa integração tecnológica amplia as possibilidades de coleta e análise de dados, enriquecendo o estudo e fortalecendo o planejamento urbano (LIMA; FONSECA, 2017). Em Maceió, onde a expansão urbana desordenada e a topografia acidentada da parte alta impõem desafios adicionais, o uso dessas tecnologias complementares é um diferencial para garantir que o mapeamento dos hidrantes reflita fielmente a realidade territorial e as necessidades operacionais do Corpo de Bombeiros.

Ainda, o posicionamento geodésico está diretamente relacionado ao cumprimento das exigências legais para o planejamento urbano e a segurança contra incêndios, estabelecidas em legislações como o Estatuto da Cidade (Lei nº 10.257/2001) e normas técnicas brasileiras (ABNT NBR 9077). Essas normativas demandam precisão na localização e manutenção dos hidrantes, o que só pode ser assegurado por métodos que contemplem o rigor geodésico e a atualização contínua dos dados (BRASIL, 2001; CBMDF-DESEG, 2021).

Deste modo, é importante destacar que a precisão e a confiabilidade dos dados obtidos por meio do posicionamento geodésico colaboram para a transparência e eficiência da gestão pública, ao fornecer subsídios técnicos para políticas de prevenção, resposta a emergências e investimentos urbanos. Conforme destacou Monico (2008), a adoção de técnicas geodésicas no mapeamento urbano promove a sustentabilidade territorial e a segurança da população, pilares centrais para o desenvolvimento urbano equilibrado.

Segundo a ABNT (2020), "Topografia é a ciência que estuda os princípios e os métodos de representação gráfica da superfície terrestre, considerando os acidentes geográficos naturais e artificiais, em uma porção limitada da Terra." Deste modo a topografia pode ser compreendida como a ciência responsável por estudar, descrever e representar a superfície terrestre, considerando suas formas, dimensões e a posição relativa dos elementos naturais ou artificiais.

Essa representação é fundamental para diversos campos, como engenharia, arquitetura e planejamento urbano, pois fornece dados precisos que orientam a execução de projetos e o uso adequado do território, como destacado por Comastri e Gripp Júnior (2012).

A incorporação dos Sistemas Globais de Navegação por Satélite (GNSS) à topografia representou um avanço significativo na obtenção de dados espaciais precisos. Esses sistemas funcionam com base na recepção de sinais emitidos por satélites artificiais orbitando a Terra, que, aliados a estações de controle em solo e a receptores específicos, possibilitam o cálculo acurado de coordenadas geográficas.

No contexto da topografia, o GNSS é amplamente utilizado em atividades como levantamentos planialtimétricos, processos de georreferenciamento fundiário e no acompanhamento de deformações em estruturas. Os dispositivos receptores podem variar quanto à precisão e à finalidade: os equipamentos geodésicos fornecem resultados de alta exatidão, sendo ideais para aplicações técnicas e científicas, enquanto os receptores de navegação, embora mais econômicos, são indicados para fins menos rigorosos em termos de precisão posicional.

Entre as técnicas de posicionamento associadas ao GNSS, destaca-se o RTK (*Real Time Kinematic*), que proporciona correções em tempo real a partir de uma estação base, permitindo a obtenção de posições com precisão centimétrica. Essa metodologia é amplamente empregada em levantamentos cadastrais e obras de engenharia que exigem elevado grau de precisão (COMASTRI; GRIPP JÚNIOR, 2012). A correção diferencial fornecida pela estação base é transmitida via rádio ou rede móvel, possibilitando ao receptor *Rover* ajustar suas medições em campo com alta confiabilidade e eficiência operacional.

No que consta na NBR 13133, levantamento topográfico é o "conjunto de métodos e processos que, através de medições de ângulos horizontais e verticais, de distâncias horizontais, verticais e inclinadas, com instrumental adequado à exatidão pretendida, primordialmente, implanta e materializa pontos de apoio no terreno, determinando suas coordenadas topográficas." Para a obtenção das coordenadas topográficas dos pontos correspondentes aos hidrantes da área de estudo, foram seguidas todas as diretrizes estabelecidas pela NBR 13133:2020 – Execução de Levantamento Topográfico. Essa norma define os procedimentos técnicos necessários para garantir a precisão e a confiabilidade dos levantamentos topográficos. Dentre as diretrizes adotadas, destacam-se:

- Planejamento e Execução do Levantamento: A norma exige um planejamento detalhado das etapas do levantamento, incluindo a definição do método a ser utilizado (como poligonal,

GNSS ou estação total) e a escolha dos instrumentos adequados para garantir a precisão requerida.

- Materialização e Georreferenciamento dos Pontos de Apoio: A NBR 13133 determina que os pontos de controle sejam devidamente materializados e referenciados em um sistema de coordenadas adequado, o que assegura a compatibilidade dos dados com outras bases cartográficas.
- Precisão e Exatidão das Medidas: Foram adotados os critérios da norma para garantir a confiabilidade das medições de ângulos, distâncias e altitudes, minimizando erros sistemáticos e aleatórios.
- Registro e Apresentação dos Dados: A norma também estabelece a necessidade de documentação completa do levantamento, incluindo os métodos empregados, as condições ambientais no momento das medições e a margem de erro aceitável.

3.4 Diagrama de Voronoi

O Diagrama de Voronoi (DV) é uma técnica matemática amplamente utilizada na análise espacial para determinar a área de influência de um ponto em relação a outros pontos distribuídos em um plano. No contexto do presente estudo, essa ferramenta é aplicada com o intuito de compreender a distribuição espacial dos hidrantes urbanos nas Regiões Administrativas 4, 6 e 7 da parte alta da cidade de Maceió, buscando otimizar o tempo de resposta das equipes do Corpo de Bombeiros Militar de Alagoas (CBMAL) em situações de combate a incêndios.

Segundo Nascimento (2000), o Diagrama de Voronoi — também conhecido como Diagrama de Dirichlet ou Tesselação de Thiessen — é composto por polígonos que codificam informações de proximidade. Cada polígono representa a área geográfica mais próxima de um ponto gerador específico (neste caso, um hidrante), em relação a todos os outros pontos do mesmo conjunto. Dessa forma, o DV é uma ferramenta que auxilia na tomada de decisões estratégicas quando se trata de localizar recursos de forma eficiente.

A aplicação do Diagrama de Voronoi no mapeamento de hidrantes permite identificar de maneira clara e objetiva as zonas de cobertura de cada equipamento, além de indicar áreas potencialmente descobertas ou mal atendidas. Essa análise é crucial, especialmente em regiões urbanas com alta densidade populacional, como as investigadas neste trabalho, onde a ausência ou má distribuição dos hidrantes pode comprometer significativamente a segurança pública e a preservação do patrimônio.

Conforme reforça Longley et al. (2010), o uso de métodos como o DV no âmbito dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG) permite modelar o espaço urbano com base em critérios técnicos de proximidade, promovendo maior precisão na interpretação das dinâmicas territoriais e na proposição de melhorias para os serviços públicos. No caso dos hidrantes, o DV viabiliza uma análise espacial detalhada da cobertura atual, servindo de base para reestruturação ou expansão da rede de abastecimento voltada à atuação do CBMAL.

Além de possibilitar a visualização da área de influência de cada hidrante, o Diagrama de Voronoi, quando sobreposto a camadas adicionais de dados — como densidade populacional, condições de uso dos equipamentos e acessibilidade viária —, permite diagnósticos mais completos. Essa abordagem integrada, defendida por Burrough e McDonnell (2015), fortalece o planejamento urbano ao articular variáveis físicas, sociais e técnicas de forma espacialmente explícita.

Portanto, o uso do Diagrama de Voronoi neste estudo não apenas contribui para a análise da atual distribuição dos hidrantes urbanos, como também subsidia a proposição de intervenções pontuais que visem à melhoria do atendimento emergencial. Trata-se de uma técnica que alia simplicidade geométrica com grande aplicabilidade prática, especialmente em cenários onde o tempo de resposta é fator crítico para a preservação da vida e do patrimônio.

3.5 Leis de Prevenção e Combate a Desastres e Incêndios

A Lei nº 10.257/2001(Estatuto da Cidade) é uma norma pública nacional que estabelece diretrizes da política urbana sobre a ordenação do uso do solo com a finalidade de prevenir o risco de desastres, no intuito da proteção, preservação e recuperação do patrimônio cultural, histórico, artístico, paisagístico e arqueológico (artigo 2º, VI, h e XII) (BRASIL, 2001).

A Lei nº 12.608/2012 institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil – PNPDEC, que em seu art. 2º diz que é dever da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios adotarem as medidas necessárias à redução dos riscos de acidentes ou desastres. E enfatizando o princípio da prevenção, aduz em seu parágrafo 2º que "a incerteza quanto ao risco de desastre não constituirá óbice para a adoção das medidas preventivas e mitigadoras da situação de risco" (BRASIL, 2012).

Vale ressaltar também a Lei nº 13.245/2017, batizada como Lei da Boate Kiss, a qual estabelece diretrizes gerais sobre medidas de prevenção e combate a incêndio e a desastres em estabelecimentos, edificações e áreas de reunião de público. Em seu art. 3º dispõe que cabe ao Corpo de Bombeiros Militar planejar, analisar, avaliar, vistoriar, aprovar e fiscalizar as medidas

de prevenção e combate a incêndio e a desastres em estabelecimentos, edificações e áreas de reunião de público, sem prejuízo das prerrogativas municipais no controle das edificações e do uso, do parcelamento e da ocupação do solo urbano e das atribuições dos profissionais responsáveis pelos respectivos projetos (BRASIL, 2017).

Então, foi após a tragédia na Boate Kiss, em Santa Maria – RS, em janeiro de 2013, onde 242 jovens morreram e mais de 600 ficaram feridos que o tema da prevenção e combate a incêndio ganhou destaque nos telejornais e diversos meios de comunicação. As mortes comoveram o país, repercutiu mundo a fora, gerando discussões urgentes sobre a prevenção a incêndios e desastres como condição para a execução de apresentações artísticas, culturais, de esportes, entre outros, e atribui responsabilidade para o descumprimento das regras aos órgãos de fiscalização.

Dez anos passados da tragédia da Boate Kiss, em 2023 houve flexibilização da legislação (Lei nº 13.245/2017):

> A isenção da apresentação do plano de combate a incêndio para os seguintes estabelecimentos e imóveis: residência unifamiliar, propriedade agrosilviopastoril e atividade sem atendimento ao público ou estoque de materiais. As áreas de até 200 m² e até dois pavimentos (baixo risco) também foram isentas, mas a lei solicitou que estas possuam extintores de incêndio que funcionem, sinalização e saídas de emergência e uma pessoa treinada para uso dos extintores e evacuação do local. Já para áreas de até 750 m² e até três pavimentos (baixo ou médio risco), segue sendo necessário apresentar o plano, mas um plano simplificado e tendo a vistoria dispensada. E áreas superiores a 750 m² e outros requisitos (alto risco) devem possuir o plano e a vistoria (FACHINI, 2023, p. 3).

Observa-se que a exigência de elaboração de plano de combate a incêndio é dispensada para projetos enquadrados nos critérios de baixo risco. Contudo, nos casos de empreendimentos classificados como de baixo e médio risco, com área construída de até 750 m², permanece a obrigatoriedade da apresentação do referido plano, ainda que em formato simplificado e sem a exigência de vistoria prévia. Há de se questionar sobre as razões que alteraram tópicos da Lei Boate Kiss, flexibilizando, o que no início estava determinado. Assim, é importante refletir que incêndios de tamanha magnitude com consequências fatais à vida humana e avassaladoras às famílias dos mortos e dos que ficaram vivos com sequelas não podem ser esquecidos.

Percebe-se que as leis que tratam da temática sobre incêndio existem, talvez haja alguma deficiência sobre a aplicação destas leis. Há instrumentos processuais e extraprocessuais adequados para tratar do assunto e o Poder Judiciário tem respondido com bastante firmeza quando instado a se manifestar sobre casos tais (MIRANDA, 2018).

3.6 Combate a Incêndio Urbano

Tomando como referência o Manual Básico de Combate a Incêndio do Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal (CBMDF), o combate a incêndio urbano (CIU) requer coordenação e adequação de recursos humanos, materiais e viaturas, emprego de técnicas para solução de ocorrências objetivando a extinção do incêndio (CBMDF, 2009).

O referido manual afirma que seja qual for o tamanho do incêndio, este é composto por diversos fatores complexos que influenciam seu combate, por exemplo: o tipo de estrutura, a presença de vítimas, direção do vento, quantidade e disposição do material combustível, acúmulo de fumaça e sua movimentação, risco de colapso estrutural, etc. No mais, deve-se acompanhar a evolução do incêndio, averiguar a efetivação do planejamento, observar se é preciso adaptar o planejamento e criar mudanças.

Enquanto o Manual Operacional de Bombeiros – Combate a Incêndio Urbano do Corpo de Bombeiros Militar do Goiás (CBMGO), relaciona esta atividade à administração organizacional, uma vez que "[...] o processo de administrar estrutura-se em quatro funções "planejar, organizar, dirigir e controlar" (2017, p.371).

Portanto, a atividade de planejamento pode ser definida como reconhecer a situação, criar hipóteses de sua evolução, determinar objetivos, ter ciência dos recursos materiais e humanos para correta distribuição ao alcance dos objetivos propostos. Depois do planejamento, inicia-se a direção que constitui uma reunião de ordens e instruções emitidas pelo comando da operação durante seu desenvolvimento (GOMES, 2002).

Segundo o CBMGO (2017) as ações de direção compreendem a formulação e repasse de ordens, constatação se as ordens foram recebidas de modo claro, assim como que estas ordens sejam efetivadas por quem detenha condições de cumpri-las.

Conforme o CBMDF (2009) uma organização eficiente é aquela padronizada como resposta, dentro da corporação, para qualquer ocorrência, denominada Segurança Contra Incêndio.

3.7 Segurança Contra Incêndio

A Segurança Contra Incêndio (SCI) é uma ciência reconhecida internacionalmente, porque possui métodos de pesquisa, desenvolvimento e ensino. Esta área possui extensa atividade na Europa, Estados Unidos da América, Japão e com menor intensidade em outros países do mundo. As estatísticas de incêndios favorecem "A manutenção de sistemas de coleta

tratamento e análise de dados sobre incêndios permitem organizar programas de proteção, prevenção contra incêndios e educação em nível local e nacional" (DEL CARLO, 2008).

O autor supracitado diz que os laboratórios de pesquisa realizam testes de resistência e reação ao fogo de materiais, componentes e sistemas construtivos contribuindo ao desenvolvimento e certificação de novos produtos, apoiando o desenvolvimento, produzindo emprego e competitividade para os países. No âmbito da pesquisa podem se citadas algumas importantes associações internacionais sobre incêndio: A Associação Internacional para a Ciência da Segurança contra Incêndios (IAFSS); Associação Nacional de Proteção contra Incêndio (NFPA); Sociedade de Engenheiros de Proteção contra Incêndio (SFPE) e Associação de Proteção contra Incêndio (FPA).

Entende-se do exposto que a pesquisa é essencial para a construção e aperfeiçoamento da SCI, constituindo-se uma forma eficiente de organização das operações de combate a incêndio.

A definição de SCI elaborada pelo Manual de Comando de Incidentes do Distrito Federal, diz que é:

> Uma ferramenta de gerenciamento de incidentes padronizada, para todos os tipos de sinistros, que permite a seu usuário adotar uma estrutura organizacional integrada para suprir as complexidades e demandas de incidentes únicos ou múltiplos, independente das barreiras jurisdicionais (CBMDF, 2011, p.22).

Observa-se o critério de padronização adotado para atuar frente aos incidentes, mesmo que sejam múltiplos. Assim, há um planejamento construído dentro de critérios de estrutura organizacional e de conhecimento em CIU e SCI.

