

GESTÃO DE COMBATE A INCÊNDIOS: DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL E TEMPORAL NO SUL DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

Iulo Pessotti Moro
Fabricia Benda de Oliveira

Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Alegre - ES, Brasil

O sucesso das operações de bombeiro depende diretamente do tempo de resposta para o atendimento às ocorrências. Para isso, os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) proporcionam agilidade no suporte à tomada de decisão. Assim, o objetivo principal deste trabalho consiste em georreferenciar e analisar a distribuição espacial das ocorrências de incêndios para a área de atuação do 3º BBM-ES e avaliar os tempos gastos nas etapas de planejamento e combate a incêndios para o período de 2017 a 2020. Realizou-se o georreferenciamento dos dados de incêndios dos boletins de ocorrências e estimou-se a densidade de Kernel para análise da distribuição espacial e calculou-se o tempo de mobilização de contingente e tempo de combate a incêndios. Do total de incêndios, 48% foram registrados em áreas urbanas, onde estão mais concentrados e próximos a rodovias intermunicipais. Observou-se que a variação do número de ocorrências entre os municípios é maior do que entre os anos avaliados, evidenciando uma considerável variação nos tempos de mobilização específicos de cada companhia.

Palavras-chave: gestão pública; Sistema de Informação Geográfica; Densidade Kernel; combate a incêndios; corpo de bombeiros.



GESTIÓN CONTRA INCENDIOS: DISTRIBUCIÓN ESPACIAL Y TEMPORAL EN EL SUR DEL ESTADO DEL ESPÍRITO SANTO

El éxito de las operaciones de bomberos depende directamente del tiempo de respuesta para atender las ocurrencias, por lo que los Sistemas de Información Geográfica (SIG) pueden proporcionar agilidad para apoyar la toma de decisiones. Así, el objetivo principal de este trabajo es georreferenciar y analizar la distribución espacial de ocurrencias de incendios para el área de operación del 3er BBM-ES y evaluar los tiempos invertidos en las etapas de planificación y lucha contra incendios para el período 2017 a 2020. Se realizó la georreferencia de los datos de incendio de los boletines de ocurrencia y se estimó la Densidad del Kernel para el análisis de distribución espacial y se calculó el tiempo de movilización contingente y el tiempo de extinción de incendios. Del total de incendios, el 48% se registraron en zonas urbanas donde están más concentrados y, cerca de autopistas interurbanas. Se observó que la variación en el número de ocurrencias entre los municipios es mayor que entre los años evaluados, demostrando una variación considerable en los tiempos de movilización específicos de cada empresa.

Palabras clave: gestión pública; Sistema de Información Geográfica; Densidad del Kernel; lucha contra incendios; bomberos.

FIREFIGHTING MANAGEMENT: SPATIAL AND TEMPORAL DISTRIBUTION IN THE SOUTH OF THE STATE OF ESPÍRITO SANTO

The success of firefighting operations directly depends on the response time to incidents, so Geographic Information Systems (SIG) can provide agility in supporting decision-making. Thus, the main objective of this work is to georeference and analyze the spatial distribution of fire incidents in the area of operation of the 3rd BBM-ES and evaluate the time spent in the planning and firefighting stages from 2017 to 2020. The data of fire incidents from the reports were spatially positioned, the density of Kernel was estimated for spatial distribution analysis and the mobilization time of the contingent and firefighting time were calculated. Of the total fires, 48% were recorded in urban areas where they are more concentrated and nearer inter-municipal highways. It was observed that the variation in the number of incidents between municipalities is higher than between the evaluated years, observing a considerable variation in the specific mobilization times of each company.

Keywords: public management; Geographic Information System; Kernel Density; firefighting; fire department.

1. INTRODUÇÃO

O Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Espírito Santo (CBMES) é uma organização de Estado incumbida de executar ações de defesa civil, entre elas, a prevenção e combate a incêndios (Brasil, 1988). Para direcionar a atuação operacional e garantir o sucesso na extinção do fogo, o CBMES apresentou suas diretrizes no Planejamento Estratégico 2015-2019. Entre elas, destacam-se, “promover o compartilhamento, padronização e consolidação de informações e dados entre as instituições”, entre as quais o próprio corpo de bombeiros, polícia militar, universidades, defesa civil, além de “incentivar a implementação de novas tecnologias de forma a promover o aperfeiçoamento das atividades e ações de bombeiro” (CBMES, 2016).

