

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

RAFAEL CAVALI RODRIGUES

**IMPLEMENTAÇÃO DO GEOPROCESSAMENTO NA PREVENÇÃO E
COMBATE A INCÊNDIOS FLORESTAIS NO MUNICÍPIO DE CAMPO
MOURÃO - PARANÁ**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CAMPO MOURÃO - PR

2020

RAFAEL CAVALI RODRIGUES

**IMPLEMENTAÇÃO DO GEOPROCESSAMENTO NA PREVENÇÃO E
COMBATE A INCÊNDIOS FLORESTAIS NO MUNICÍPIO DE CAMPO
MOURÃO - PARANÁ**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina Trabalho de Conclusão de Curso 2 do Curso de Engenharia Ambiental, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, campus Campo Mourão, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. José Hilário Delconte Ferreira.

**CAMPO MOURÃO - PR
2020**



**TERMO DE APROVAÇÃO DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO
INTITULADO**

**IMPLEMENTAÇÃO DO GEOPROCESSAMENTO NA PREVENÇÃO E COMBATE
A INCÊNDIOS FLORESTAIS NO MUNICÍPIO DE CAMPO MOURÃO - PARANÁ**

DO DISCENTE

RAFAEL CAVALI RODRIGUES

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado no dia 25 de setembro de 2020 ao Curso Superior de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Campo Mourão. O acadêmico foi arguido pela Comissão Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a comissão considerou o trabalho aprovado.

Avaliador 1

Prof. Jordana Dorca dos Santos
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Avaliador 2

Prof. Debora Cristina de Souza
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Orientador

Prof. Dr. José Hilário Delconte Ferreira
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Dedico este trabalho à minha família e amigos, pelos momentos de ausência. Ao Corpo de Bombeiros do Paraná que me ensinou que pela vida, todo o sacrifício é dever. E a todos a quem esse projeto possa servir em prol do bem-estar da comunidade.

AGRADECIMENTOS

Este projeto não teria sido possível sem o apoio da minha família, que sempre me apoiou e acreditou em meu potencial.

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. José Hilário Delconte Ferreira, por acreditar na ideia e com sua sabedoria me guiou nesta trajetória. Tenha certeza que este projeto contribuirá para salvar inúmeras vidas.

As amizades feitas no decorrer de todo esse processo, pelos momentos de descontração, ajuda e compreensão.

Ao Corpo de Bombeiros de Campo Mourão, onde aprendi o ofício de salvar vidas, ter responsabilidade com o próximo e comigo mesmo.

À Secretaria do Curso, pela cooperação.

Enfim, a todos os que por algum motivo contribuíram para a realização deste projeto.

Não foi fácil, mas nós finalmente conseguimos.

“Meu filho, se entrares para o serviço de Deus, permanece firme na justiça e no temor, e prepara a tua alma para a provação; humilha teu coração, espera com paciência, dá ouvidos e acolhe as palavras de sabedoria; não te perturbes no tempo da infelicidade, sofre as demoras de Deus; dedica-te a Deus, espera com paciência, a fim de que no derradeiro momento tua vida se enriqueça. Aceita tudo o que te acontecer. Na dor, permanece firme; na humilhação, tem paciência. Pois é pelo fogo que se experimentam o ouro e a prata, e os homens agradáveis a Deus, pelo cadinho da humilhação.”

Eclesiástico, 2 -5.

RESUMO

O 2º Subgrupamento de Bombeiros de Campo Mourão (2ºSGB/CM) desempenha diversas atividades de atendimento a urgência e emergência na região centro-oeste do Paraná, entre elas o combate a incêndios florestais. Porém, uma das dificuldades encontradas para a realização desta atividade, são os acessos a determinadas áreas que possuem focos de incêndio, devido a falta de informação sobre o local e vias de acesso, alta densidade da vegetação, relevo do local, proximidade com corpos hídricos e áreas protegidas. Sendo assim, através do geoprocessamento, é possível identificar rotas auxiliares para acesso ou fuga de locais de risco, além de fornecer informações para planejamento prévio para combates e projetos de prevenção, para que eventos como este não voltem a ocorrer. Deste modo, o presente projeto analisou a área de atuação do 2ºSGB/CM e desenvolveu rotas auxiliares para combate a incêndios florestais. Através dos dados analisados foi possível observar que a maioria dos eventos ocorrem em região urbana do município, e que a análise prévia das informações geográficas contribui para um acesso e fuga mais seguro dos locais de risco e combate mais rápido e eficiente. O projeto pode ainda ser aplicado a demais atividades desenvolvidas por instituições de segurança, que exijam conhecimento do território e áreas de risco, do Estado ou do país.

Palavras-chave: geoprocessamento; sensoriamento remoto; busca terrestre; salvamento; incêndio; floresta; bombeiros.

ABSTRACT

The 2nd Fire Station of Campo Mourão (2nd FS/CM) performs urgency and emergency procedures activities on Paraná's Midwest Region, including wildfires combat. However, one of the difficulties experienced on filed is about the access to affected areas, information about the place and access routes, density of vegetation, topography, proximity to rivers and protected areas. Therefore, through geoprocessing, it is possible to identify auxiliary routes for access or escape from risky places and providing information for previous planning for combat and prevention projects, avoiding recurrence of this kind of event. So, the present project analyzed the area of activity of the 2nd FS/CM and developed auxiliary routes to combat wildfires. Through the analyzed of the information obtained, it was possible to observe that most of the events happen in the urban region of the district, and that the previous analysis of the geographic information contributes to a safer access and escape from risky places and a faster and more efficient combat. The project can also be applied to other activities developed by security institutions which require knowledge of the territory and risk areas, the state or the country.

Keywords: geoprocessing; remote sensing; forest; rescue; wild fire; firefighters.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Localização da área de atuação do 2ºSGB/CM.....	19
Figura 2 - Focos de incêndio florestal atendidos na área de atuação do 2ºSGB/CM.	20
Figura 3 - Localização dos incêndios florestais na zona urbana e zona rural da região.	21
Figura 4 - Veículo terrestre e aeronave de combate a incêndio florestais.....	22
Figura 5 - Controle de um foco de incêndio florestal realizado por combatente equipado.....	22
Figura 6 - Incêndio florestal com dificuldade de acesso e fuga do local.....	23
Figura 7 - Incêndio florestal próximo a área protegida.	24
Figura 8 - Localização de incêndios florestais em área urbana e rural.	25
Figura 9 - Incêndio florestal mais distante registrado no período.	26
Figura 10 - Rota desenvolvida utilizando GPS.	26
Figura 11 - Ocorrência dos registros de incêndio florestal em área urbana de Campo Mourão - PR.	27