No sentido da pesquisa e desenvolvimento em SCI é crucial que a população seja orientada a prevenir incêndios, uma vez que:

> A educação é considerada a chave para a prevenção e proteção contra incêndios. Existe uma infinidade de encontros e programas de educação visando à conscientização da população para a prevenção e proteção contra incêndios. Cursos de treinamento para técnicos em instalações e manutenção de sistemas de segurança são organizados. Em mais de quarenta países existem cursos de engenharia de proteção contra incêndio. E em alguns deles são oferecidos cursos de pós-graduação tanto no nível de mestrado como de doutorado. Todas as instituições e laboratório enfocados neste trabalho possuem programas de formação em SCI (DEL CARLO, 2008, p. 6).

Apesar dos cursos de capacitação de prevenção e proteção acontecer mundo a fora, é preciso analisar como esse projeto educacional acontece no Brasil e em milhares de municípios, porque talvez a participação da educação pública, pela implantação na grade curricular da educação básica, seja fundamental.

Como forma de exemplificação de Segurança Contra Incêndio o Manual Básico de Combate a Incêndio utilizado pelo CBMDF (2009), utiliza-se de regras nas suas operações de CIU em que as principais compreendem:

a. Comando unificado (existe apenas um comandante na operação);
b. Manejo integral dos recursos (cadastro e acompanhamento de todos os recursos na operação, garantindo sua utilização adequada);
c. Alcance de controle (um chefe comanda no máximo sete subordinados, viaturas ou equipes, sendo o número ideal de cinco);
d. Organização modular (a estrutura pode ser ampliada ou reduzida conforme a complexidade da operação);
e. Instalações padronizadas (algumas instalações de suporte a operação); e,
f. Plano de ação do incidente - PAI (planejamento operacional específico para a operação em questão).

Enquanto a Segurança Contra Incêndio se fundamenta em oito funções:

a. Comando de Incidente;
b. Planejamento;
c. Operações;
d. Logística;
e. Administração e Finanças;
f. Segurança;
g. Informação Pública;
h. Ligação.

Deste modo, as operações em CIU segundo o Manual de Comando de Incidentes do CBMDF (2011) assumem papel principal porque englobam todas as funções e de acordo com a operação se amplia a estrutura, podendo delegar funções. De acordo com o CBMDF (2009) a maior parcela de operações de combate a incêndio requer ações de primeira resposta, chamada

fase reativa, que ocorre nas primeiras quatro horas, que em geral, é tempo suficiente à efetivação das ações de combate a incêndio.

Neste raciocínio, o Manual de Comando de Incidentes – CBMDF (2011) apresenta oito etapas para serem seguidas pelo combate a incêndio (tarjeta de campo: guia de trabalho para o período inicial no SCI), no intuito de padronizar o sistema de respostas. As etapas são:

1. Informar a sua base de sua chegada no incidente
2. Assumir e estabelecer o Posto de Comando
3. Avaliar a situação
4. Estabelecer um perímetro de segurança
5. Estabelecer os objetivos
6. Determinar estratégias
7. Determinar as necessidades de recursos e possíveis instalações
8. Preparar informações para transferir o comando

Estas ações delineadas na tarjeta de campo serão registradas durante a ocorrência, com a finalidade de conservar a organização da operação, assim como aparelhar informações caso seja preciso realizar uma passagem de comando. Para tanto são utilizados formulários de SCI, especialmente, na fase reativa (CBMDF, 2011).

A partir de agora, lança-se o olhar para as estruturas de obtenção de água, os hidrantes, espalhados no espaço urbano, os quais fazem parte do CIU.

3.8 Os Hidrantes

Entre os agentes extintores, a água é o mais completo, e ainda não que extingue o incêndio é capaz de contribui para o isolamento de riscos, contribuindo para que os bombeiros se aproximem do fogo para uso de outros agentes extintores. A água é utilizada no sistema de hidrantes e mangotinhos, sistema de chuveiros automáticos e sistema de água nebulizada, cuja finalidade é controlar e extinguir, rápida e eficientemente, o incêndio (GOMES, 1998).

Como agente extintora, a água realiza a melhor absorção do calor, o seu efeito extintor pode ser controlado aumentando ou diminuindo, conforme for dirigida sobre o fogo. Quanto ao método de extinção, a água pode realizar resfriamento, abafamento e emulsificação. Há três formas básicas de aplicação da água: jato compacto, neblina e vapor (FERREIRA, 1987).

O jato compacto compreende jatos fortes de água obtidos por alta pressão através de esguicho com orifício (requinte) de descarga circular. A extinção do incêndio ocorre por resfriamento, todavia, é necessário que ocorra a vaporização da água na imediata proximidade do objeto incendiado (ABNT, 1992).

Na forma de vapor a água em jato se apresenta fragmentada em pequeníssimas partículas cujos diâmetros se assemelham a tamanhos microscópicos, pode ser chamada de “neblina”. A água em forma de neblina se caracteriza pela máxima de superfície quanto ao conteúdo líquido que a compõe, como consequência obtém-se a máxima capacidade prática de absorção do calor. Praticamente toda água empregada no combate a incêndios se transforma em vapor, consequentemente, continua funcionando por abafamento em seu poder extintor, principalmente em ambientes confinados (FERREIRA, 1987).

A utilização da água em forma de neblina favorece a máxima capacidade de absorver calor (em torno de 90% da água passa a ser vapor). No sistema de hidrantes e de mangotinhos, a utilização do jato em forma de neblina apresenta eficiência na extinção do incêndio confinado, assim como em incêndios abertos e em líquidos inflamáveis.

O efeito de emulsificação ocorre através de neblina de alta velocidade. Por esse método é possível extinguir incêndios em líquidos inflamáveis viscosos, já que o efeito de resfriamento proporcionado pela água, na superfície destes líquidos, bloqueará a liberação de seus vapores inflamáveis. Contudo, neste processo emulsificador, as gotas de inflamáveis são envolvidas, cada uma, por gotas de água, produzindo um aspecto leitoso nos casos dos óleos. Há alguns líquidos viscosos em que a emulsificação se mostra em forma de espuma retardando a liberação dos vapores inflamáveis.

Os hidrantes podem ser definidos como:

> [...] dispositivos existentes em redes hidráulicas que possibilitam a captação de água para emprego nos serviços de bombeiros, principalmente no combate a incêndio. Esse tipo de material hidráulico depende da presença do homem para utilização final da água no combate ao fogo. É a principal instalação fixa de água, de funcionamento manual (CBMES, 2012, p. 86).

Verifica-se que os hidrantes são formas estratégicas de suporte ao corpo de bombeiros na atuação de combate a incêndios, espalhados na cidade de forma a fornecer água para o combate ao fogo.

O Departamento de Segurança Contra Incêndio do CBMDF (2021) considera que:

> O hidrante urbano de incêndio é definido como um aparelho de ferro fundido, instalado na rede pública de água pela concessionária de água da cidade ou região administrativa, com o objetivo de abastecer as viaturas do Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal para o combate a incêndios e outras operações. A NBR 5667 define como "aparelhos ligados aos encanamentos de abastecimento d'água que permitem a adaptação de bombas e/ou mangueiras para o serviço de extinção de incêndios" (CBMDF-DESEG, 2021, p. 2)

Destaca-se aqui o material constituinte do hidrante, ferro fundido, estando conectados à rede de abastecimento de água com adaptação a bombas ou mangueiras de combate a incêndio.

A instrução técnica nº 34/2021 do Corpo de Bombeiros Militar de Alagoas - CBMAL (2021), sobre hidrante urbano, no item sobre instalação de hidrante urbano na rede pública elenca as atribuições da concessionária de serviços de água e esgotos:

> À concessionária local dos serviços de águas e esgotos é atribuída à competência para o projeto, a instalação, a substituição e a manutenção dos hidrantes urbanos.
> A concessionária, em conjunto com o Corpo de Bombeiros Militar local, deve estabelecer os locais para a instalação dos hidrantes urbanos.
> Os hidrantes urbanos devem ser preferencialmente instalados nas esquinas das vias públicas e no meio das grandes quadras.
> 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.
> O Corpo de Bombeiros Militar da área deve solicitar à concessionária local dos serviços de água o conserto dos defeitos constatados nos hidrantes urbanos, de forma a mantê-los sempre em perfeitas condições de funcionamento.
> O Corpo de Bombeiros Militar deve solicitar à concessionária local dos serviços de água que indique a localização dos hidrantes urbanos em mapa circunstanciado, mantendo-o constantemente atualizado (CBMAL, 2021, p.3).

Deste modo, o projeto, a instalação, a manutenção, a substituição dos hidrantes urbanos são da competência da concessionária, no entanto, a participação do Corpo de Bombeiros Militar se faz pela escolha dos locais de instalação, solicitações de conserto e fornecimento de mapa das instalações dos hidrantes.

Em se tratando da identificação da vazão do hidrante urbano, é dito que:

> Os capacetes e os tampões dos hidrantes urbanos devem ser pintados conforme o padrão [...]
> Deve-se entender que a identificação dos hidrantes urbanos [...] representa somente a capacidade individual de cada hidrante urbano e não de um grupo de hidrantes urbanos funcionando simultaneamente.

> O Corpo de Bombeiros Militar da área de atuação deve enviar à concessionária local dos serviços de águas e esgotos cópia do relatório com o resultado dos testes da vazão dos hidrantes urbanos para avaliação do desempenho da rede. Para melhor visualização o corpo de hidrante deve ser pintado de amarelo (CBMAL, 2021, p.3).

Percebe-se que há uma padronização de cores de capacetes e tampões para a identificação dos hidrantes em suas vazões. Entende-se que o corpo dos hidrantes é pintado de amarelo para melhor visualização, assim, vem sendo abandonada a cor vermelha.

Os hidrantes se classificam em urbanos, de recalque, industrial e de parede. Neste estudo, o interesse recai sobre os hidrantes urbanos. Na Figura 01, tem-se um modelo, sua localização é nas calçadas da via pública, o seu abastecimento é de responsabilidade da companhia de água da cidade. Neles há um registro que não pode ser acionado por qualquer pessoa comum do povo, pois requer uma chave específica que fica em poder do corpo de bombeiros, sem a qual não se libera o fluxo de água (CBMAL, 2021).

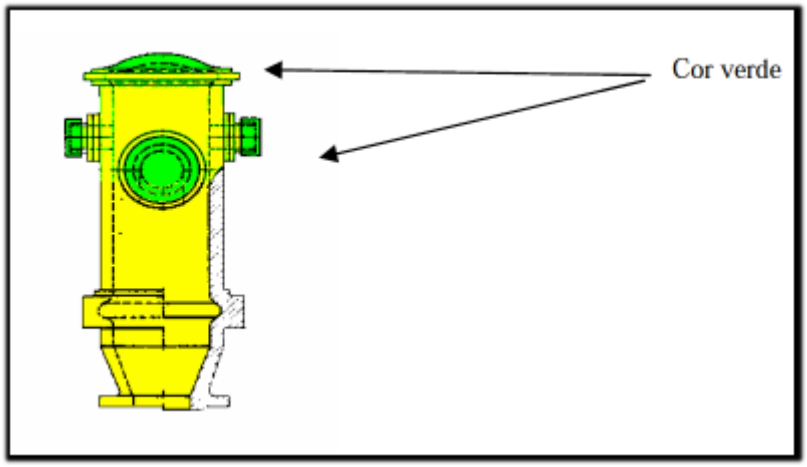
Figura 01. Hidrante Urbano.



Fonte: CBMAL, 2021.

Existem cores padronizadas para a identificação da vazão dos hidrantes urbanos, a Figura 02, apresenta um hidrante cuja cor verde sinaliza a vazão superior a 2.000 L/min.

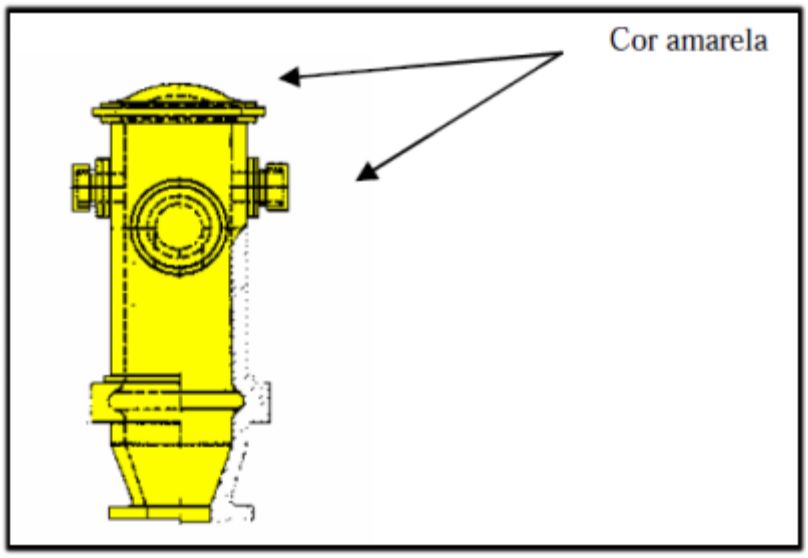
Figura 02. Hidrante com vazão maior do que 2.000 L/min.



Fonte: (CBMAL, 2021, p.5)

A seguir, a Figura 03, mostra um hidrante cuja cor amarela sinaliza a vazão entre 1.000 L/min e 2.000 L/min.

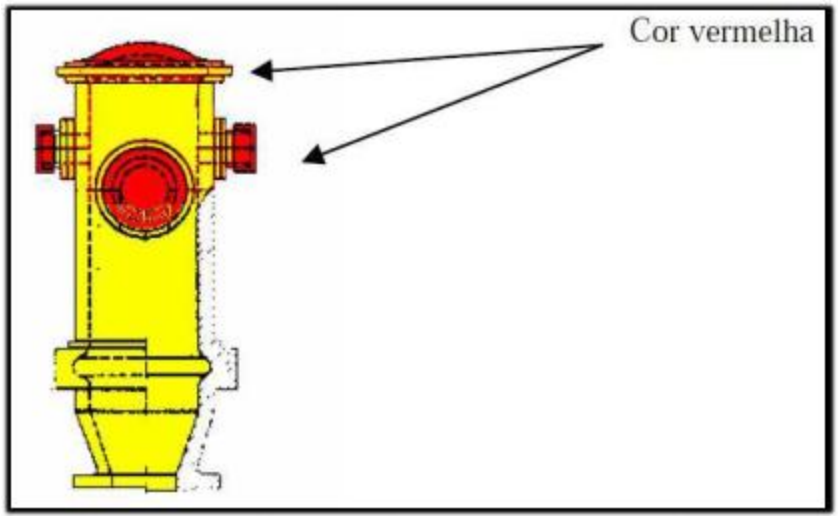
Figura 03. Hidrante com vazão entre 1.000 L/min e 2.000 L/min.



Fonte: (CBMAL, 2021, p.5)

Enquanto a Figura 04 exemplifica um hidrante com vazão menor do que 1.000 L/min.

Figura 04. Hidrante com vazão menor do que 1.000 L/min.



Fonte: (CBMAL, 2021, p.5)

Por fim, o CBMAL (2021), em sua instrução técnica nº 34/2021, estabelece duas recomendações:

> Tendo em vista a dificuldade de visualização, a grande possibilidade de obstrução e de contaminação da água, recomenda-se a não instalação de hidrante do tipo subterrâneo na rede pública de distribuição de água e nas redes dos loteamentos e condomínios.
> Pelos mesmos motivos [...], recomenda-se que os hidrantes subterrâneos existentes sejam gradativamente desativados para a finalidade de combate a incêndios e, após análise de viabilidade, sejam substituídos por hidrantes urbanos, fabricados de acordo com a NBR 5667/06 (CBMAL, 2021, p.3-4).