Atualmente, novas tecnologias vêm sendo desenvolvidas com o intuito de evitar ou minimizar os danos causados pelos incêndios, assim como para otimizar a sua detecção, planejamento logístico e combate (White, A; White, S; Ribeiro, 2018). Os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) compreendem inúmeras metodologias de análises, permitindo economia de tempo e recursos, agregando dados de diversas fontes.

Dessa forma, além da otimização, é evidente a importância dos SIG no entendimento e gestão do espaço terrestre, com capacidade para armazenar dados, gerar imagens e permitir a impressão dos dados espaciais, permitindo efetuar análises e modelagens espaciais. Devido ao caráter multidisciplinar dos SIG, estes podem ser utilizados para diversos fins, desde os mais simples, até análises mais complexas, fornecendo informações de qualidade para suporte a gerenciamento e gestão (Miranda, 2015; Sakellariou *et al.*, 2020).

A difusão, popularização e evolução dos SIG é concomitante à dos computadores; no Brasil, ocorreu no início dos anos 1990, principalmente no setor privado. De acordo com Souza (2014), apenas no final da mesma década o Estado retoma seu protagonismo como ordenador do espaço, evidenciado pelas novas demandas da sociedade e pela universalização dos serviços públicos. Souza (2014) constatou, então, que era necessária uma base cartográfica detalhada para o planejamento de políticas públicas.

Quando o Estado passa a reinvestir na produção cartográfica, depara-se com as novas geotecnologias, o que deveria auxiliar seu processo de organização, mas, na realidade, a falta de dados cartográficos atualizados e em formato digital se revelou um grande problema. Essa demanda foi suprida por empresas da iniciativa privada, que se tornaram grandes especialistas desse tipo de produto, fornecendo-os, inclusive, para o Estado (Souza, 2014).

Ainda de acordo com Souza (2014), no início dos anos 2000, uma nova tecnologia passa a ser disponibilizada comercialmente – as imagens orbitais de alta resolução, que serviriam de base para a vetorização de novas bases cartográficas. Contudo, cada ente do Estado que precisasse teria que adquirir o seu direito de uso, sem poder repassar para outros órgãos. Fatos como esse impulsionaram a produção de bases cartográficas por parte de entidades públicas para evitar que o mercado continuasse com o controle exclusivo do acesso a esses dados.

Entidades públicas vêm, desde então, se aperfeiçoando no processo de produção de bases cartográficas para auxiliar a aplicação de políticas públicas em todas as esferas. Para isso, é necessário o uso de ferramentas dos SIG no cruzamento de dados. No entanto, ainda hoje, enfrentam desafios como o acesso a base de informação de qualidade e de domínio público, que é reflexo da falta de investimento nesse setor no passado.

Com isso, o objetivo geral deste estudo consistiu em georreferenciar e analisar a distribuição espacial das ocorrências de incêndios para o território sob jurisdição do Terceiro Batalhão Bombeiros Militar do Estado do Espírito Santo (3º BBM-ES), e avaliar os tempos gastos nas etapas de planejamento e combate a incêndios, para o período de 2017 a 2020, registrados nos boletins de ocorrências.

2. O CONTEXTO E O PROBLEMA

Após a promulgação da Constituição Federal de 1988, o Brasil consolida-se como um Estado Democrático. Com isso, conforme Silva (2020), iniciam-se processos de mudanças na administração pública visando maior eficiência nos processos, aproveitando os modelos utilizados pelas empresas privadas, ficando conhecida como *New Public Management* (Nova Administração Pública). Porém, segundo Motta (2013), a adoção desse modelo, pelo Estado, foi menos eficiente do que quando empregado pelas empresas privadas, pois a área pública está condicionada a normas regidas por leis que não são facilmente alteradas, acarretando dificuldades para resolver os problemas com rapidez.

A velocidade e a precisão na etapa de obtenção das informações necessárias à tomada de decisão para o combate a incêndios são fatores que influenciam diretamente no sucesso da operação. Pois, qualquer erro ou atraso no atendimento de uma ocorrência pode resultar em perdas irreparáveis ao patrimônio, ao meio ambiente, e até mesmo, de vidas (Pacheco *et al.*, 2015).