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 OBJETIVOS.....	12
2.1 Objetivos específicos.....	12
3 JUSTIFICATIVA.....	13
4 REFERENCIAL TEÓRICO.....	14
4.1 A atividade do Corpo de Bombeiros do Paraná	14
4.2 Sistema de informações geográficas e o planejamento de atividades	14
4.3 Sensoriamento remoto e o Corpo de Bombeiros do Paraná.....	15
5 METODOLOGIA	17
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO	19
6.1 Utilização do geoprocessamento para os eventos atendidos pelo 2ºSGB/CM.	19
6.2 Registro de incêndios em área urbana do município de Campo Mourão – PR	27
7 CONCLUSÃO	29
REFERÊNCIAS.....	30

1 INTRODUÇÃO

O termo segurança pública pode ser traduzido como as ações desempenhadas pelo Estado com o objetivo de garantir os direitos individuais de sua população, assegurando o pleno exercício da cidadania, conforme estipula a Constituição Federal em seu artigo 144:

Art. 144 – A segurança pública, dever do Estado, direito e responsabilidade de todos, é exercida para a preservação da ordem pública e da incolumidade das pessoas e do patrimônio, através dos seguintes órgãos: I - polícia federal; II - polícia rodoviária federal; III - polícia ferroviária federal; IV - polícias civis; V - polícias militares e corpos de bombeiros militares (BRASIL, 1988).

No âmbito Estadual e Municipal, para o desempenho de tais atividades são utilizadas forças auxiliares do Exército, que se traduzem nas instituições da Polícia Militar e Corpo de Bombeiros, possuindo quartéis, delegacias, batalhões, destacamentos e postos de atendimento em todo o território, cada um responsável por atender determinada região do Estado.

O Corpo de Bombeiros do Paraná, pertencente a Polícia Militar do Paraná, possui suas atividades determinadas pelo artigo 48 da Constituição do Estado do Paraná que dispõem:

Art. 48 – [...] execução de atividades de defesa civil, prevenção e combate a incêndio, buscas, salvamentos e socorros públicos, o policiamento de trânsito urbano e rodoviário, o policiamento ferroviário, de florestas e de mananciais, além de outras formas e funções definidas em lei (PARANÁ, 1989).

Para o desenvolvimento de tais atividades, se torna necessário o uso de ferramentas e estudos em consonância com o desenvolvimento tecnológico, a fim de proporcionar maior eficiência nas atividades desempenhadas, preservando a integridade física e psicológica tanto do agente da segurança pública (sendo ele policial, bombeiro ou resgatista), quanto do indivíduo vítima de um incidente ou situação de emergência e que necessita ser resgatado ou retirado de tal situação.

Um dos fatores fundamentais para o atendimento e suporte a tais situações, que podem apresentar riscos à saúde física e mental do indivíduo, é a identificação de um acesso seguro ao local da situação de emergência, o que atualmente é realizado através da consulta a mapas físicos ou virtuais generalistas. Porém, muitas áreas e rotas estão sujeitas a mudanças em seus aspectos físicos no território e acabam não sendo mapeadas e disponibilizadas pelas empresas responsáveis por ilustrar essas informações, algo que em um momento inoportuno, pode dificultar e adiar o deslocamento das equipes.

A aplicação de Sistemas de Informação Geográficas (SIG) como o geoprocessamento e sensoriamento remoto, para eventos que envolvam algum tipo de emergência proporciona uma visão global e mais criteriosa da região em que as equipes de resgate, equipes de combate a incêndios ou patrulha irão atuar. Dessa forma, possibilita a tomada de decisões estratégicas com maior precisão e segurança antes mesmo de acessarem o local foco da emergência, garantindo que a equipe não se exponha a riscos adversos, o que é muito comum identificar nas atividades desempenhadas por esses profissionais (SOUZA; MINAYO, 2005).

Tais riscos desempenham um papel estruturante das condições laborais, ambientais e relacionais, uma vez que se trata de uma atividade que exige, em sua grande maioria, demasiado esforço físico e intelectual do indivíduo, além do desgaste psicológico à que estão sujeitos (SOUZA; MINAYO, 2005).

2 OBJETIVOS

Demonstrar a viabilidade e operacionalização do uso de Sistema de Informação Geográfica, para desenvolver rotas e analisar informações sobre o território, para o acesso seguro de equipes de resgate, combatentes e patrulha para casos de incêndio florestal na região do município de Campo Mourão – PR.

2.1 Objetivos específicos

Para atingir o objetivo geral desse projeto, se faz necessário atingir os seguintes objetivos específicos:

- i) Caracterizar a região de atuação do 2º Subgrupamento do Corpo de Bombeiros (2ºSGB/CM) localizado no município de Campo Mourão – PR;
- ii) Identificar as regiões com maior ocorrência de incêndios florestais e suas características, nos limites da região de atuação;
- iii) Identificar as necessidades e dificuldades enfrentadas pelo 2ºSGB/CM com relação ao acesso das equipes de resgate à áreas remotas;
- iv) Analisar e editar rotas auxiliares para planos estratégicos de combate e prevenção a incêndios florestais na região de atuação do 2ºSGB/CM.

3 JUSTIFICATIVA

Para o desenvolvimento das atividades desempenhadas pelo Corpo de Bombeiros do Paraná em todo o estado, a corporação considera importante o conceito conhecido como “Hora Ouro”, que se baseia no tempo de resposta entre a solicitação do atendimento até o primeiro acesso das equipes no local do incidente. Neste espaço de tempo, uma mobilização ágil e eficiente pode trilhar o caminho para uma extinção mais rápida de incêndios florestais e maior preservação do meio ambiente. A análise e criação de rotas utilizando Sistemas de Informações Geográficas, em consonância com estudos referentes as regiões que apresentam maior risco de incêndios, podem contribuir para um planejamento prévio e acesso seguro à determinadas áreas remotas ou que apresentem algum tipo de risco adicional para as equipes de combate. Além de, servirem como base para planos de prevenção e conscientização da população, para que eventos como este não voltem a ocorrer, garantindo maior integridade do meio ambiente e seus integrantes.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 A atividade do Corpo de Bombeiros do Paraná

O termo emergência se refere a uma situação crítica, acontecimento perigoso não planejado, e que deve ser analisado previamente para que a tomada de decisões seja automática no momento do atendimento, de forma inteligente e eficaz. O Corpo de Bombeiros é uma instituição que constantemente se depara com situações de emergência, envolvendo eventos complexos e de alto risco como incêndios, salvamentos, resgates e demais socorros públicos (GONÇALVES; XAVIER; PILATTI, 2007). Os autores também citam que a quantidade de recursos materiais, tecnológicos, quantidade de pessoal e estudos aprofundados se tornam fatores decisivos para definir qual a melhor estratégia a ser seguida para administrar situações de risco e antecipar possíveis imprevistos.