Estas recomendações defendem a desativação de hidrantes subterrâneos embasadas nos riscos de obstrução, contaminação da água e falhas de visualização por transeuntes.

Deste modo, compreende-se que o Estatuto da Cidade, a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil, a Lei da Boate Kiss, as referências técnicas de Combate a Incêndio do Corpo de Bombeiros Militar de vários Estados do país, a Segurança Contra Incêndio, a compreensão sobre instalação, uso e manutenção de hidrantes são instrumentos sólidos de estudo, prevenção e combate a incêndios.

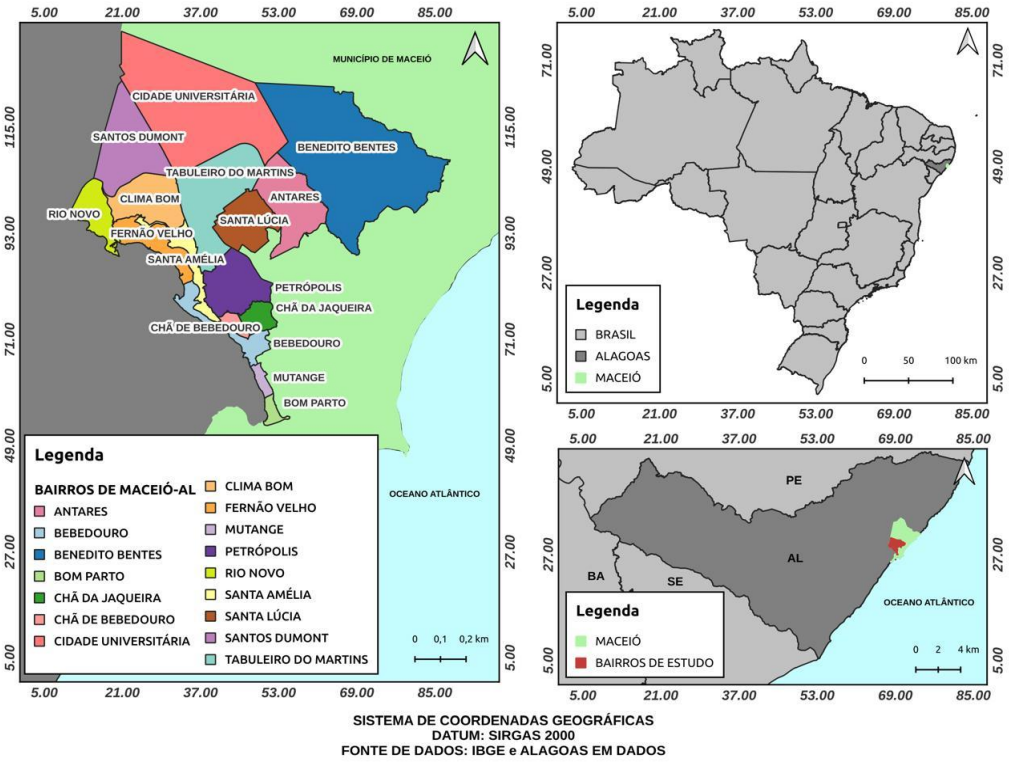
4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Área de Estudo

A área escolhida para estudo do projeto, as 3 Regiões Administrativas de Maceió: 4, 6 e 7, juntas concentram segundo o Perfil Socioeconômico das Grotas de Maceió (2018), uma população aproximada de 112.488 habitantes, nas 3 RA's: 4, 6 e 7. Além disso, foram observados hidrantes aglomerados com sobreposição de raios de ação, especialmente no bairro Clima Bom, que de acordo com o Censo 2022, possui uma população estimada de 50.386 habitantes distribuídos em uma área de 4,66 km², e onde se concentram múltiplos hidrantes em funcionamento ativo. A área de estudo foi escolhida, pois é onde há abrangência de competência de ação do quartel de combate a incêndio da parte alta da capital de Alagoas, localizado no Bairro Tabuleiro dos Martins, e era onde havia informações prévias de localização e condições de uso dos hidrantes, servindo como base para a partir destes dados, iniciar os levantamentos.

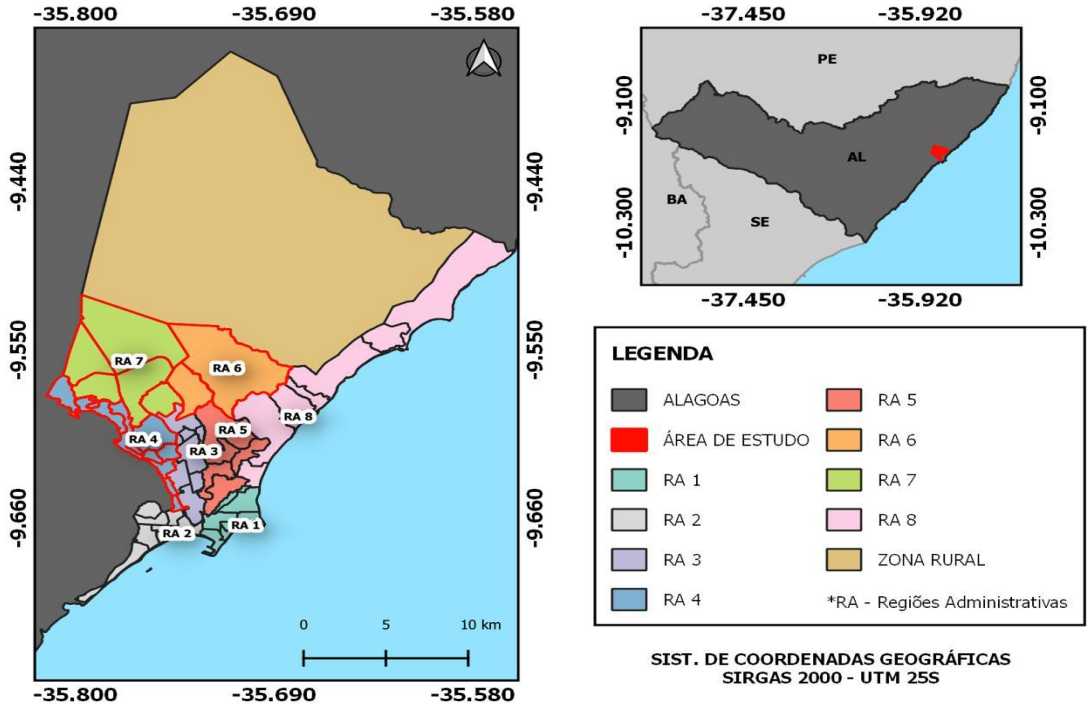
Os 16 bairros que contemplam as RA's de estudo, são: Mutange, Bebedouro, Petrópolis, Santa Amélia, Bom Parto, Chã de Bebedouro, Fernão Velho, Rio Novo, Chã de Jaqueira, Benedito Bentes, Antares, Santos Dumont, Cidade Universitária, Santa Lúcia, Clima Bom e Tabuleiro dos Martins (Figura 5); destacando abaixo também as RA's 4, 6 e 7 (Figura 06).

Figura 05: Mapa dos Bairros da área de estudo.



Fonte: Autor (2025).

Figura 06: Mapa das Regiões Administrativas 4, 6 e 7 de Maceió para área de estudo.



Fonte: Autor (2025)

4.2 Materiais

Receptor de dupla frequência GNSS CHC X91 como base, que utiliza multiconstelação: incluindo GPS, GLONASS, BeiDou, e Galileo, e o modelo CHC i73+ como *Rover* que possui as mesmas especificidades da base*, Microsoft Excel* para gerenciar as planilhas com os dados alfanuméricos encontrados; *QGIS.*3.34.14 para processar os dados geoespaciais e produzir mapas; *Google Earth* para localização inicial das coordenadas geográficas fornecidas pelo CBMAL; *Notebook DELL Inspirion 3583* com: sistema operacional *Windows* 10; processador *Intel core i7*; placa de vídeo *intel(r) uhd graphics* 620; memória RAM de 12.288 MB.

4.3 Métodos

Com base nos dados prévios de localização dos hidrantes fornecidos pelo Corpo de Bombeiros Militar de Alagoas, divulgado no site do CBMAL, o trabalho de campo confrontou os dados fornecidos com os observados, coletando novos dados, com auxílio do GNSS geodésico através do método RTK, posteriormente foram organizados tais dados no Excel, para tratamento e manejo dos dados vetores no *software* livre *QGIS*. Com intuito final da produção de mapas temáticos da geolocalização dos hidrantes e atualização das condições de uso.

A geração dos polígonos de Voronoi foi realizada utilizando o software QGIS, a partir da camada vetorial contendo os pontos georreferenciados dos hidrantes. Essa ferramenta permitiu uma visualização clara das zonas de influência de cada hidrante, servindo de base para comparações com os parâmetros recomendados por normas técnicas e diretrizes de segurança urbana.

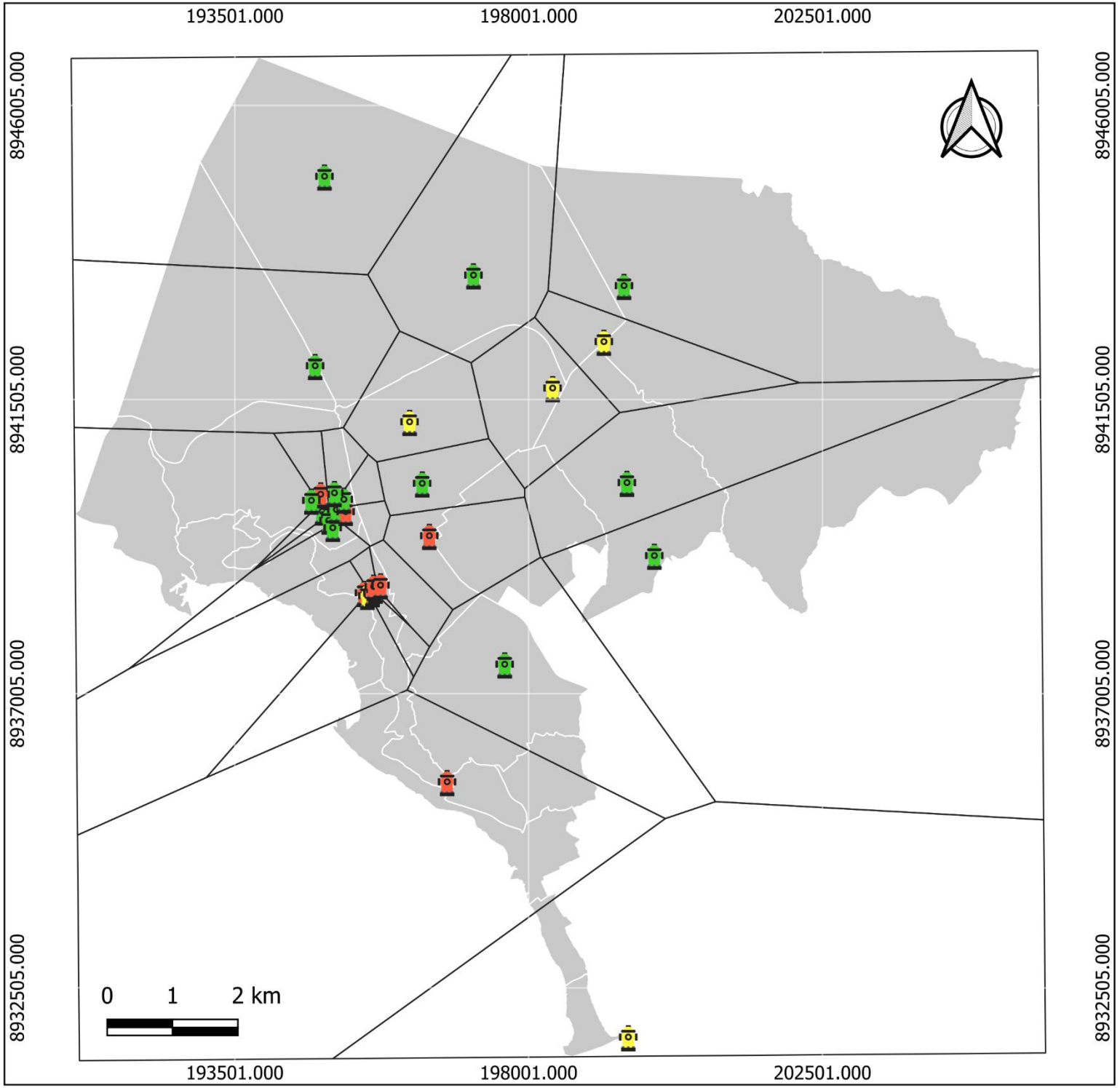
Com a aplicação do diagrama de Voronoi, foi possível identificar áreas com sobreposição de zonas de influência, indicando possível redundância na cobertura, bem como regiões com células significativamente maiores, sugerindo a necessidade de instalação de novos hidrantes para melhorar a distribuição e eficiência do sistema de abastecimento de água para combate a incêndios.

Portanto, a utilização do diagrama de Voronoi nesta pesquisa contribuiu para uma análise espacial mais detalhada, reforçando a importância das geotecnologias como instrumentos essenciais no planejamento urbano e na promoção da segurança pública.

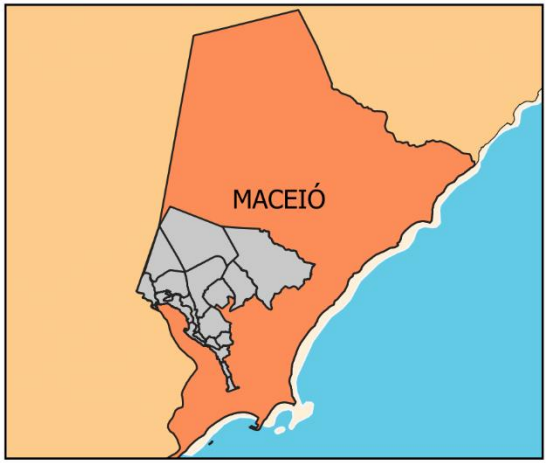
Existem 30 hidrantes que comtemplam os 16 bairros das 3 Regiões Administrativas que serão objeto de estudo do projeto, dentre eles, os que constam ativos são 16, o que representa uma porcentagem aproximada de 53,33 % do total das 3 RA’s, com esses dados já se observa

a problemática da defasagem dos hidrantes com capacidade de utilização efetiva, apenas um pouco mais da metade dos equipamentos de abastecimento dos veículos de combate à incêndio da área de estudo estão em boas condições de uso. Tendo como parâmetro estes dados, serão analisados quais hidrantes continuam ativos ou quais se tornaram ativos para servir como dados dos Mapas Temáticos de otimização que serão gerados.

Para avaliar a cobertura espacial dos hidrantes urbanos nos bairros da parte alta de Maceió, foi utilizado o diagrama de Voronoi como ferramenta de análise no Sistema de Informações Geográficas (SIG). Essa abordagem permite dividir o espaço em regiões de influência, onde cada célula representa a área mais próxima de um hidrante específico, facilitando a identificação de zonas com possível deficiência na cobertura, conforme Figura 7.







LEGENDA

INOPERANTE OPERANTE PARCIAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS - UFAL
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRARIAS - CECA
ENGENHARIA DE AGRIMENSURA

TITULO: CRIAÇÃO DE UM SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS PARA A DISTRIBUIÇÃO DE HIDRANTES DE INCÊNDIO.