O problema enfrentado pelo 3º BBM-ES, objeto de estudo deste trabalho, é a falta de informações digitais georreferenciadas, sendo o meio digital mais eficiente para a produção, o armazenamento, o processamento e a visualização das informações necessárias ao planejamento das atividades.

Dessa forma, têm-se as seguintes perguntas: Quantas são as ocorrências de incêndios registradas pelo 3º BBM nos últimos quatro anos? Onde estão localizados os incêndios registrados pelo 3º BBM? Qual o tempo médio gasto nas atividades de planejamento ao combate de incêndios?

2.1 Os incêndios e o setor público

A política de prevenção e controle de incêndios é planejada e implementada pelos três níveis de governo. Na esfera federal, há o Sistema Nacional de Prevenção e Controle de Incêndios Florestais (Prevfogo), que é um centro especializado do Instituto Brasileiro de Meio

Ambiente e Recursos Renováveis (Ibama); e o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), responsável principalmente pelos incêndios florestais em Unidades de Conservação. Nas esferas estaduais e municipais, as intervenções ocorrem principalmente através dos corpos de bombeiros estaduais, de secretarias e autarquias de meio ambiente (Fonseca-Morello *et al.*, 2017).

No Estado do Espírito Santo, o Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IEMA) conta com o Programa Estadual de Prevenção e Combate a Incêndios Florestais (Prevines), que tem por objetivo reduzir a perda da biodiversidade e os prejuízos socioeconômicos e ambientais decorrentes dos incêndios florestais. Atua em parceria com outros órgãos ambientais estaduais e municipais e com o Corpo de Bombeiro Militar do Estado do Espírito Santo (CBMES) (Prevines, 2015).

Existem diversos dispositivos legais para disciplinar o uso do fogo, destacando-se a Lei nº 6.938/81 que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente e regulamenta a autorização para uso do fogo em queimada controlada (Brasil, 1981), Lei nº 9.605/98 sobre crimes ambientais (Brasil, 1998) e a mais recente é a Lei nº 12.651/12, que dispõe sobre o Código Florestal (Brasil, 2012). Tais instrumentos permitem aos gestores dos órgãos públicos tomarem decisões embasadas nos aspectos legais relacionados ao fogo.

Para Poggi, Firmino e Amado (2018), as prefeituras, ao realizarem o ordenamento do território através do Plano Diretor Municipal (PDM), determinando os tipos de uso e ocupação do solo, podem utilizá-lo como uma ferramenta estratégica de programação de limpeza de terrenos, tanto em áreas urbanas quanto rurais, para remoção de restos vegetais, reduzindo fontes de ignição e de propagação de incêndios, e acrescentam que esses materiais recolhidos podem ser utilizados como biomassa para produção de energia.

Além do ordenamento do território, Torres *et al.* (2017) enfatizam que manter um registro histórico de dados sobre ocorrências de incêndios pode ser útil para direcionar políticas públicas para locais mais críticos, investindo recursos de forma mais eficiente e evitando prejuízos financeiros ocorridos por sinistros. Rodríguez *et al.* (2013), por sua vez, afirmam que a falta de conhecimento sobre os incêndios pode ocasionar dois cenários opostos sob a ótica econômica: gastos elevados em prevenção, acima do potencial de dano, ou gastos baixos, colocando em risco o ambiente e as vidas.

2.2 Sistema de informação geográfica na gestão pública e no combate a incêndios

O SIG é uma ferramenta multidisciplinar com aplicações diversas em diferentes áreas do conhecimento, e tem ocupado cada vez mais espaço na gestão pública como ferramenta para fornecer subsídios ao planejamento e à execução de políticas públicas em diferentes segmentos, como segurança, defesa civil e infraestrutura (Longley *et al.*, 2013). Dessa forma, diversas pesquisas vêm sendo realizadas com essa abordagem.

Franke e Bias (2016) ressaltam que os atores do componente SIG referem-se ao conjunto de usuários, responsáveis pelas demandas e às formas de acesso aos dados, e de provedores que respondem pela aquisição, produção, manutenção e oferta dos dados espaciais. Franke e Bias (2016) e Williamsom *et al.* (2003) também evidenciam que a universidade pode ser tanto um usuário como um provedor de informações, além de ser a responsável pela capacitação, treinamento e pela realização de pesquisas nesse campo.