Para melhor desenvolvimento do atendimento ao público, instituições de segurança como o Corpo de Bombeiros, executam suas atividades em etapas como a prevenção, que analisa medidas executadas anteriormente ao fato, com a finalidade de evitar que uma situação de risco aconteça; o tratamento, que são medidas tomadas no momento do atendimento, a fim de minimizar as consequências; e a investigação, imediatamente posterior ao evento, com intuito de avaliar o atendimento e determinar as causas do ocorrido (GONÇALVES; XAVIER; PILATTI, 2007).

4.2 Sistema de informações geográficas e o planejamento de atividades

O avanço tecnológico da indústria mundial de satélites, iniciado em meados de 1960, está intimamente ligado ao tipo de uso das imagens obtidas através dessas máquinas, no início com foco para previsões meteorológicas e monitoramento de ameaças como furacões, e atualmente podendo ser empregado para gerenciamento de desastres e outros eventos de emergência (SAUSEN; LACRUZ, 2005). Considerando que o número de desastres tem aumentado nos últimos anos, entender melhor como incorporar determinadas ferramentas SIG, pode ser

fundamental para aumentar as chances de sobrevivência e suporte a população ou indivíduo vítima de algum tipo de emergência. No Brasil, a ocorrência de desastres naturais aumentou 268% na década de 2000 em comparação aos 10 anos anteriores, sendo que o país apresentou crescimento em todos os tipos de desastres naturais característicos do continente americano como inundações, deslizamentos, estiagem, enxurradas e incêndios florestais (SAUSEN; LACRUZ, 2005).

De acordo com Hao-wei et al. (2011), o SIG pode ser considerado como a combinação entre disciplinas tradicionais e tecnologia científica moderna, onde são cruzadas informações da geografia e topografia com informações relacionadas a sensoriamento remoto e sistemas de posicionamento global, aplicados para o tratamento de dados espaciais. No aspecto de auxílio a emergências, as informações fornecem o aspecto visual de um ponto no planeta, possibilitando caracterizar determinada região conforme seus padrões e protocolos, de modo a empregar recursos e pessoal para desempenhar as atividades com maior precisão.

Com o objetivo de antecipar determinados eventos de risco o estudo do ambiente terrestre se faz necessário, com isso o sensoriamento remoto e geoprocessamento contribuem de forma fundamental no desenvolvimento dos planos de ação. Através das interações entre a radiação eletromagnética e substâncias componentes do planeta Terra, pode ser analisado o comportamento espectral de cada região para a interpretação dos possíveis fenômenos que podem ocorrer (GRANEMANN; CARNEIRO, 2009). Também é possível observar as suas alterações ao longo do tempo, utilizando as imagens dos sensores remotos para estudar fenômenos ambientais como previsão do tempo, risco de deslizamentos, alagamentos, desmatamento, monitoramento de focos de incêndio em vegetação e áreas queimadas (GRANEMANN; CARNEIRO, 2009). Outra contribuição, é referente ao acesso seguro das equipes aos locais desses eventos, uma vez que imprevistos podem ocorrer devido as condições climáticas, condições do terreno e quadro de saúde dos indivíduos envolvidos, fatores que exigem um planejamento prévio eficaz para melhor empenho e desenvolvimento dos recursos empregados.

4.3 Sensoriamento remoto e o Corpo de Bombeiros do Paraná

A inovação tecnológica está intimamente ligada com as atividades desempenhadas pelo Corpo de Bombeiros e equipes de resgate, de forma que diversos equipamentos e ferramentas desenvolvidos revolucionaram a forma de desempenharem suas atividades, possibilitando maior eficiência no atendimento a emergências. Uma das ferramentas utilizadas que atualmente tem obtido destaque nesse contexto é a utilização dos Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT), também conhecidos como drones, que permitem obter imagens de determinadas áreas com boa resolução e em tempo real, auxiliando no monitoramento e vigilância, inspeção de estruturas, busca, resgate e gestão de emergências (ADDATI; LANCE, 2014). Outro exemplo de ferramenta utilizada, é um sistema adaptado pelo Instituto Tecnológico do Sistema Meteorológico do Paraná (SIMEPAR), e denominado FIRESIG, desenvolvido para atender as atividades desempenhadas pelo antigo Instituto Ambiental do Paraná (IAP) e a Coordenadoria Estadual da Defesa Civil do Paraná (COREDEC). O sistema é baseado em uma plataforma de SIG, personalizada para atender atividades específicas como monitoramento, prevenção e combate de incêndios florestais. O FIRESIG pode oferecer ainda ferramentas para espacialização e visualização do local do incêndio, análise de pontos de maior calor no ambiente, determinação de recursos para combate mais próximos e definição de rotas a serem seguidas, além de que algumas informações podem ser incorporadas em tempo real, reduzindo o tempo resposta e combate mais eficiente (DEPPE et al., 2004).

5 METODOLOGIA

Foram obtidos dados contendo a localização geográfica dos eventos classificados como incêndio florestal, atendidos pelo 2º Subgrupamento de Bombeiros (2ºSGB/CM) – Campo Mourão – Paraná, e que tiveram sua ocorrência registrada entre 01 de janeiro de 2018 à 31 de dezembro de 2019, totalizando um período de análise de dois anos. Os dados foram coletados através do Sistema de Informação do Corpo de Bombeiros do Paraná (SYSBM IMPRENSA, 2020) onde foi possível acessar um menu destinado para livre consulta da população e imprensa.

As informações foram transferidas e organizadas em tabelas utilizando o *software* Microsoft Excel (2016), contendo informações como Data, Hora, Município, Endereço, Bairro, Latitude e Longitude. Posteriormente, o arquivo foi convertido em CSV (*Comma Separated Values*) para que pudesse ser exportado para o *software* de multiplataforma de sistema de informação geográfica, Qgis (Qgis.org, 2020).

Com o Qgis, delimitou-se a área de atuação do 2ºSGB/CM, representada em formato *shapefile*, conforme dados obtidos através do site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). A localização dos eventos de incêndio florestal, ilustrada por pontos obtidos através das coordenadas geográficas contidas nos registros analisados, foi compilada em um novo arquivo, formato *shapefile*, sobrepondo o mapa da área de atuação, obtendo assim um mapa de localização delimitado, possibilitando uma visão mais ampla e precisa da concentração e frequência dos eventos destacados.

Nos casos em que os incêndios florestais ocorriam fora do limite do município foi calculado e analisado o evento com a maior distância de Campo Mourão - PR, estimando o tempo aproximado de deslocamento da equipe partindo da sede do 2ºSGB/CM, através de uso de receptor de sinal *Global Positioning System* (GPS).

Foram utilizadas imagens de satélite da região, acessadas através do projeto OpenStreetMap (Contribuidores do OpenStreetMap, 2020) e projeto Bing Aerial Maps (Bing, 2020), para a análise de dois pontos considerados críticos para incêndios florestais e que já apresentaram algum evento ocorrido, selecionados conforme os critérios: frequência; tipo de vegetação; relevo; aproximação de corpos hídricos e áreas protegidas; e dificuldade de acesso ou fuga. Para cada um dos pontos selecionados, foram editadas rotas auxiliares, considerando fatores de segurança para a equipe de combate e melhores condições para um combate ainda

mais efetivo como: direção do vento, presença ou não de rotas de fuga, tipo de vegetação próxima e proximidade com corpos d'água.