AUTOR: VITOR GOMES NETO | ORIENTADORA: REGLA TOUJAGUEZ

SISTEMA DE COORDENADAS GEODÉSIAS
SIRGAS 2000
PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR
FUSO 25 S - MC -33°

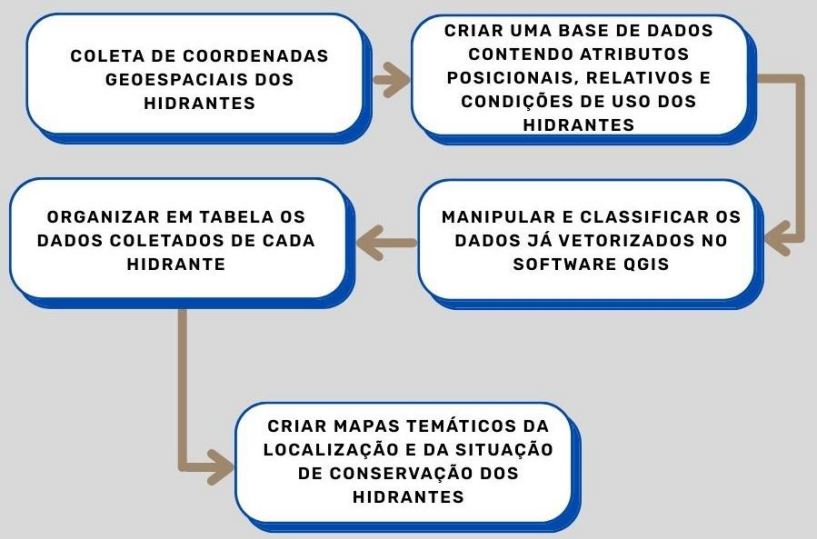
FONTE: DADOS FORNECIDO PELA BRK, IBGE E SEPLAG/AL - ADAPTADOS PELO AUTOR

MAPA DA SITUAÇÃO DOS HIDRANTES.

4.4 Sequência Metodológica das Etapas de Trabalho

A metodologia utilizada para a construção do sistema de informação geográfica dos hidrantes nas regiões 04, 06 e 07 são apresentadas no fluxograma da Figura 08.

Figura 08: Fluxograma das Etapas do Projeto.



Fonte: Autor (2025).

4.5 Aquisição de Dados

Os dados necessários para a elaboração deste trabalho, em especial a geolocalização dos hidrantes, foram obtidos por meio de levantamento topográfico em campo, utilizando o receptor de dupla frequência GNSS CHC X91 como base, que utiliza multiconstelação: incluindo GPS, GLONASS, BeiDou, e Galileo, e o modelo CHC i73+ como *Rover* que possui as mesmas especificidades da base. A metodologia aplicada permitiu a obtenção de coordenadas precisas, conforme ilustrado nas Figuras 09 e 10.

Figura 09. Nivelamento do receptor (Base).



Fonte: Autor (2024).

Figura 10. Captura de coordenadas, com o *Rover*.



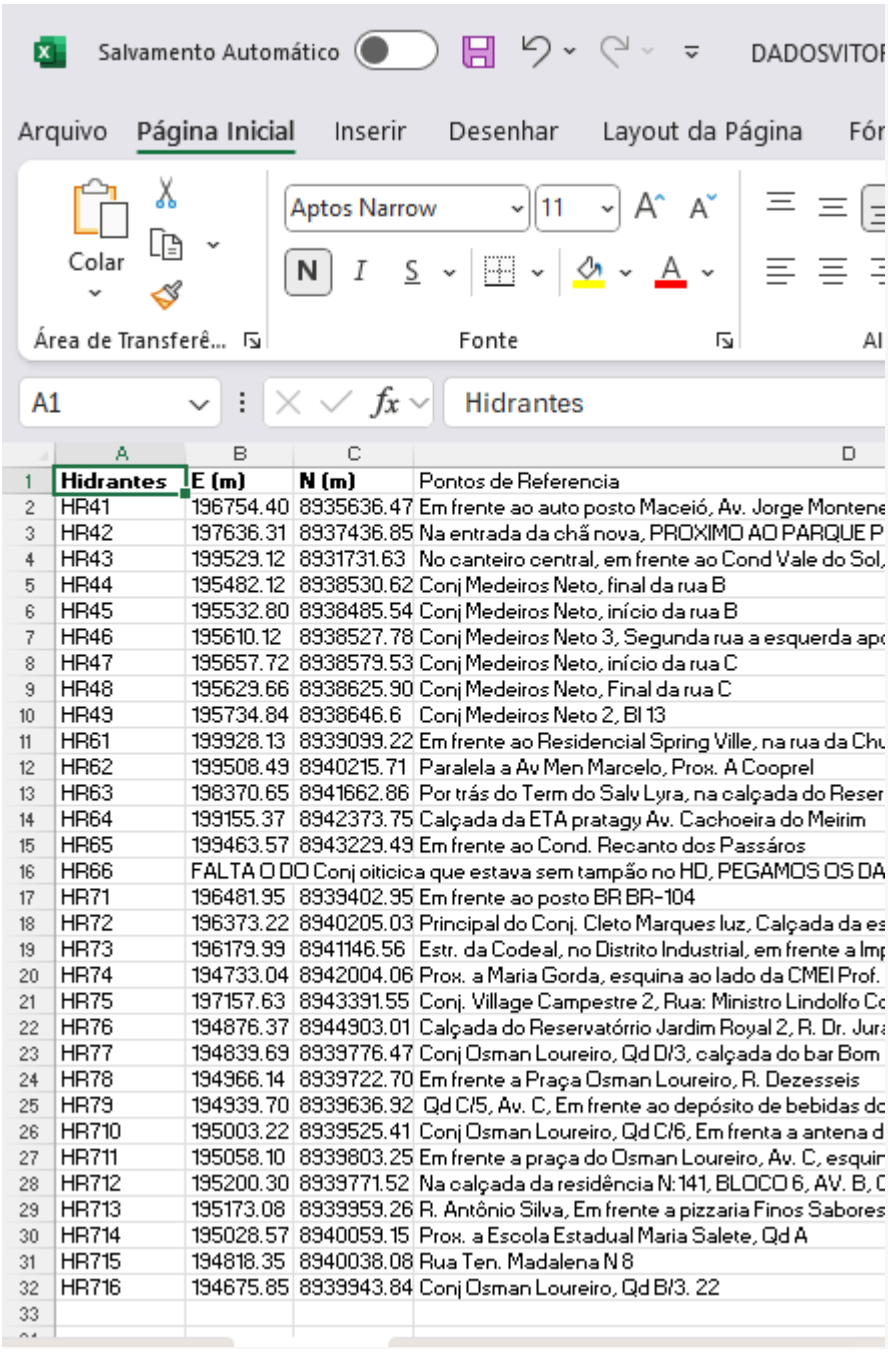
Fonte: Autor (2024)

Além disso, as informações relativas à situação de cada hidrante foram fornecidas pela concessória de saneamento básico BRK, sendo organizadas em um banco de dados alfanumérico no formato de planilha, utilizando o *software Microsoft Excel*.

4.6 Organização dos Dados

Após o recebimento dos dados, procedeu-se à delimitação da área de interesse e ao início do processo de organização das informações. A cada hidrante foram atribuídas suas respectivas coordenadas geográficas, bem como os dados cadastrais correspondentes, tais como situação da vazão, bairro, logradouro e ponto de referência (Figura 11).

Figura 11. Exportando as camadas.

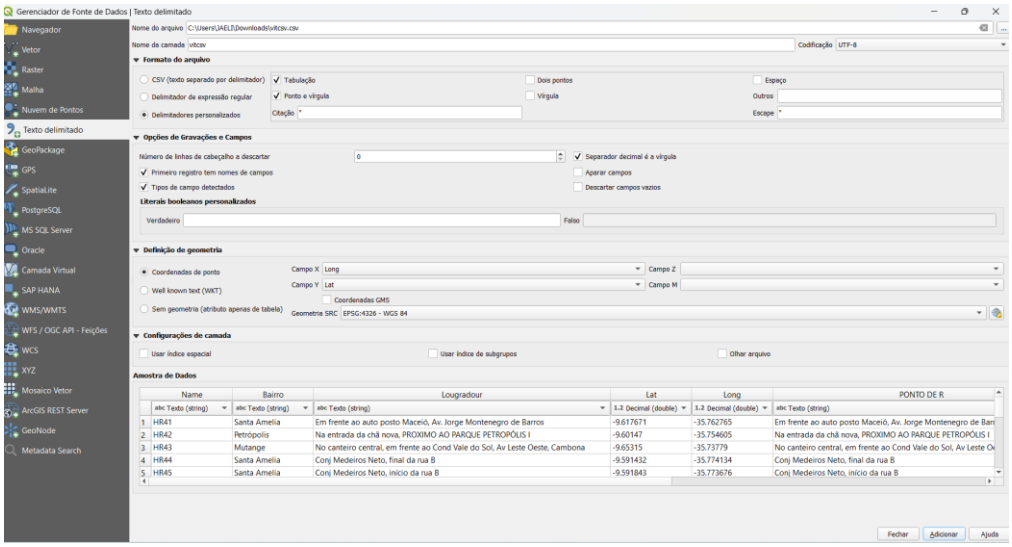


	A	B	C	D
1	**Hidrantes**	**E (m)**	**N (m)**	Pontos de Referencia
2	HR41	196754.40	8935636.47	Em frente ao auto posto Maceió, Av. Jorge Montene
3	HR42	197636.31	8937436.85	Na entrada da chã nova, PROXIMO AO PARQUE P
4	HR43	199529.12	8931731.63	No canteiro central, em frente ao Cond Vale do Sol,
5	HR44	195482.12	8938530.62	Conj Medeiros Neto, final da rua B
6	HR45	195532.80	8938485.54	Conj Medeiros Neto, início da rua B
7	HR46	195610.12	8938527.78	Conj Medeiros Neto 3, Segunda rua a esquerda apo
8	HR47	195657.72	8938579.53	Conj Medeiros Neto, início da rua C
9	HR48	195629.66	8938625.90	Conj Medeiros Neto, Final da rua C
10	HR49	195734.84	8938646.6	Conj Medeiros Neto 2, Bl 13
11	HR61	199928.13	8939099.22	Em frente ao Residencial Spring Ville, na rua da Chu
12	HR62	199508.49	8940215.71	Paralela a Av Men Marcelo, Prox. A Cooprel
13	HR63	198370.65	8941662.86	Por trás do Term do Salv Lyra, na calçada do Reser
14	HR64	199155.37	8942373.75	Calçada da ETA pratagy Av. Cachoeira do Meirim
15	HR65	199463.57	8943229.49	Em frente ao Cond. Recanto dos Passáros
16	HR66	FALTA O DO Conj oiticica que estava sem tampão no HD, PEGAMOS OS DA		
17	HR71	196481.95	8939402.95	Em frente ao posto BR BR-104
18	HR72	196373.22	8940205.03	Principal do Conj. Cleto Marques luz, Calçada da es
19	HR73	196179.99	8941146.56	Estr. da Codeal, no Distrito Industrial, em frente a Imp
20	HR74	194733.04	8942004.06	Prox. a Maria Gorda, esquina ao lado da CMEI Prof.
21	HR75	197157.63	8943391.55	Conj. Village Campestre 2, Rua: Ministro Lindolfo Co
22	HR76	194876.37	8944903.01	Calçada do Reservatórrio Jardim Royal 2, R. Dr. Jura
23	HR77	194839.69	8939776.47	Conj Osman Loureiro, Qd D/3, calçada do bar Bom
24	HR78	194966.14	8939722.70	Em frente a Praça Osman Loureiro, R. Dezesseis
25	HR79	194939.70	8939636.92	Qd C/5, Av. C, Em frente ao depósito de bebidas do
26	HR710	195003.22	8939525.41	Conj Osman Loureiro, Qd C/6, Em frenta a antena d
27	HR711	195058.10	8939803.25	Em frente a praça do Osman Loureiro, Av. C, esquir
28	HR712	195200.30	8939771.52	Na calçada da residência N:141, BLOCO 6, AV. B, C
29	HR713	195173.08	8939959.26	R. Antônio Silva, Em frente a pizzaria Finos Sabores
30	HR714	195028.57	8940059.15	Prox. a Escola Estadual Maria Salete, Qd A
31	HR715	194818.35	8940038.08	Rua Ten. Madalena N 8
32	HR716	194675.85	8939943.84	Conj Osman Loureiro, Qd B/3. 22
33				

Fonte: Autor (2024).

A planilha contendo os dados alfanuméricos foi exportada do *software Microsoft Excel* no formato .CSV e, em seguida, importada para o *software QGIS* 3.28.3, conforme ilustrado na Figura 12. Os pontos correspondentes aos hidrantes, juntamente com suas respectivas informações cadastrais, foram integrados ao ambiente SIG a partir do arquivo .CSV.

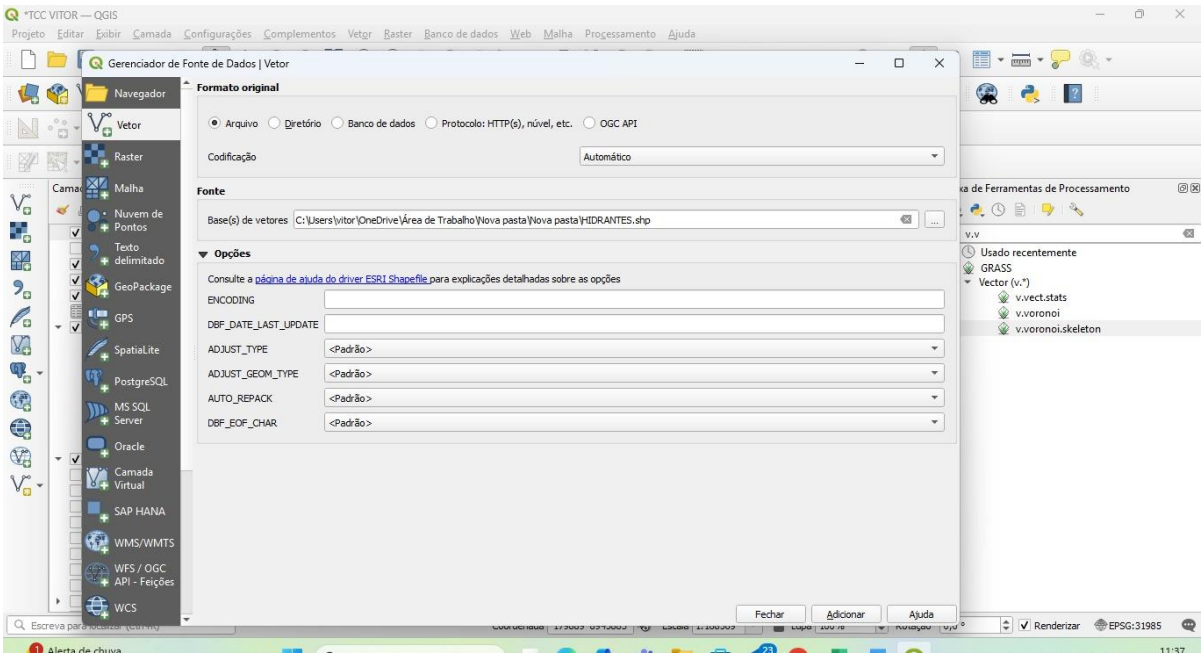
Figura 12. Importando dados para o QGIS.



Fonte: Autor (2024)

Após o processo de importação dos dados, a camada vetorial foi exportada no formato *Shapefile*, com geometria do tipo ponto, utilizando o sistema de referência SIRGAS 2000, Fuso 25 Sul (Figura 13).

Figura 13. *Shapefile*



Fonte: Autor (2024)

Após a conclusão de todas as etapas, foi desenvolvido um Sistema de Informação Geográfica (SIG) para o armazenamento dos dados cadastrais e das informações técnicas referentes aos hidrantes. Esse sistema tem como objetivo auxiliar as unidades de combate a

incêndio do Corpo de Bombeiros, proporcionando uma resposta mais rápida e uma análise mais precisa na escolha do hidrante mais adequado para reabastecimento em situações de emergência.

4.7 Estruturação dos Dados Para a Criação do Mapa de Localização

Após a construção do Sistema de Informação Geográfica (SIG), o projeto foi exportado para o formato KMZ, compatível com o *software Google Earth*. Essa conversão visa facilitar a usabilidade da base de dados em campo, uma vez que o *Google Earth* permite ao usuário visualizar os hidrantes e criar rotas de acesso para cada um, juntamente com sua posição atual, possibilitando a análise da menor distância e a escolha do ponto de abastecimento mais eficiente.

Além de agilizar a logística operacional, o mapa digital funciona como uma ferramenta de apoio para o planejamento urbano e a manutenção preventiva. A integração das informações cadastrais e técnicas (como estado de funcionamento, vazão e localização) a um ambiente de fácil acesso contribui para decisões mais assertivas, tanto em ações emergenciais quanto em estratégias de longo prazo, promovendo mais segurança e eficiência na gestão dos recursos públicos.

4.8 Estruturação dos Dados Para a Criação de Mapa Temático de Análise da Condição da Vazão dos Hidrantes

A vazão é um dos principais parâmetros utilizados na engenharia hidráulica para caracterizar o escoamento de fluidos, especialmente da água, em sistemas naturais ou artificiais. De forma geral, ela representa o volume de água que passa por uma seção transversal de um conduto ou canal em um determinado intervalo de tempo. Sua unidade mais comum é o litro por segundo (L/s) ou metro cúbico por segundo (m^3/s), dependendo da escala do sistema analisado. A equação fundamental para o cálculo da vazão é $Q=A \cdot vQ = A \cdot vQ=A \cdot v$, onde Q representa a vazão, A a área da seção transversal e v a velocidade média do escoamento (MOTA, 2012).

A determinação precisa da vazão é essencial para o projeto, dimensionamento e operação de sistemas hidráulicos, como redes de abastecimento de água, drenagem urbana, irrigação, e controle de cheias. A vazão pode variar conforme a topografia, o regime de chuvas, a demanda de consumo e as características do sistema. Conforme destaca Tucci (2007), "a vazão é o elo entre o ciclo hidrológico e o projeto hidráulico, sendo a base para decisões técnicas em diversas escalas".

Existem diferentes classificações de vazão, dependendo do contexto em que está sendo utilizada. A vazão média é usada para representar a quantidade média de água disponível em determinado período, enquanto a vazão máxima está relacionada a eventos extremos, como chuvas intensas ou testes de capacidade. Já a vazão mínima é crucial para garantir o abastecimento em períodos de seca ou baixa demanda. Cada tipo de vazão atende a um objetivo específico e requer metodologias próprias para sua estimativa, baseando-se em dados históricos e modelos matemáticos (PORTO; TUCCI; BARROS, 1999).

Além disso, a avaliação da vazão é determinante para garantir o desempenho e a segurança dos sistemas hidráulicos. Subdimensionamentos podem comprometer o funcionamento das estruturas, enquanto superdimensionamentos podem acarretar desperdícios e custos desnecessários. Por isso, o estudo da vazão, aliado a medições em campo e simulações computacionais, é uma etapa indispensável em projetos que envolvem o uso da água, sendo um parâmetro-chave na gestão integrada dos recursos hídricos (MENDES; OLIVEIRA, 2017).

A vazão é um fator primordial no processo de abastecimento dos caminhões utilizados no combate a incêndios. Quanto maior a vazão disponível em um ponto de abastecimento, menor será o tempo necessário para encher os reservatórios dos veículos, o que garante maior agilidade na resposta às ocorrências emergenciais.

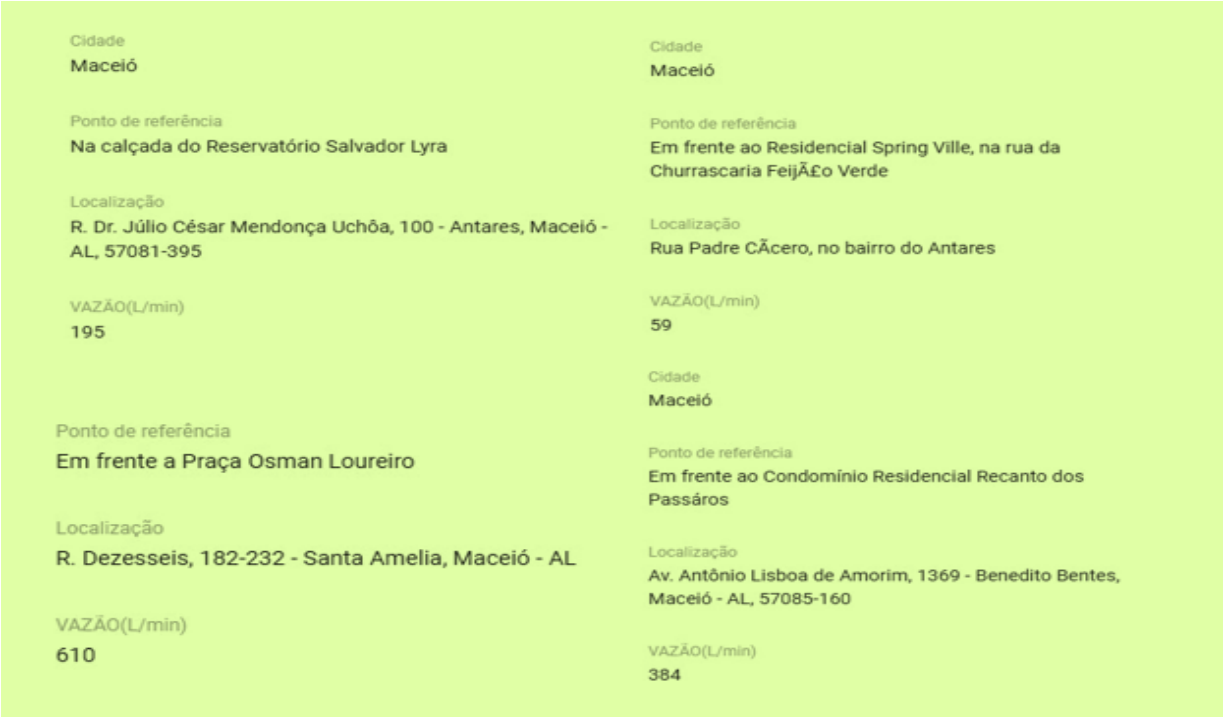
Em situações de incêndio, o tempo é um recurso crítico, e a eficiência no reabastecimento pode ser determinante para o sucesso das operações de contenção das chamas. Hidrantes com vazão insuficiente podem comprometer a atuação do Corpo de Bombeiros, exigindo deslocamentos adicionais para pontos com maior capacidade, o que representa perda de tempo e risco à vida e ao patrimônio.

Portanto, conhecer a vazão disponível em cada hidrante e mapear estrategicamente esses pontos em um Sistema de Informações Geográficas (SIG) contribui diretamente para otimizar

a logística das equipes de combate, permitindo tomadas de decisão mais assertivas durante emergências.

Tal vazão foi disponibilizada pela Empresa de saneamento básico BRK, para os 30 hidrantes que foram solicitados, eles possuem dados com o logradouro e as vazões, conforme a Figura 14.

Figura 14. Amostra de dados de vazão.



Fonte: BRK (2023).

Em campo foi verificada a confrontação dos dados disponibilizados, se os hidrantes estavam em condições de uso conforme repassado a princípio pela BRK, conforme Figura 15. Fotografias foram realizadas em alguns dos hidrantes para registro visual do estudo (Apêndice A), não foram realizados registros fotográficos dos 30 equipamentos, pois não era o objetivo do estudo, as fotos foram realizadas para ilustração dos aspectos de conservação visualizados *in loco* e corroborar com Trabalho de Conclusão de Curso. Por fim e primordialmente foram coletadas suas respectivas geolocalizações, conforme Figura 16.

Figura 15. Confrontação de dados.



Fonte: Autor (2024).

Figura 16. Uso do *Rover*.



Fonte: Autor (2024).

Foi produzida uma planilha no *Excel* com pontos de referência da localização que pudessem facilitar a identificação em loco dos hidrantes, conforme Figura 17.

Figura 17. Pontos de Referência dos hidrantes.

A	B	C	D	
Hidrantes	Lat	Long	Pontos de Referencia	
HR41	-9.617.671	-35.762.765	Em frente ao auto posto Maceió, Av. Jorge Montenegro de Barros	Sa
HR42	-9.601.470	-35.754.605	Na entrada da chã nova, PROXIMO AO PARQUE PETROPÓLIS I	Pe
HR43	-965.315	-3.573.779	No canteiro central, em frente ao Cond Vale do Sol, Av Leste Oeste, Cambona	Mu
HR44	-9.591.432	-35.774.134	Conj Medeiros Neto, final da rua B	Sa
HR45	-9.591.843	-35.773.676	Conj Medeiros Neto, início da rua B	Sar
HR46	-9.591.467	-35.772.969	Conj Medeiros Neto 3, Segunda rua a esquerda após entrada do Conj.	Sar
HR47	-9.591.003	-35.772.532	Conj Medeiros Neto, início da rua C	Sar
HR48	-9.590.582	-35.772.784	Conj Medeiros Neto, Final da rua C	Sar
HR49	-95.904.025	-35.771.825	Conj Medeiros Neto 2, Bl 13	Sar
HR61	-9.586.617	-35.733.622	Em frente ao Residencial Spring Ville, na rua da Churrascaria Feijao Verde	Ant
HR62	-9.576.500	-35.737.361	Paralela a Av Men Marcelo, Prox. A Cooprel	Ser
HR63	-9.563.344	-35.747.613	Por trás do Term do Salv Lyra, na calçada do Reservatório de água	Tab
HR64	-9.556.978	-35.740.419	Calçada da ETA pratagy Av. Cachoeira do Meirim	Ber
HR65	-9.549.269	-35.737.552	Em frente ao Cond. Recanto dos Passáros	Ber
HR66	FALTA O DO Conj oiticica que est		ava sem tampão no HD, PEGAMOS OS DADOS INLOCO, NÃO TEM NO LINK	
HR71	-9.583.624	-35.764.969	Em frente ao posto BR BR-104	Tab
HR72	-957.637	-357.659	Principal do Conj. Cleto Marques luz, Calçada da escola CMEI CASA DA AMIZADE	Tab
HR73	-9.567.850	-35.767.590	Estr. da Codeal, no Distrito Industrial, em frente a Implast indústria de Embalagens	Tab
HR74	-9.559.998	-35.780.697	Prox. a Maria Gorda, esquina ao lado da CMEI Prof. Maria Elisabete da Silva	Sar
HR75	-9.547.639	-35.758.528	Conj. Village Campestre 2, Rua: Ministro Lindolfo Collor, QD 3, imediações da Solara	Cid
HR76	-9.533.819	-35.779.180	Calçada do Reservatórrio Jardim Royal 2, R. Dr. Juraci Pereira.	Cid
HR77	-958.013	-3.577.089	Conj Osman Loureiro, Qd D/3, calçada do bar Bom Gole e em frente praça do Osman Loureiro	Cli

Planilha1

Fonte: Autor (2024).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como resultado tem-se a criação de mapas temáticos de localização dos hidrantes e de suas situações a partir do que foi observado *in loco,* como está apresentado no apêndice A, bem como a disponibilização das coordenadas que foram obtidas em UTM, conforme a Figura 18, Tabela de Coordenadas, e transportadas para um arquivo no formato .KMZ para a fácil utilização via *smartfone* ou *tablet* que é de fácil transporte numa situação de emergência por parte de qualquer um dos membros de uma guarnição de bombeiros militares que forem atuar no sinistro. Visto que o formato .KMZ é compatível com a plataforma do *Google Earth*, Site e aplicativo de acesso livre (*open source*), ou seja, é livre e aberto. Deste modo, seria uma benesse ao poder público, pois não geraria ônus aos cofres públicos.

Figura 18. Tabela de Coordenadas.

Hidrante	E (m)	N (m)
HR41	196754.4	8935636.47
HR42	197636.31	8937436.85
HR43	199529.12	8931731.63
HR44	195482.12	8938530.62
HR45	195532.8	8938485.54
HR46	195610.12	8938527.78
HR47	195657.72	8938579.53
HR48	195629.66	8938625.9
HR49	195734.84	8938646.62
HR61	199928.13	8939099.22
HR62	199508.49	8940215.71
HR63	198370.65	8941662.86
HR64	199155.37	8942373.75
HR65	199463.57	8943229.49
HR66	nan	nan
HR71	196481.95	8939402.95
HR72	196373.22	8940205.03
HR73	196179.99	8941146.56
HR74	194733.04	8942004.06
HR75	197157.63	8943391.55
HR76	194876.37	8944903.01
HR77	194839.69	8939776.47
HR78	194966.14	8939722.7
HR79	194939.7	8939636.92
HR710	195003.22	8939525.41
HR711	195058.1	8939803.25
HR712	195200.3	8939771.52
HR713	195173.08	8939959.26
HR714	195028.57	8940059.15
HR715	194818.35	8940038.08
HR716	194675.85	8939943.84

Fonte: Autor (2025).

A apresentação desse recurso geoespacial segue tendência observada em outras localidades do país, como na cidade de Santos (SP), onde a administração pública implantou um sistema de mapeamento dos hidrantes urbanos com o objetivo de agilizar a resposta em incêndios, promovendo maior eficiência no atendimento emergencial (PREFEITURA MUNICIPAL DE SANTOS, 2021). Iniciativas como essa demonstram a viabilidade técnica e os ganhos operacionais da integração entre dados georreferenciados e a atuação das forças de resposta a emergências.

Além disso, estudos como o de Silva e Lima (2015), que analisaram a distribuição de hidrantes urbanos em Natal (RN), demonstram preocupação semelhante quanto à desigualdade de cobertura territorial. No caso de Natal, observou-se a ausência de hidrantes em zonas densamente povoadas, o que compromete a eficiência do combate a incêndios. Situação análoga foi identificada na área estudada neste trabalho, onde a distribuição desigual dos hidrantes, concentrados em bairros como Clima Bom, evidencia a necessidade de planejamento urbano mais criterioso.

A apresentação de um arquivo ou link, contendo todas as localizações dos hidrantes e suas localizações deixará o atendimento a ocorrência mais célere e dinâmico. O mapa deverá ficar em local de fácil acesso, para que os Bombeiros Militares que atuam diretamente no combate a incêndio nas 3 Regiões Administrativas (RA's) 4, 6 e 7 que abrangem todos os 16 bairros ilustrados nos mapas da área de estudo (Figuras 05 e 06), possam consultar a qualquer momento do dia, visto que o serviço de emergência é essencial e contínuo, portanto, pode ser necessária a consulta a qualquer horário do dia, qualquer dia do ano. Tal mapa temático dispõe da indicação do local de cada hidrante presente nas RA's, bem como sua situação de uso.

5.1 Mapa da Situação de Uso.

Nesse mapa, cada hidrante, possui uma cor que vai indicar sua situação de uso, são elas: operante na cor verde, parcialmente operante na cor amarela e inoperante na cor vermelha. Optou-se por deixar os hidrantes inoperantes no mapa, haja vista que como são hidrantes públicos, estes podem passar por reparos e manutenções ao longo do tempo e voltarem a ser operante novamente, deste modo não seria necessário coletar os pontos de geolocalização novamente, mas apenas uma atualização simples da situação de operacionalidade.