Através dos dados obtidos, foram editados mapas para suporte estratégico e preventivo para auxiliar na atuação do Corpo de Bombeiros e também dos gestores dos municípios atendidos pelo 2ºSGB/CM para futuros projetos de prevenção.

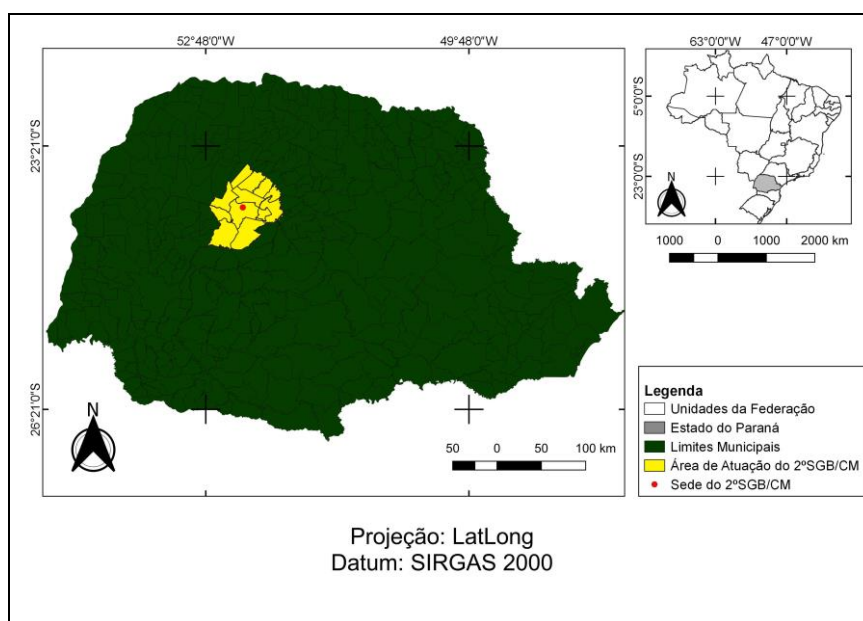
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Utilização do geoprocessamento para os eventos atendidos pelo 2ºSGB/CM

O 2º Subgrupamento de Bombeiros (2º SGB/CM), com sede no município de Campo Mourão – PR, é integrante da região do estado administrada pelo 5º Grupamento de Bombeiros, com sede na cidade de Maringá – PR, contemplando com serviço de atendimento a urgência e emergência toda a região centro-oeste do estado do Paraná.

A área de estudo do projeto se resume ao município de Campo Mourão e demais municípios que são atendidos pelo 2º SGB/CM, sendo eles: Araruna, Barboza Ferraz, Corumbataí do Sul, Engenheiro Beltrão, Farol, Fénix, Luiziana, Mamborê, Peabiru, Quinta do Sol e Terra Boa (Figura 1).

Figura 1 - Localização da área de atuação do 2ºSGB/CM.



Fonte: Autoria própria, 2020.

A região se encontra inserida entre as latitudes 23°32'29"S e 24°35'25"S e as longitudes 51°49'52"W 52°45'32"W, e possui clima regional, considerando a classificação de Köppen, do tipo Subtropical Úmido Mesotérmico (Cfa), que possui como características básicas chuvas concentradas nos meses de verão (Junho à

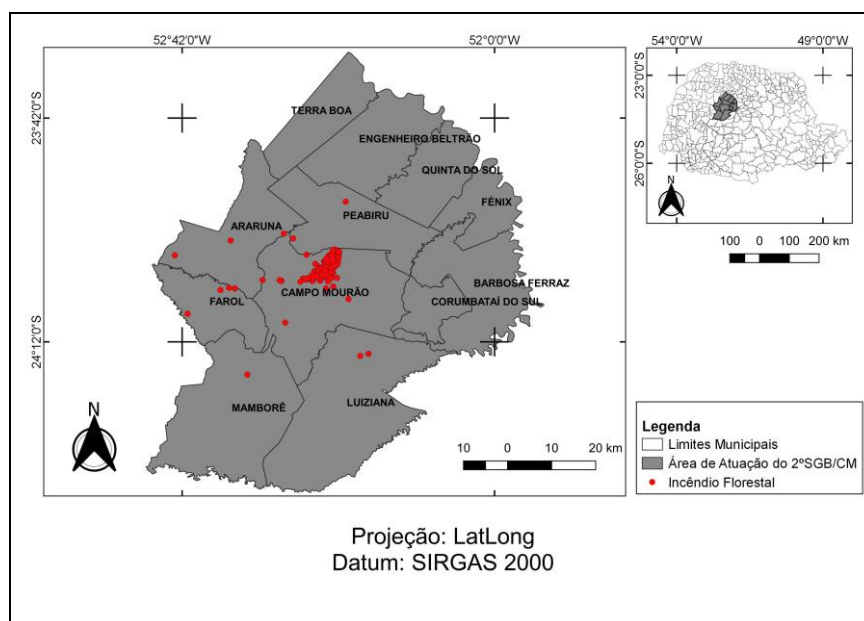
Setembro), apresentando médias pluviométricas entre 1400mm a 1500mm por ano, sem estação seca definida e geadas pouco frequentes (IAPAR, 2020).

Sua vegetação característica é classificada como transição entre Floresta Ombrófila Mista e Floresta Estacional Semidecidual, com fragmentos de Cerrado. Tal composição vegetal é representada por plantas de grande, médio e pequeno porte, como a *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze (Araucária), *Aspidosperma sp* Mart. & Zucc (Perobas), entre outras espécies nativas e exóticas (IAT, 2005).

A região ainda conta com áreas de proteção ambiental, Unidades de Conservação e parques como o Parque Estadual do Lago Azul (Campo Mourão/Luiziana), Parque Estadual Villa Rica do Espírito Santo (Fênix), Reserva Florestal de Figueira (Engenheiro Beltrão), além de áreas de relevante interesse ecológico e Reservas Particulares do Patrimônio Natural.

De modo a destacar as regiões com maior ocorrência de incêndios florestais, é possível observar que a maior parte dos registros analisados ocorrem nos limites do município de Campo Mourão (Figura 2).

Figura 2 - Focos de incêndio florestal atendidos na área de atuação do 2ºSGB/CM.