O que diferencia os operantes dos parcialmente operantes é justamente a capacidade de abastecimento, sendo os operantes com vazão mínima de 1000 L/min, e as parciais com vazão menor que mínima. Hidrantes com baixa vazão são capazes de abastecer uma viatura de combate a incêndio, porém com uma velocidade de preenchimento muito baixa, o que em certas ocasiões inviabiliza o uso desse hidrante, porém se a necessidade não for tão urgente, ou a reposição da água do tanque for posterior a ocorrência de incêndio, pode-se usar um hidrante parcialmente operante. Já os operante tem vazão suficiente para abastecer com água um tanque de um caminhão de combate a incêndio no tempo adequado e é sempre a situação ideal, porém só existem 16 hidrantes nessas condições, se a distância do hidrante ao local do sinistro ultrapassar o tempo mínimo entre deslocamento de ida e de retorno ao local do incêndio e somado ao tempo de abastecimento num hidrante de maior vazão, classificado como operante, é mais indicado utilizar um hidrante mais próximo, mesmo que este esteja parcialmente operante, pois o tempo de retorno a cena da ocorrência será menor, mesmo com tempo de abastecimento da viatura sendo maior. O mapa do diagrama de Voronoi, contribui para essa tomada de decisão (Figura 7), pois, o tempo de abastecimento mesmo sendo menor, consumirá no final do combate menos tempo do total, se for somado o tempo de deslocamento da viatura de ida hidrante operante mais distante e retorno ao local do sinistro, outra problemática desse distanciamento, é que se o incêndio se agravar, a guarnição empregada terá se distanciado do local de um possível apoio.

Tendo em vista que uma viatura de combate a incêndio do CBMAL, pode ser de dois tipos: O veículo Auto Bomba Tanque (ABT) (Figura 19), utilizado em operações de combate a incêndios, possui capacidade de armazenamento de 5.000 litros de água. Considerando um hidrante com vazão entre 1.000 e 2.000 litros por minuto, o tempo estimado para o reabastecimento completo desse equipamento varia entre 3 e 5 minutos, dependendo da disponibilidade de pressão e do desempenho do ponto de captação.

Figura 19. ABT.



Fonte: Autor (2025).

Por sua vez, o Auto Tanque (AT) (Figura 20), com capacidade ampliada de 12.000 litros, exigiria, sob as mesmas condições de vazão, um tempo de abastecimento entre 6 e 12 minutos. Essa diferença no tempo operacional tem impacto direto na estratégia de escolha do hidrante durante uma ocorrência.

Figura 20. AT.



Fonte: Autor (2025).

Em termos práticos, a seleção do hidrante ideal pode ser comparada à escolha de uma pista de abastecimento em uma corrida contra o tempo: quanto mais próxima e mais potente for essa "pista" (ou seja, o hidrante com maior vazão), menor será o tempo de parada do veículo (Auto Bomba ou Auto Tanque), otimizando a operação.

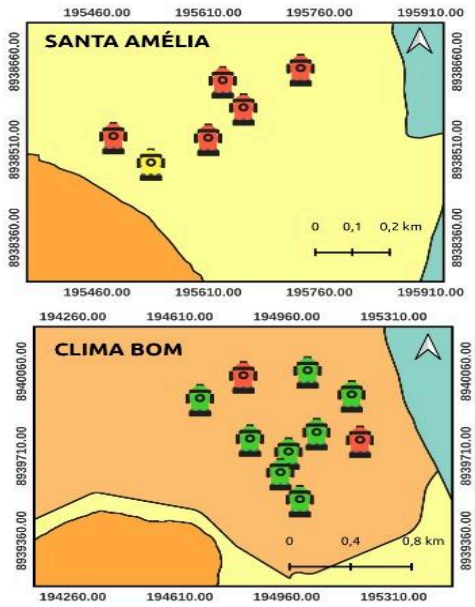
Por exemplo, um hidrante com vazão de 2.000 L/min a 100 metros de distância é preferível a um hidrante com vazão de 1.000 L/min a 50 metros, desde que o tempo total de deslocamento e abastecimento seja inferior. Assim, a melhor escolha de hidrante dependerá da relação entre a distância percorrida e a vazão disponível, visando sempre minimizar o tempo de reabastecimento e garantir a continuidade eficiente do combate ao fogo.

Dessa forma, o uso de ferramentas de georreferenciamento, como mapas temáticos e análises espaciais com diagramas de Voronoi, tornam-se essenciais para a escolha estratégica dos hidrantes mais eficazes, considerando tempo, pressão, vazão e localização relativa às rotas operacionais das viaturas do CBMAL.

Deste modo, a decisão de qual hidrante será o indicado para cada tipo e local de atuação, fica a cargo do bombeiro militar na situação prática. É notório que a utilização do mapa dá essa liberdade e autonomia de ação, demonstrando ser uma ferramenta preponderante. Após a apresentação do mapa e coordenadas em .KMZ, espera-se também uma adesão por parte dos gestores públicos, e a utilização do mesmo como ferramenta de planejamento e disseminação de informação, com instruções de uso, visto que a informação é relativa ao uso em emergências, não sendo indicado assim que só seja utilizada no caso concreto, o ideal é instruir o modo de usar antes da liberação dos produtos gerados por esse trabalho. Caso haja a adesão, a parceria proporcionará uma maior agilidade de atuação e consequente ganho a população, visto que vai dirimir os riscos de agravamento da situação de sinistro, devido a celeridade do combate a incêndio e vai mitigar as perdas, de vidas ou materiais. O mapa da situação de uso dos hidrantes, é de fácil compreensão, pois foram utilizadas, cores intuitivas para representar cada situação, conforme Figura 21.

MAPA DO FUNCIONAMENTO DOS HIDRANTES NA ÁREA DE ESTUDO

FONTE DE DADOS: IBGE, ALAGOAS EM DADOS, AUTOR
DATUM: SIRGAS 2000 / UTM 25S





LEGENDA

- HIDRANTES INOPERANTES
- HIDRANTES OPERANTES
- HIDRANTES PARCIALMENTE OPERANTES

BAIRROS DA ÁREA DE ESTUDO (MACEIÓ-AL)

- ANTARES
- BEBEDOURO
- BENEDITO BENTES
- BOM PARTO
- CHÃ DA JAQUEIRA
- CHÃ DE BEBEDOURO
- CIDADE UNIVERSITÁRIA
- CLIMA BOM
- FERNÃO VELHO
- MUTANGE
- PETRÓPOLIS
- RIO NOVO
- SANTA AMÉLIA
- SANTA LÚCIA
- SANTOS DUMONT
- TABULEIRO DO MARTINS

186345.550 188646.100 190946.650 193247.200 195547.750 197848.300 200148.850 202449.400 204749.950

8947501.000 8945001.000 8942501.000 8940001.000 8937501.000 8935001.000 8932501.000

5.2 Mapa de Distribuição e Competência

Cada Estado, pode versar sobre a área e o raio de atuação ideal na implementação de um hidrante urbano, no entanto o Corpo de Bombeiros Militar de Alagoas, tem matéria que versa especificamente sobre as dimensões de distribuição ideal entre os hidrantes urbanos em sua Instrução Técnica nº 34/2021, lá consta que o raio de ação de um hidrante é de 300 m.

Notasse que vasta área densamente povoada não é comtemplada com nenhum raio de atuação, enquanto outras áreas possuem um aglutinado de pontos que interceptam vários raios de ação, onde se encontram muitos hidrantes em condições de operação ativa e ideal, essa área específica localiza-se no bairro Clima Bom. A análise da distribuição dos hidrantes urbanos na cidade de Maceió/AL apresenta correlação significativa com o estudo desenvolvido por Silva e Lima (2015), que investigaram a mesma problemática no município de Natal/RN. Ambos os trabalhos identificam padrões similares de desigualdade na cobertura espacial dos hidrantes urbanos, revelando falhas na organização e no planejamento urbano em contextos metropolitanos distintos do Nordeste brasileiro.

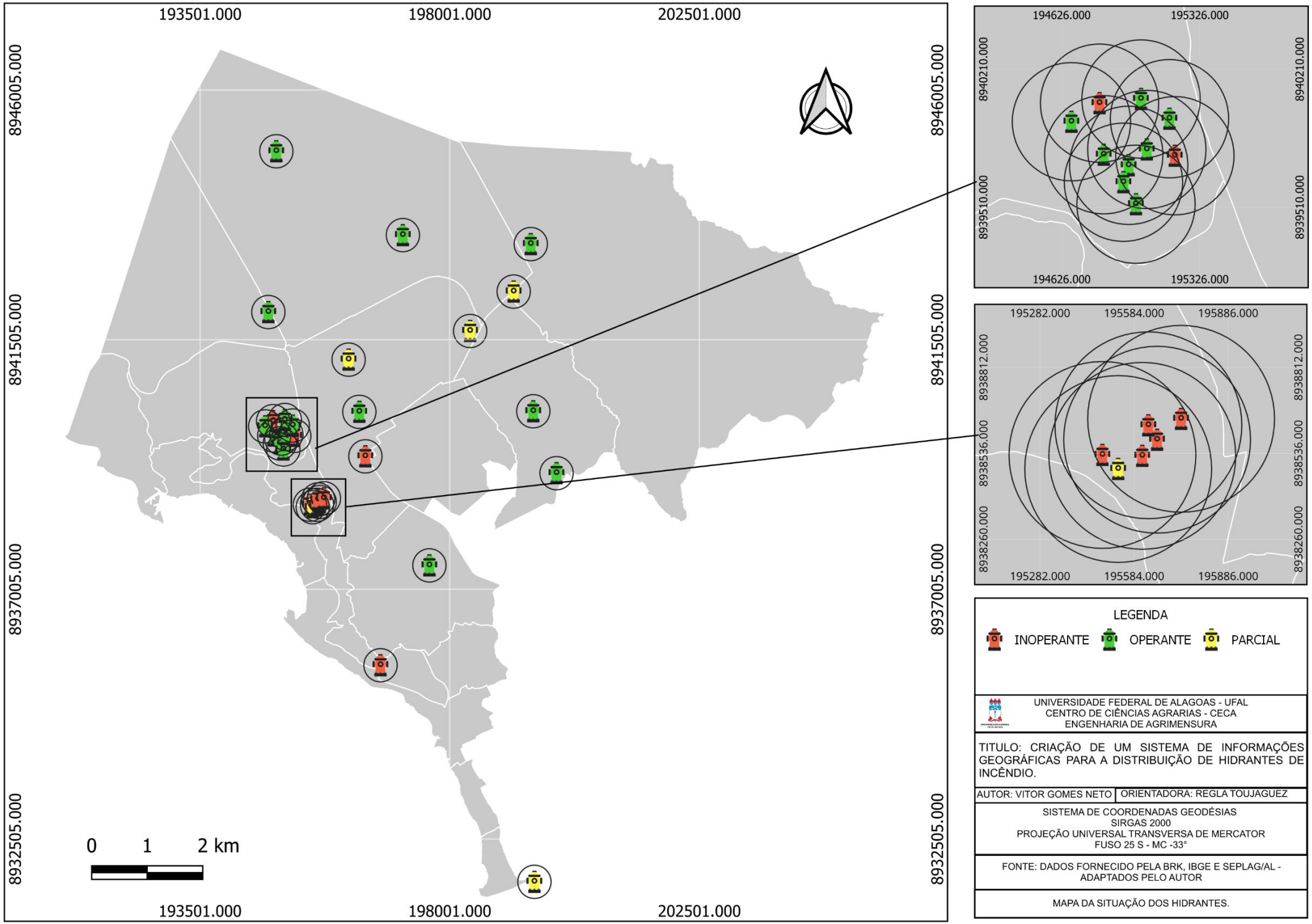
No caso de Natal, os autores aplicaram técnicas de geoprocessamento, com destaque para o uso do Estimador de Densidade de Kernel (KDN) que é uma técnica estatística usada para estimar a densidade de pontos em um espaço geográfico, criando uma superfície contínua que revela áreas de maior ou menor concentração. No contexto da distribuição de hidrantes urbanos, o KDE permite visualizar onde há alta ou baixa densidade de hidrantes, facilitando a identificação de áreas carentes de cobertura. A técnica ajuda a otimizar o planejamento urbano, garantindo uma distribuição mais equitativa e eficiente dos recursos., a fim de avaliar a concentração dos hidrantes nas zonas administrativas sul, leste e oeste da capital potiguar. O estudo revelou "uma distribuição irregular dos hidrantes, com algumas áreas apresentando grande concentração e outras com ausência total desses equipamentos" (SILVA; LIMA, 2015, p. 157).

De forma similar, a presente pesquisa realizou a delimitação de raios de 300 metros de cobertura a partir das coordenadas geográficas dos hidrantes urbanos mapeados em Maceió, conforme preconiza a Instrução Técnica nº 34/2021 do Corpo de Bombeiros Militar de Alagoas (CBMAL, 2021). A delimitação realizada permitiu identificar grandes áreas densamente povoadas, mas sem cobertura adequada como é o caso dos Bairros Antares e Benedito Bentes.

Ambos os estudos, ao evidenciarem tais disparidades, indicam a necessidade de políticas públicas voltadas à racionalização do espaçamento da instalação de hidrantes urbanos,

utilizando critérios técnicos e ferramentas de geotecnologia para garantir cobertura territorial eficaz, especialmente em áreas com alta densidade populacional e risco de incêndio.

Na produção do mapa de distribuição dos hidrantes e das suas competências de ação, foram implementados raios de 300 m, tendo como seus centros os pontos das coordenadas de cada hidrante, conforme Figura 22.


193501.000
198001.000
202501.000
8946005.000
8941505.000
8937005.000
8932505.000
0 1 2 km
194626.000
195326.000
8940210.000
8939510.000
195282.000
195584.000
195886.000
8938812.000
8938536.000
8938260.000
LEGENDA
INOPERANTE
OPERANTE
PARCIAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS - UFAL
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRARIAS - CECA
ENGENHARIA DE AGRIMENSURA
TITULO: CRIAÇÃO DE UM SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS PARA A DISTRIBUIÇÃO DE HIDRANTES DE INCÊNDIO.
AUTOR: VITOR GOMES NETO
ORIENTADORA: REGLA TOUJAGUEZ
SISTEMA DE COORDENADAS GEODÉSIAS
SIRGAS 2000
PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR
FUSO 25 S - MC -33°
FONTE: DADOS FORNECIDO PELA BRK, IBGE E SEPLAG/AL - ADAPTADOS PELO AUTOR
MAPA DA SITUAÇÃO DOS HIDRANTES.

5.3 Mapas de Localização dos Hidrantes nas RA's 4, 6 e 7

A seguir, são apresentados os mapas de localização dos hidrantes urbanos situados nas Regiões Administrativas 4, 6 e 7 da cidade de Maceió. Essas regiões, localizadas na parte alta da capital, foram selecionadas devido à sua relevância no contexto urbano e à necessidade de um planejamento mais eficiente para ações de resposta a emergências, como o combate a incêndios.

Os mapas foram elaborados com base em dados oficiais disponibilizados pelos órgãos responsáveis pela gestão do abastecimento de água e pela segurança pública, o que possibilitou uma representação precisa da distribuição dos hidrantes nos logradouros analisados. A visualização espacial desses equipamentos é fundamental para compreender sua cobertura em áreas residenciais, comerciais e de tráfego intenso.

Na Região Administrativa 4, observa-se um conglomerado significativo de hidrantes concentrados no bairro da Santa Amélia, enquanto outros bairros da mesma região apresentam-se desassistidos, com ausência ou escassez desses equipamentos. Essa distribuição desigual pode comprometer a eficiência do combate a incêndios, deixando áreas vulneráveis sem acesso rápido e adequado a recursos hídricos, conforme Figura 23.

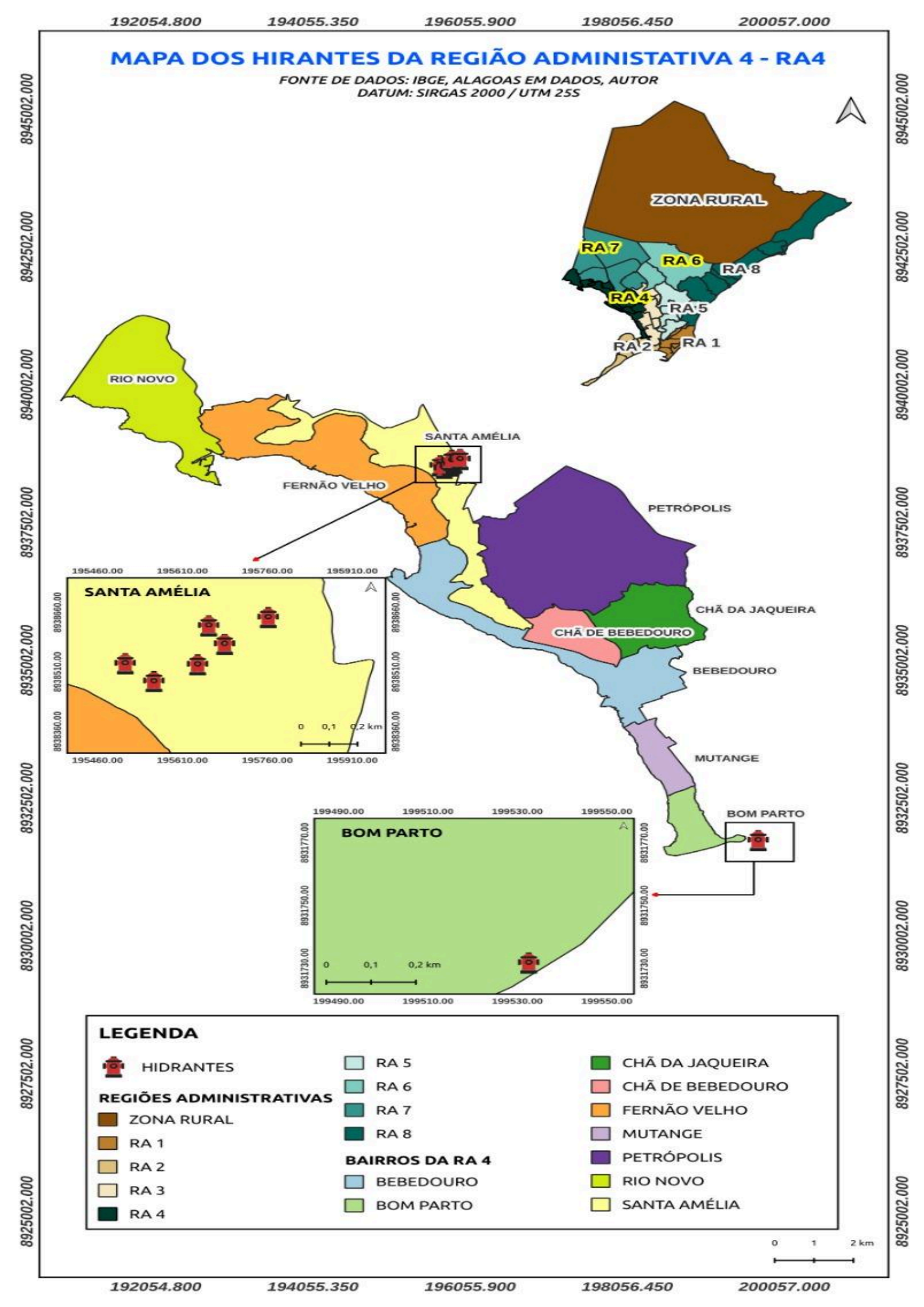
Situação semelhante ocorre na Região Administrativa 7, onde o bairro do Clima Bom concentra a maioria dos hidrantes, enquanto os demais bairros da região carecem desses dispositivos essenciais, evidenciando a necessidade de uma revisão do planejamento e da distribuição para garantir maior equidade e segurança, conforme Figura 24.

Já a Região Administrativa 6 destaca-se por concentrar a menor quantidade de hidrantes entre as áreas estudadas, com apenas quatro equipamentos distribuídos entre seus dois bairros de maior densidade demográfica e extensão geográfica. No bairro Benedito Bentes, que se caracteriza por sua ampla área territorial, o número reduzido de hidrantes é particularmente preocupante, enquanto o bairro Antares, com grande concentração de edificações comerciais, também apresenta insuficiência na cobertura, dificultando a resposta eficiente em caso de incêndio, conforme Figura 25.

A organização territorial dos pontos mapeados oferece subsídios importantes para a análise e a tomada de decisão por parte das autoridades competentes, especialmente no que se refere ao posicionamento estratégico dos recursos operacionais. Dessa forma, busca-se contribuir para um planejamento urbano mais eficaz, voltado à proteção da população e do patrimônio.

MAPA DOS HIRANTES DA REGIÃO ADMINISTATIVA 4 - RA4

FONTE DE DADOS: IBGE, ALAGOAS EM DADOS, AUTOR
DATUM: SIRGAS 2000 / UTM 25S



LEGENDA

- HIDRANTES

REGIÕES ADMINISTRATIVAS

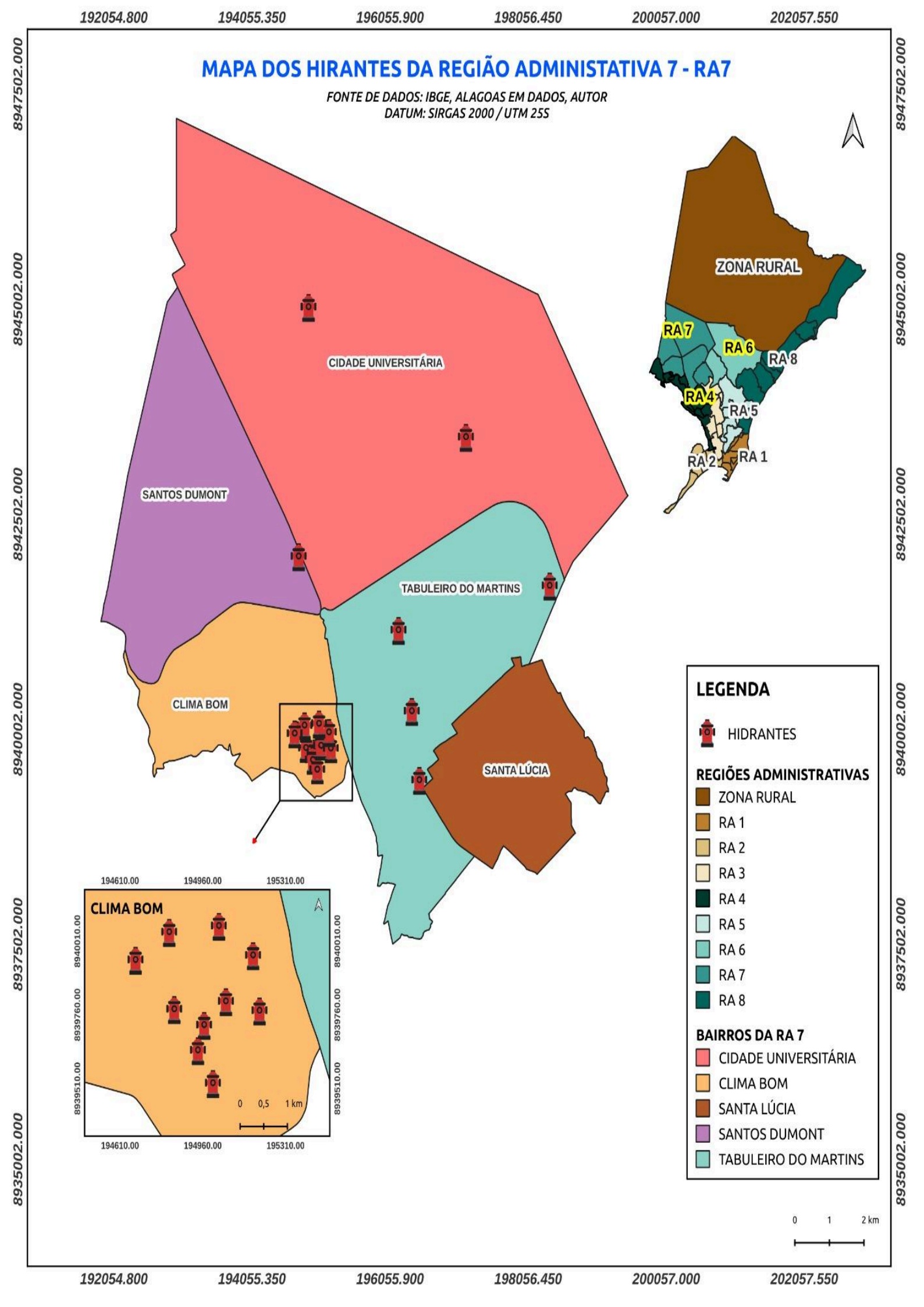
- ZONA RURAL
- RA 1
- RA 2
- RA 3
- RA 4
- RA 5
- RA 6
- RA 7
- RA 8

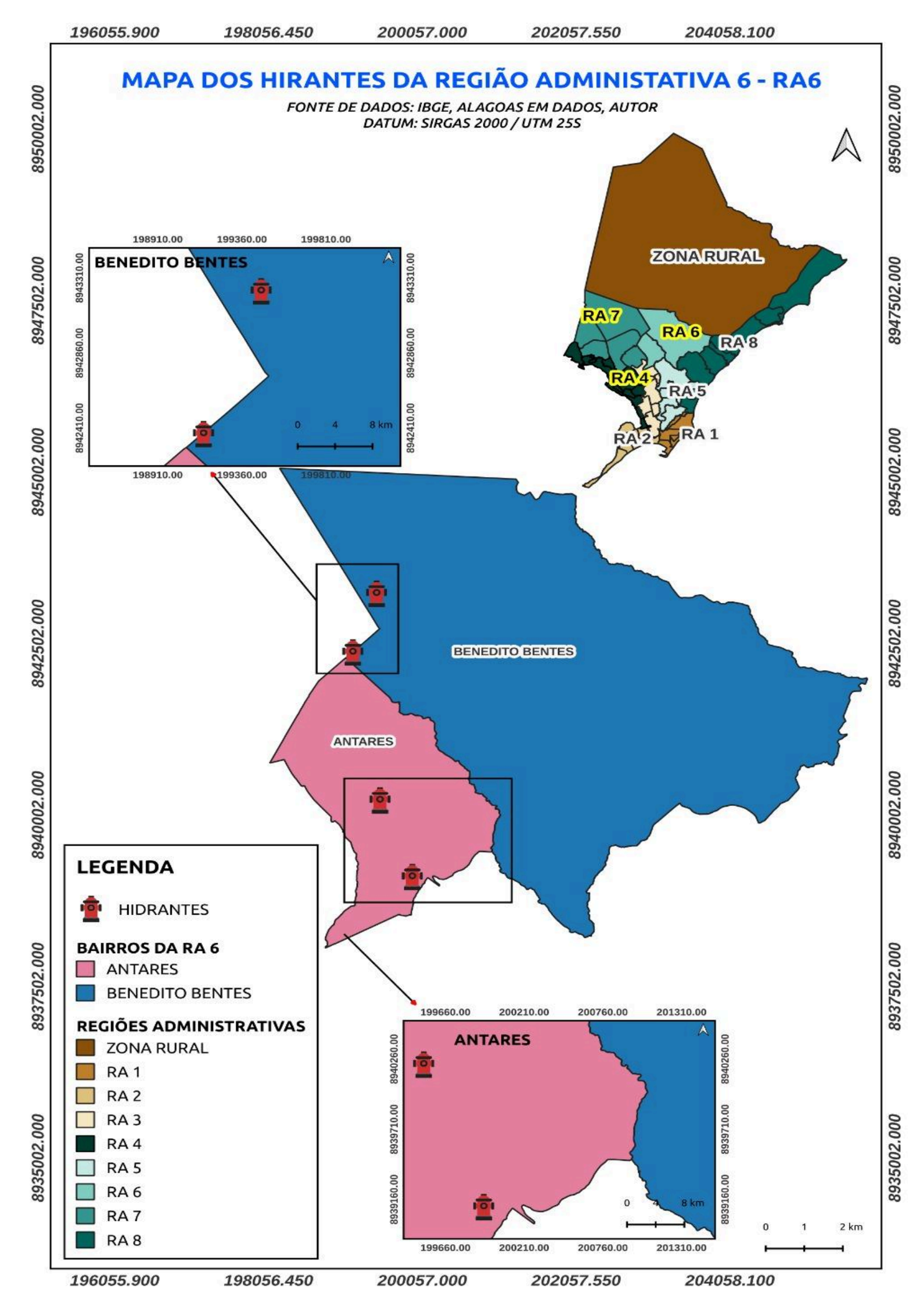
BAIRROS DA RA 4

- BEBEDOURO
- BOM PARTO
- CHÃ DA JAQUEIRA
- CHÃ DE BEBEDOURO
- FERNÃO VELHO
- MUTANGE
- PETRÓPOLIS
- RIO NOVO
- SANTA AMÉLIA

MAPA DOS HIRANTES DA REGIÃO ADMINISTATIVA 7 - RA7

FONTE DE DADOS: IBGE, ALAGOAS EM DADOS, AUTOR
DATUM: SIRGAS 2000 / UTM 25S




196055.900
198056.450
200057.000
202057.550
204058.100
8950002.000
8947502.000
8945002.000
8942502.000
8940002.000
8937502.000
8935002.000
MAPA DOS HIRANTES DA REGIÃO ADMINISTATIVA 6 - RA6
FONTE DE DADOS: IBGE, ALAGOAS EM DADOS, AUTOR
DATUM: SIRGAS 2000 / UTM 25S
ZONA RURAL
RA 7
RA 6
RA 8
RA 4
RA 5
RA 2
RA 1
BENEDITO BENTES
198910.00
199360.00
199810.00
8943310.00
8942860.00
8942410.00
0
4
8 km
ANTARES
199660.00
200210.00
200760.00
201310.00
8940260.00
8939710.00
8939160.00
0
1
2 km
LEGENDA
HIDRANTES
BAIRROS DA RA 6
ANTARES
BENEDITO BENTES
REGIÕES ADMINISTRATIVAS
ZONA RURAL
RA 1
RA 2
RA 3
RA 4
RA 5
RA 6
RA 7
RA 8

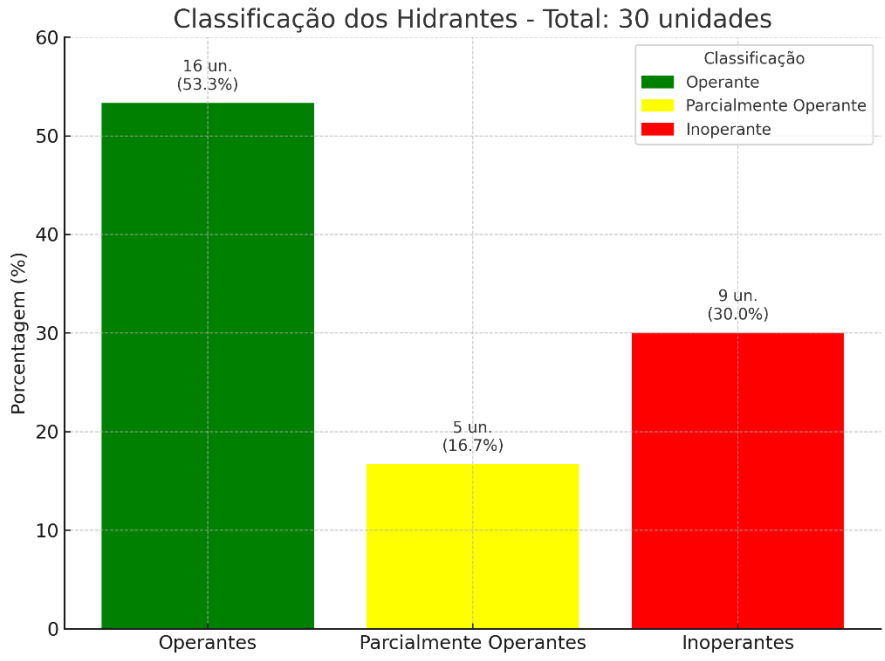
5.4 Condição de Operacionalidade dos Hidrantes

A partir do levantamento dos dados de localização e funcionamento dos 30 hidrantes situados nas três Regiões Administrativas analisadas, foi possível representar graficamente a defasagem quanto à funcionalidade e à distribuição desses dispositivos na área de estudo. Essa análise permitiu elaborar um gráfico que expressa a situação operacional de todos os hidrantes mapeados, bem como a porcentagem correspondente a cada categoria de condição de uso, conforme demonstrado no gráfico da Figura 26.