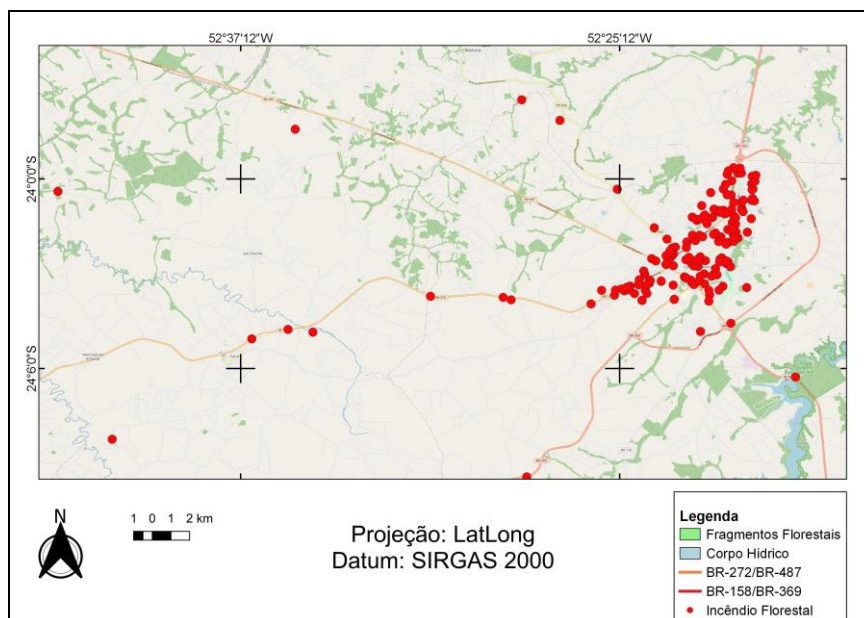


Fonte: Autoria própria, 2020.

Considerando a Figura 3, alguns dos pontos destacados se encontram próximos a rodovias, estradas rurais, áreas protegidas, corpos hídricos e fragmentos florestais, podendo conferir um dano ambiental ainda maior em casos de incêndios,

considerando a possibilidade da incineração de plantas nativas, extinção de espécies ameaçadas, ferir e afugentar espécies importantes da fauna regional.

Figura 3 - Localização dos incêndios florestais na zona urbana e zona rural da região.



Fonte: Autoria própria, 2020 (Dados: OpenStreetMap, 2020).

O combate a incêndios florestais no Paraná é realizado por meio de equipes contendo bombeiros treinados e equipados, em muitos casos até mesmo empregando veículos terrestres e aeronaves de combate a incêndio, dotados de reservatórios de água e motobombas (Figura 4). O número de pessoas empenhadas para o combate varia de acordo com as possibilidades de emprego de cada Unidade Operacional e a dimensão do incêndio. Porém, frequentemente as equipes enfrentam dificuldades relacionadas ao acesso à focos de incêndios, no qual a escolha deste acesso depende de variáveis como: relevo do terreno; tipo e densidade da vegetação; direção do vento; proximidade de corpos hídricos e áreas protegidas.

Em vegetações mais densas, o acesso fica limitado para veículos terrestres de combate a incêndio, sendo necessário o combatente adentrar a vegetação a pé e carregando os equipamentos necessários (Figura 5), porém tais ferramentas agregam mais peso a ser carregado pelo combatente, aumentando os níveis de desgaste e estresse.

Outro ponto, é adentrar uma área desconhecida sem ter conhecimento de um possível plano de fuga ou rota alternativa caso as condições ambientais sofram mudanças, fator que pode colocar a integridade física e psicológica do combatente em alto risco. Dessa forma, a identificação e caracterização mais precisa da região afetada, antes mesmo de ser iniciado o deslocamento da equipe, se torna decisiva para um combate mais eficiente e seguro.

Figura 4 - Veículo terrestre e aeronave de combate a incêndio florestais.



Fonte: CBPR, 2020.

Figura 5 - Controle de um foco de incêndio florestal realizado por combatente equipado.



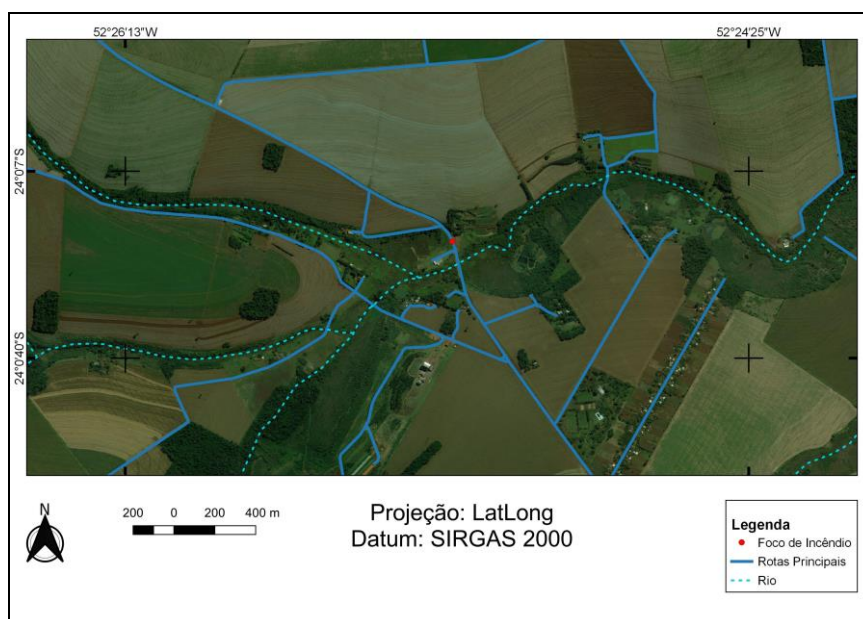
Fonte: CBPR, 2020.

Para o projeto foram selecionados dois casos de incêndio florestal registrados pelo 2ºSGB/CM, utilizando critérios como frequência, tipo de vegetação afetada,

relevo do local, aproximação de corpos hídricos e áreas protegias, e dificuldade de acesso ou fuga do local.

Analisando um dos locais selecionados (Figura 6), em que foi registrado evento de incêndio florestal, é possível observar que a região, apresenta poucas opções de rotas para acesso e fuga dos combatentes caso ocorram adversidades durante o combate como mudança de direção do vento, aumento da quantidade de fogo ou surgimento de novos focos devido a fragmentos ainda incandescentes lançados. Outro fator de risco, é observado pela presença de corpo hídrico e região alagada próximo ao local, áreas de difícil acesso para veículos de combate e para o combatente, sendo necessário uma extinção rápida e eficiente dos focos antes que atinjam tal área.

Figura 6 - Incêndio florestal com dificuldade de acesso e fuga do local.