Tal abordagem guarda semelhança com o estudo realizado por Martins (2014), intitulado "Condições de Uso dos Hidrantes Urbanos", que avaliou a situação dos hidrantes públicos na cidade de Campina Grande, Paraíba. Segundo o autor, o município contava, à época, com 62 (sessenta e dois) hidrantes públicos, entre modelos de coluna e subterrâneos. Destes, 4 (quatro) encontravam-se inoperantes e 10 (dez) apresentavam baixa vazão, o que inviabilizava seu uso para o abastecimento de viaturas do Corpo de Bombeiros, uma vez que o tempo necessário para o enchimento do caminhão-tanque seria excessivamente elevado.

Assim, constata-se que os problemas identificados em Maceió também se refletem em outros contextos urbanos, evidenciando a carência de manutenção e de planejamento adequado para a operação eficiente desses dispositivos essenciais ao combate a incêndios.

Figura 26. Situação dos hidrantes.



Fonte: Autor (2025).

6. CONCLUSÕES

Este trabalho teve como meta, evidenciar a relevância da utilização dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG) no mapeamento de hidrantes urbanos, com foco na melhoria da eficiência operacional do Corpo de Bombeiros no atendimento a ocorrências de combate a incêndios. Por meio da geolocalização dos hidrantes nas regiões estudadas, foi possível centralizar e organizar dados antes descentralizados e de difícil acesso, o que impactava diretamente a tomada de decisões rápidas e assertivas em situações emergenciais.

A análise espacial realizada evidenciou uma distribuição heterogênea dos hidrantes nos bairros da parte alta de Maceió, com a presença de unidades excessivamente próximas em algumas áreas e, em contrapartida, espaçadas de forma significativa em outras. Essa configuração irregular pode ser atribuída a múltiplos fatores, dentre os quais se destaca o crescimento urbano desordenado, característico de muitas cidades brasileiras. Em diversas situações, a instalação dos hidrantes parece ter ocorrido de forma pontual, atrelada à existência da rede de abastecimento de água, sem considerar critérios técnicos uniformes de cobertura e acessibilidade. A ausência de planejamento integrado contribuiu para a formação de zonas com sobreposição de cobertura e outras com vazios significativos no atendimento.

Além disso, observa-se que a falta de atualização do cadastro territorial dos hidrantes, bem como a ausência de manutenção regular, contribui para o desequilíbrio na malha de cobertura. Mudanças no uso e ocupação do solo ao longo do tempo também podem ter desconfigurado a lógica original de distribuição dos equipamentos, tornando obsoletas algumas localizações. Esses fatores reforçam a importância de revisões periódicas na rede de hidrantes, com base em ferramentas de geoprocessamento, como o diagrama de Voronoi, para garantir uma distribuição mais equitativa, eficiente e alinhada com as exigências de segurança urbana e proteção contra incêndios.

Os resultados obtidos demonstram que o SIG é uma ferramenta indispensável para a gestão territorial aplicada à segurança pública, pois permite uma visualização integrada e acessível das informações espaciais e descritivas relacionadas aos hidrantes. Essa integração não só proporciona maior agilidade no planejamento e na resposta a sinistros, como também promove maior eficiência na gestão operacional, tornando-a mais responsável e eficiente no uso dos recursos disponíveis.

Além disso, constatou-se que o SIG contribui para a padronização e o armazenamento contínuo das informações, facilitando atualizações, consultas e análises futuras. O mapeamento

digital dos hidrantes viabiliza o planejamento estratégico de sua distribuição, possibilitando intervenções preventivas e corretivas em áreas com déficit de cobertura.

Portanto, o uso do SIG no contexto do mapeamento de hidrantes urbanos se revela uma solução tecnológica e estratégica que fortalece as ações do Corpo de Bombeiros e contribui significativamente para a mitigação de riscos, a preservação do patrimônio e a proteção da vida nas Regiões Administrativas 4 ,6 e 7, que tem um crescimento imobiliário constante e acentuado, que traz consequentemente um adensamento populacional, por conseguinte aumento riscos de desastres urbanos, como incêndios.

7. REFERÊNCIAS

BRASIL. **Lei nº 13.425, de 30 de março de 2017.** Estabelece diretrizes gerais sobre medidas de prevenção e combate a incêndio e a desastres em estabelecimentos, edificações e áreas de reunião de público; altera as Leis nº s 8.078, de 11 de setembro de 1990, e 10.406, de 10 de janeiro de 2002 – Código Civil; e dá outras providências. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/lei/l13425.htm>. Acesso em: 07 ago. 2024.

BRASIL. **Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012.** Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil - PNPDEC; dispõe sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil - SINPDEC e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil - CONPDEC; autoriza a criação de sistema de informações e monitoramento de desastres; altera as Leis nº 12.340, de 1º de dezembro de 2010, 10.257, de 10 de julho de 2001, 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.239, de 4 de outubro de 1991, e 9.394, de 20 de dezembro de 1996; e dá outras providências. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12608.htm>. Acesso em: 06 ago. 2024.

BRASIL. **Lei nº 10.257, DE 10 de julho de 2001.** Estatuto da Cidade. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências.
Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/l10257.htm>. Acesso em: 02 ago. 2024.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. – Brasília: Senado Federal, 1988.

CBMDF-DESEG. Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal Departamento de Segurança Contra Incêndio (DESEG). **Orientações sobre hidrantes urbanos**. Taguatinga – DF, 2021. Disponível em: < https://segurancacontraincendio.cbm.df.gov.br/wp-content/uploads/2021/11/14_orientacoes_sobre_hidrantes_urbanos.pdf>. Acesso em: 12 ago. 2024.

CBMDF. Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal. **Manual de sistema de comando de incidentes (SCI)**. Brasília, 2011.

CBMDF. Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal. **Manual básico de combate a incêndio:** Módulo 4 – Tática de combate a incêndio. Brasília: CBMDF, 2009.

CBMES. Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Espírito Santo. **Curso de Formação de Brigadistas Profissionais Prevenção e Combate a Incêndio**. 2012. Disponível em: <https://cb.es.gov.br/Media/CBMES/PDF's/CEIB/GCE/Preven%C3%A7%C3%A3o%20e%20Combate%20a%20Inc%C3%AAndios%20-%20Apostila%20CFBP%202022.pdf>. Acesso em: 13 ago. 2024.

CBMGO. Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás. **Manual Operacional de Bombeiros – Combate a Incêndio Urbano.** 2017. Disponível em: <https://www.bombeiros.go.gov.br/wpcontent/uploads/2015/12/MOBCombateaInc%C3%AAndio-Urbano-CBMGO.pdf>. Acesso em: 16 ago. 23024.

CBMAL. Corpo de Bombeiros Militar de Alagoas. Portaria n° 229/2021- GCG, publicada em DOE n° 1614 de 13 de julho de 2021. **Instrução Técnica nº 34/2021 - Hidrante urbano**. Disponível em: <https://saps.cbm.al.gov.br/webroot/downloads/IT%2034_2021%20CBMAL%20-%20Hidrante%20urbano.pdf>. Acesso em: 12 ago. 2024.

DEL CARLO, U. A segurança contra incêndio no mundo. In: Seito, A. I. et. al. **A Segurança contra incêndio no Brasil**. São Paulo: Projeto Editora, 2008. p. 496

DIAS, R. **Sustentabilidade:** origem e fundamentos, educação e governança global, modelo de desenvolvimento. São Paulo: Atlas, 2015.

FACHINI, T. Lei Kiss: Tudo sobre a tragédia que deu origem a lei 13425. **Projuris**, 2023. Disponível: <https://www.projuris.com.br/blog/lei-kiss-tudo-sobre-a-tragedia-que-deu-origem-a-lei-13425/#:~:text=Quatro%20anos%20ap%C3%B3s%20o%20inc%C3%AAndio,e%20%C3%A1reas%20de%20reuni%C3%A3o%20p%C3%BAblicas.>. Acesso em: 07 ago. 2024.

FERREIRA, E. D. **Enciclopédia Segurança.** São Paulo: Centrais Impressoras Brasileiras, 1985 – volume 5, 1987.

GOMES, Artur. **Manual de Comando Operacional**. Escola Nacional de Bombeiros. Gráfica Europan, Lda. 2002.

GOMES, A. G. **Sistema de prevenção contra incêndios:** sistemas hidráulicos, sistemas sob comando, rede de hidrantes e sistema automáticos. Rio de Janeiro: Interciência, 1998.

IBGE. Área territorial - Brasil, Grandes Regiões, Unidades da Federação e Municípios. **DOU nº59, de 27 de março de 2023, conforme Portaria Nº PR-197, de 21 de março de 2023**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/estrutura-territorial/15761-areas-dos-municipios.html#:~:text=Para%20a%20superf%C3%ADcie%20do%20Brasil,21%20de%20mar%C3%A7o%20de%202023>. Acesso em: 06 ago. 2024.

CARVALHO, José Luiz de. **Segurança contra incêndio: princípios e práticas**. São Paulo: Edgard Blücher, 2005.

MIRANDA, M. P. S. Até quando vamos tolerar incêndios em nossos patrimônios culturais? **Consultor Jurídico**, 8 de setembro de 2018. Disponível em: <https://www.conjur.com.br/2018-set-08/ambiente-juridico-incendios-patrimonio-cultural-quando/>. Acesso em: 07 ago. 2024.

PRESTES, F. F.; POZZETTI, V. C. A Primeira Norma Técnica Para Cidades Sustentáveis: Uma Reflexão Sobre a Problemática Urbana. **Revista de Direito Urbanístico, Cidade e Alteridade**, [S. l.], v. 4, n. 2, p. 117, 2018.

SENASP. Secretaria Nacional de Segurança Pública. **Estatística de Incêndios, 2020**. Disponível em: <https://www.gov.br/mj/pt-br/assuntos/sua-seguranca/seguranca-publica>. Acesso em: 11 ago. 2024.

MIRANDA, J. I. **Fundamentos de Sistemas de Informações Geográficas**.4. ed. rev. e atual. Brasília, DF: EMBRAPA, 2015.

LONGLEY, Paul et al. **Sistemas e ciência da informação geográfica**. 3. ed. Porto Alegre, RS: Bookman, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13133:2020** – Execução de levantamento topográfico. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.

PEREIRA, C. C. **A importância do cadastro técnico multifinalitário para elaboração de planos diretores**. Curitiba: CRV, 2018.

COMASTRI, José Aníbal; GRIPP JÚNIOR, Joel. **Topografia Aplicada**. 2. ed. São Paulo: Editora Blucher, 2012.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SANTOS. **Mapeamento de todos os hidrantes de Santos ajuda bombeiros em incêndios.** Santos, 2021. Disponível em: https://www.santos.sp.gov.br/?q=noticia%2Fmapeamento-de-todos-os-hidrantes-de-santos-ajuda-bombeiros-em-incendios. Acesso em: 16 abr. 2025.

SILVA, J. A. da; LIMA, M. R. de. **Análise da distribuição dos hidrantes urbanos no município de Natal/RN**. Holos, v. 31, n. 2, p. 150–159, 2015. Disponível em: https://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/2804. Acesso em: 16 abr. 2025.

GOVERNO DO ESTADO DE ALAGOAS. **Perfil Socioeconômico das Grotas de Maceió. Maceió, 2018**. Disponível em: https://dados.al.gov.br/catalogo/dataset/aef5ceab-996e-42ad-8b07-35bf38e6bf9a/resource/2d518dcd-e4b6-4699-8ebc-073b09a99376/download/perfilsocioeconomicodosmoradoresdasgrotasfinal4.pdf. Acesso em: 16 abr. 2025.

MARTINS, Diego de Souza. **Condições de uso dos hidrantes urbanos: um estudo sobre a situação dos hidrantes públicos na cidade de Campina Grande - PB**. 2014. 94 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) — Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 2014. Disponível em: <https://dspace.bc.uepb.edu.br/jspui/bitstream/123456789/8273/1/PDF%20-%20Diego%20de%20Souza%20Martins.pdf>. Acesso em: 16 abr. 2025.

CÂMARA, G.; MONTEIRO, A. M. V. **Fundamentos de sistemas de informação geográfica**. São José dos Campos: INPE, 2001.

DAVIS, C. A. **Introdução a sistemas de informação geográfica**. Rio de Janeiro: Imprensa Universitária, 2001.

ALMEIDA, J. R. de. **Geodésia: fundamentos e aplicações práticas**. São Paulo: Atlas, 2012.

GALO, M. A. **Topografia Aplicada à Engenharia**. São Paulo: Edgard Blücher, 2003.

HOLECEK, L.; CARLOS, F. A. **Tecnologias GNSS e suas aplicações em geociências**. Revista Brasileira de Cartografia, v. 67, n. 2, 2015.

IBGE. **Normas e diretrizes para georreferenciamento urbano**. Rio de Janeiro, 2020.

LIMA, T. S.; FONSECA, M. A. **Integração de dados GNSS e sensoriamento remoto para mapeamento urbano**. Revista de Geografia, v. 34, n. 1, 2017.

MONICO, J. F. G. **Posicionamento pelo GNSS: descrição, fundamentos e aplicações**. 2. ed. São Paulo: UNESP, 2008.

SILVA, A. L.; OLIVEIRA, C. R. **Aplicações do GNSS no mapeamento urbano**. Revista Brasileira de Cartografia, v. 71, n. 3, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 11861: Sistemas fixos de combate a incêndio – Hidrantes e pontos de hidrante. Rio de Janeiro, 1992.

MENDES, R.; OLIVEIRA, J. **Hidráulica Aplicada**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

MOTA, S. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 3. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2012.

PORTO, R. L. L.; TUCCI, C. E. M.; BARROS, M. T. L. **Hidrologia aplicada a projetos de recursos hídricos**. São Paulo: ABRH, 1999.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre: UFRGS Editora, 2007.

OKABE, A.; BOOTS, B.; SUGIHARA, K.; CHIU, S. N. ***Spatial Tessellations: Concepts and Applications of Voronoi Diagrams*.** Chichester: Wiley, 2000.

NASCIMENTO, A. A. DO. **Caracterização e Estatísticas de Operadores Morfológicos Baseados em Distância Usando Diagrama de Voronoi com Aplicação em Detecção de Bordas em Imagens Coloridas**. 2018. Tese (Doutorado em Matemática Aplicada) – Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Matemática, Estatística e Computação Científica, Campinas, 2018.

BURROUGH, P. A.; McDONNELL, R. A.; LLOYD, C. D. ***Principles of geographical information systems*.** 3. ed. *Oxford: Oxford University* Press, 2015.

BRASIL**.** Ministério das Cidades. **Portaria nº 511, de 7 de dezembro de 2009**. Estabelece diretrizes para a criação, instituição e atualização do Cadastro Territorial Multifinalitário (CTM). *Diário Oficial da União*: seção 1, Brasília, DF, n. 236, p. 117-118, 10 dez. 2009.

BRASIL**.** Ministério do Desenvolvimento Regional. **Portaria nº 3.245, de 18 de dezembro de 2019**. Altera a Portaria nº 511/2009 e dispõe sobre a implantação, manutenção e aplicação do CTM**.** *Diário Oficial da União*: seção 1, Brasília, DF, n. 243, p. 208-210, 19 dez. 2019.

APÊNDICE A – FOTOGRAFIAS DOS HIDRANTES

