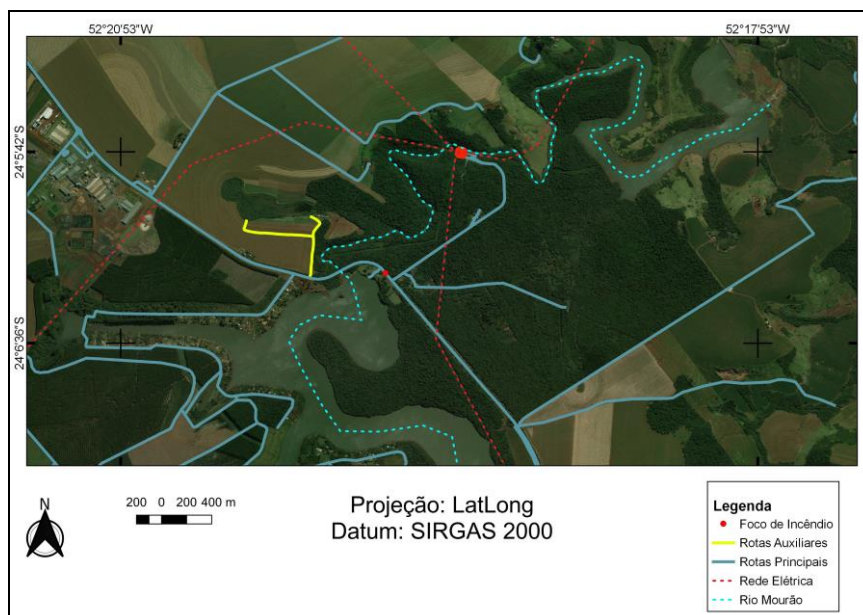


Fonte: Aatoria própria, 2020 (Dados: Bing, 2020).

Em outro evento registrado (Figura 7), o maior fator de risco observado é a proximidade do foco de incêndio com área protegida, no caso Parque Estadual do Lago Azul, necessitando um combate rápido e eficaz com objetivo de preservar ao máximo a área do parque, que devido à alta densidade da vegetação torna o acesso a algumas áreas no interior da floresta mais difícil para o combatente e veículos de combate a incêndio. Ainda se observa a presença de redes elétricas, localizadas

próximo ao parque, conferindo o risco de iniciarem um foco de incêndio advindo de eventuais faíscas produzidas ou eventual queda dos cabos de energia.

Figura 7 - Incêndio florestal próximo a área protegida.



Fonte: Autoria própria, 2020 (Dados: Bing, 2020).

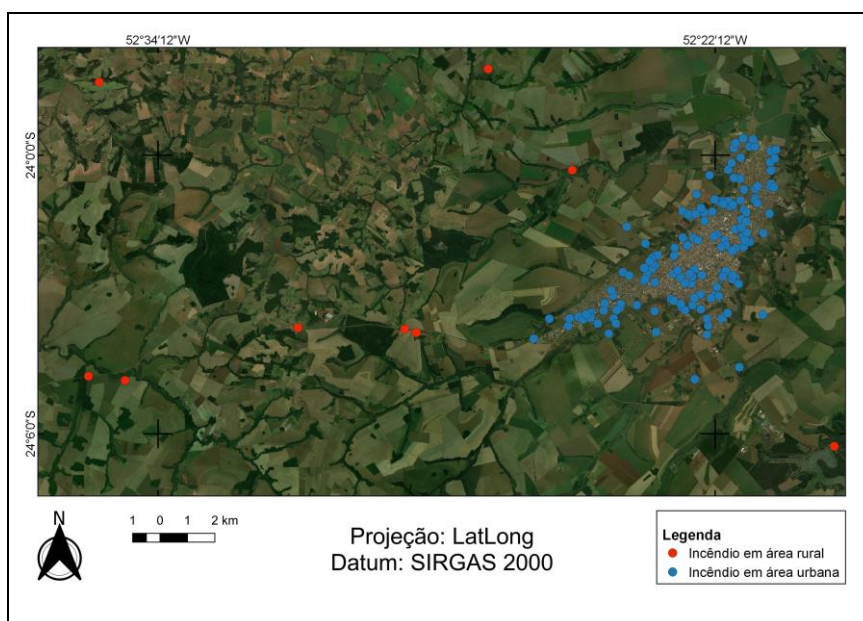
Nos dois casos, foi observado que algumas vias existentes no local, não estavam digitalizadas no projeto OpenStreetMap, então não eram utilizadas dentro de um plano de combate a incêndios. Vias estas que poderiam ser utilizadas como rotas auxiliares pelas equipes de combate, facilitando o acesso ou fuga das equipes empenhadas. Tais vias foram editadas manualmente pelo autor desse projeto, fazendo agora parte do banco de dados do projeto OpenStreetMap e disponível a todos os usuários. Ações desse tipo podem ser facilmente desenvolvidas através de parcerias entre o Corpo de Bombeiros, municípios, secretarias e institutos de ensino e pesquisa, possibilitando assim maior quantidade de dados que possam contribuir para que tais eventos não voltem a ocorrer.

O conjunto de informações apresentado, pode ser analisado em instantes, antes mesmo do deslocamento da equipe para o local, informações estas que podem contribuir para um combate ainda mais eficiente, melhor emprego de pessoal e equipamentos e ainda auxiliar em campanhas e projetos de prevenção nos períodos de estiagem, em que ocorrem maior quantidade de incêndios florestais na região, segundo os registros analisados.

Os incêndios florestais tendem a evoluir consideravelmente conforme o tempo que a vegetação fica exposta as chamas, ocorrendo o aumento progressivo da temperatura, o que contribui para a incineração de outros materiais combustíveis que estiverem próximos. Sendo assim, o fator tempo para se iniciar o combate se torna decisivo para que ocorra a rápida extinção dos focos de incêndio, contribuindo para uma menor área afetada, menor emissão de gases e partículas poluidoras para o ambiente.

Os eventos ocorridos fora dos limites do município, se apresentam em áreas rurais e muitas vezes remotas (Figura 8), das quais se possui pouca informação sobre a região e demandam determinado tempo para serem localizados e acessados.

Figura 8 - Localização de incêndios florestais em área urbana e rural.



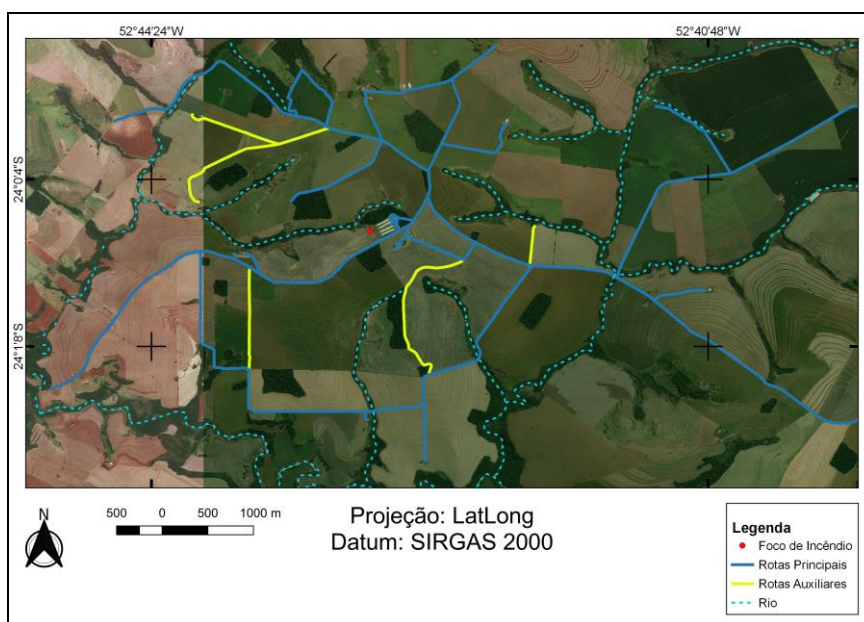
Fonte: Autoria própria, 2020 (Dados: Bing, 2020).

E novamente, através da análise prévia das informações geográficas, permite ao comandante da operação a tomada de decisões sobre o empenho de equipamentos e pessoal, antes mesmo dos combatentes acessarem o local. Como é o caso de um dos eventos registrados, que ocorreu a aproximadamente 34 km da sede do 2ºSGB/CM (Figura 9).

Através do projeto GoogleMaps (Google, 2020), ferramenta acessível a qualquer tipo de usuário, estima-se um tempo de deslocamento de aproximadamente 55 minutos, calculado pelo GPS utilizando apenas as Rotas

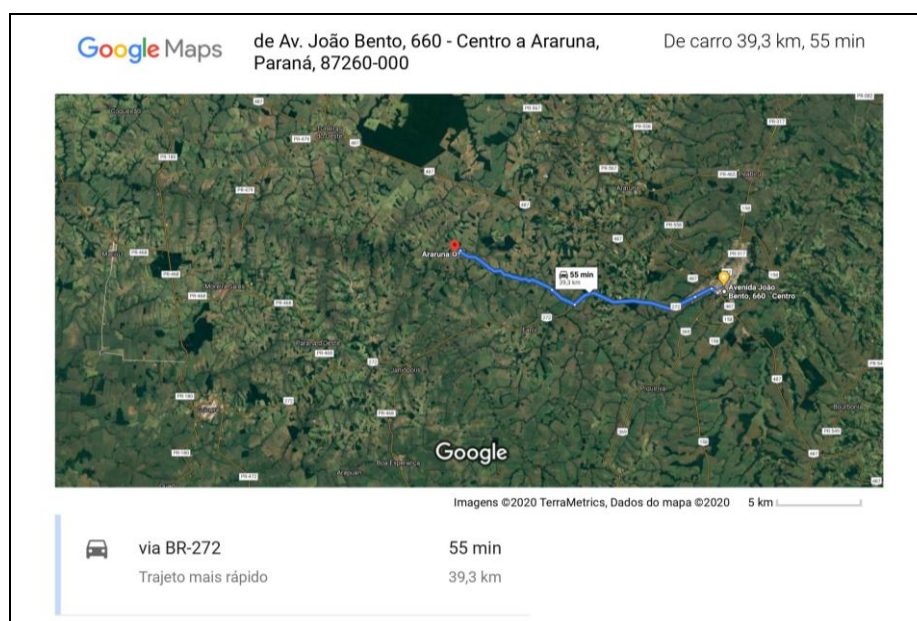
Principais já conhecidas (Figura 10), haja visto que algumas Rotas Auxiliares, ainda não faziam parte do banco de dados do projeto, e que poderiam auxiliar no plano estratégico.

Figura 9 - Incêndio florestal mais distante registrado no período.



Fonte: Autoria própria, 2020 (Dados: Bing, 2020).

Figura 10 - Rota desenvolvida utilizando GPS.



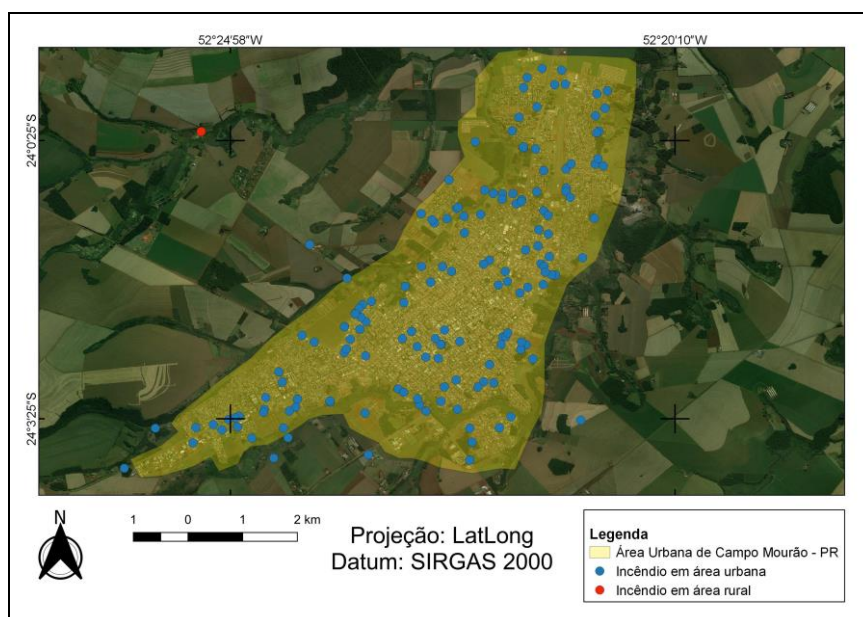
Fonte: GoogleMaps, 2020.

O tempo de deslocamento apresentado, pode ser considerado o suficiente para que um incêndio possa evoluir e atingir condições alarmantes, caso não haja uma primeira intervenção, dificultando ainda mais o combate e se fazendo necessário o empenho de ainda mais pessoal e equipamentos. Dessa forma, fica claro a necessidade dos municípios atendidos pelo 2ºSGB/CM, também dotarem-se de equipamento e pessoal treinado, para atuar em um primeiro combate até a chegada das equipes do Corpo de Bombeiros.

6.2 Registro de incêndios em área urbana do município de Campo Mourão – PR

Com o auxílio de imagem de satélite e tratamento dos dados, foi possível identificar que o centro urbano do município de Campo Mourão – PR apresentou a maior concentração dos casos de incêndios, classificados como florestais, registrados pelo 2ºSGB/CM (Figura 11). A partir da análise das imagens, foram observados registros de focos de incêndio florestal tanto no interior da área urbana, com menor presença de vegetação, como também na região periférica com maior presença de fragmentos ambientais.

Figura 11 - Registros de incêndio florestal em área urbana de Campo Mourão - PR.



Fonte: Autoria própria, 2020 (Dados: Bing, 2020).

Mesmo com a baixa quantidade de vegetação que é observada no interior da área urbana, essa região ainda apresenta terrenos desocupados e sem manutenção preventiva da vegetação, que em muitos casos são observados a incineração de resíduos diversos, como relatam boa parte dos registros analisados. Esses focos de incêndio provocam um desconforto ambiental para a população próxima, devido a quantidade de fumaça e gases lançados na atmosfera, afugentamento da fauna local, podendo evoluir e atingir residências e outras áreas de vegetação.

Utilizando o mapa desenvolvido e com o auxílio de um banco de dados, é possível destacar as áreas com maior ocorrência de incêndios e queimadas irregulares, permitindo as equipes de combate do 2ºSGB/CM o acesso a informações sobre a possível causa e melhor forma de combate. Além de, auxiliar no desenvolvimento de programas de fiscalização, prevenção e conscientização com o apoio de entidades e dos próprios moradores que se encontram próximos de áreas de risco, de forma a evitar que esses eventos voltem a acontecer, fiscalizando e denunciando práticas que podem resultar em novos focos de incêndio florestal no município, preservando ainda mais a integridade da população, vegetação e qualidade do ambiente.

7 CONCLUSÃO

A análise e tratamento de dados como coordenadas geográficas e elementos da paisagem, através das imagens de satélites, permitem um planejamento estratégico prévio de prevenção, identificação e combate a incêndios florestais, uma vez que proporciona informações para caracterização e localização mais precisa dos focos de incêndio. Possibilita também, com a edição de vias e criação de rotas auxiliares, maiores informações para o acesso e fuga mais seguro das equipes de combate, nos mais diversos tipos de terreno e áreas remotas.

Sendo assim, o projeto pode auxiliar em programas de prevenção nos períodos de maior ocorrência de incêndios florestais na região de atuação do 2ºSGB/CM, para que tais eventos não voltem a ocorrer, haja visto que essa é apenas uma das várias outras situações de emergência atendidas por esta instituição. O mesmo procedimento pode ser aplicado a diversas áreas de segurança, não somente para combate a incêndios florestais, ainda pode ser utilizado para acidentes de trânsito, buscas terrestres, buscas aquáticas e outros tipos de resgates e atividades em áreas remotas ou de extremo risco.

A aplicabilidade do projeto para o 2ºSGB/CM, também pode ser replicada e aperfeiçoada para outros municípios e outras unidades e instituições operacionais de segurança do Estado ou do país, conforme suas realidades e condições no empenho dos recursos disponíveis. Com a criação de um banco de dados e análise preventiva, é possível proporcionar um combate mais rápido e eficaz aos focos de incêndio, uma vez que em alguns casos estes demandam determinado tempo para o deslocamento e acesso das equipes, contribuindo para menor área de vegetação atingida, segurança das equipes e bem-estar do meio ambiente e seus indivíduos.

REFERENCIAS

Bing. Project Bing Aerial Maps by Microsoft Corporation. Análise de imagens de satélite, Campo Mourão, 2020. Disponível em: <https://www.bing.com/maps/aerial>. Acesso em: 15 maio 2020

BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, DF: Presidência da República, [2016]. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constituicao.htm. Acesso em: 20 out. 2019.

Contribuidores do OpenStreetMaps. OSM – Open Street Maps. Disponível em: <https://www.openstreetmaps.org>. Acesso em: 10 jun. 2020.

CORPO DE BOMBEIROS DO PARANÁ (CBPR). **Manual de prevenção e combate a incêndios florestais**. Curitiba: CBPMPR, 2010.

DEPPE, Flavio et al. **FIRE SIG - Sistema de Suporte a Tomada de Decisão Para o Combate a Incêndios No Paraná**. Revista Floresta, Curitiba, Pr, v. 2, n. 34, p.157-162, ago. 2004.

GOMES R, Minayo MCS & Silva CFR 2003. Riscos da profissão, pp. 207 - 226. In MCS Minayo & ER Souza (orgs). **Missão investigar: entre o ideal e a realidade de ser policial**. Garamond, Rio de Janeiro, mai. 2005.

GONÇALVES, Pablo Rodrigo; CAZARINI, Edson Walmir. **O Uso de Sig no Corpo De Bombeiros: Uma proposta de modelo de implementação**. Revista Minerva, São Carlos, Sp, v. 5, n. 1, p.9-16, jun. 2008. Semestral.

GONÇALVES, Samuel Potma Garcias; XAVIER, Antônio Augusto de Paula; GRANEMANN, Daniel Carvalho; CARNEIRO, Gerson Luiz. **Monitoramento de focos de incêndio e áreas queimadas com a utilização de imagens de sensoriamento remoto**. Revista de Engenharia e Tecnologia, Ponta Grossa, Pr, v. 1, n. 1, p.55-62, dez. 2009.

GoogleMaps. Google Inc. Disponível em: <http://code.google.com/maps>. Acesso em: 19 maio 2020.

HAO-WEI, Yao et al. **Application of GIS on Emergency Rescue**. Procedia Engineering, [s.l.], v. 11, p.185-188, 2011. Elsevier BV. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.proeng.2011.04.645>. Acesso em: 20 out. 2019.

IAPAR. **Instituto Agrônomo do Paraná (Org.)**. Classificação Climática – Segundo Koppen. 2018. Disponível em: <http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=597>. Acesso em: 20 abr. 2020.

IAT. **Instituto Água e Terra**. Plano de Manejo – Parque Estadual do Lago Azul. 2005. Disponível em: <<http://www.iat.pr.gov.br/Pagina/Plano-de-Manejo-Parque-Estadual-Lago-Azul>>. Acesso em 14 abr. 2020.

PARANÁ. [Constituição (1989)]. **Constituição do Estado do Paraná**. Ed. Atual. Curitiba: Assembleia Legislativa do Estado do Paraná, 1989.

PILATTI, Luiz Alberto. **Tomada de decisão no tratamento de emergências**. Revista Produção Online, Florianópolis, Sc, v. 7, n. 7, p.97-109, abr. 2007.

QGIS.org. QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. Disponível: <<http://qgis.org/>>. Acesso em: 20 ago. 2020.

SAUSEN, Tânia Maria; PARDI LACRUZ, María Silvia 1962-. **Sensoriamento remoto para desastres**. São Paulo, SP: Oficina de Textos, 2015. 285 p. ISBN 9788579751752 (broch.).

SOUZA, Edinilsa Ramos de; MINAYO, Maria Cecília de Souza. **Policial, risco como profissão: morbimortalidade vinculada ao trabalho**. Ciência e Saúde Coletiva, Rio de Janeiro, Rj, v. 4, n. 10, p.917-928, jun. 2005.

SYSBM IMPRENSA. Sistema de Informação do Corpo de Bombeiros do Paraná, 2020. Disponível em: <http://www.bombeiroscascavel.com.br/sysbmnew/menu_imprensa/>. Acesso em: 10 abr. 2020.

VOSGERAU, Jackson Luiz et al. **Avaliação dos registros de incêndios florestais do estado do Paraná no período de 1991 a 2001**. Revista Floresta, Curitiba, Pr, v. 36, n. 1, p.23-32, abr. 2006.