Silva *et al.* (2017) e Machado e Camboim (2019) também destacam a utilização de plataformas digitais para elaboração de mapeamentos participativos, onde a sociedade compartilha informações de localização geográfica de pontos de interesse, produzindo um banco de dados rico em informações de acesso livre a todos. Isso permite reduzir os custos com a produção desses dados que, para a sua efetiva utilização, precisam ser validados para ter valor legal. Mesmo assim, ainda há ganhos em eficiência e economicidade.

Na ocorrência de um incêndio em áreas urbanas, uma vez que a prevenção não tenha sido suficiente, durante a supressão do fogo, é possível haver a necessidade de reabastecimento de água dos veículos e, para isso, é necessário que se conheça a localização dos hidrantes. Em um estudo utilizando SIG, Mota *et al.* (2020) verificaram a operacionalidade da rede de distribuição espacial de hidrantes relacionando com a vulnerabilidade ao risco de incêndios, apresentando propostas para melhorar a distribuição, gestão e o uso desses equipamentos.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Abordagem e tipo de pesquisa

Esta pesquisa tem caráter quantitativo, relacionada ao tratamento dos dados brutos dos boletins de ocorrência de incêndios, cedidos pelo 3º BBM-ES. Correlacionando-os entre si e com o ambiente geográfico, através da elaboração de uma base cartográfica necessária para o georreferenciamento das informações. Sendo um método abordado em pesquisas como a de Oliveira *et al.* (2020) e Sakellariou *et al.* (2020).

Essa abordagem quantitativa, posto que as informações apresentadas se complementam, aprimora o entendimento do fato. Ainda, do ponto de vista quantitativo, os dados expressos em números possibilitam o reconhecimento de padrões de eventos e inferências sobre a população avaliada (Gonçalves *et al.*, 2014).

Em termos de tipificação, este estudo trata-se de um levantamento; esse tipo de pesquisa descreve quantitativamente as tendências de uma população através de uma amostra (Creswell, J. W.; Creswell, J. D., 2021). Portanto, os autores buscam classificar, descrever e interpretar os tempos das operações do corpo de bombeiros e atuação no combate aos incêndios.

Rodríguez *et al.* (2013) destacam a importância da manutenção de dados históricos de incêndios para estabelecer políticas públicas mais assertivas referentes a esses eventos. De

forma complementar, Carneiro e Albuquerque (2019) sugerem o uso de geotecnologias para o aprimoramento das análises de comportamento desses eventos e a correlação com outras variáveis antrópicas e ambientais como subsídios para o planejamento urbano.

Um dos fatores do planejamento urbano que deve ser levado em consideração para mitigar os efeitos causados pelos incêndios é a instalação de hidrantes de coluna nos centros urbanos. Nesse sentido, Rosa e Silva (2016) pontuam a utilização do SIG como ferramenta de gestão para alocação desses equipamentos. Pois, permite a visualização da distribuição espacial dos hidrantes já instalados e possibilita identificar novos pontos de instalação.

3.2 Fontes e procedimentos de aquisição dos dados

Os dados quantitativos sobre os incêndios foram cedidos pela Segunda Companhia Bombeiros Militar (2º Cia BM – Guaçuí) e correspondem aos dados brutos dos boletins de ocorrência de incêndios para todo o território do 3º BBM-ES.

O presente estudo compreende o período entre janeiro de 2017 e dezembro de 2020. A definição da data de início corresponde ao ano em que o 3º BBM-ES iniciou a coleta de dados com as coordenadas geográficas das ocorrências de incêndios na área da pesquisa.

3.3 Tratamento dos dados

3.3.1 Espacialização e avaliação da densidade de ocorrências de incêndios

Entre os dados contidos nos boletins de ocorrências de incêndios, têm-se os registros das coordenadas geográficas, que permitiram georreferenciar os dados dos incêndios para a área de estudo, por ano de ocorrência. Nesse caso, os incêndios foram representados por pontos, representando o local da ocorrência e feita a análise de densidade de Kernel.

O método de estimativa de densidade de Kernel é uma ferramenta de estatística espacial utilizada para avaliar a intensidade do padrão de distribuição dos pontos de interesse. É um recurso utilizado quando os pontos estão distribuídos em um padrão de *cluster*, ou seja, quando os eventos analisados apresentam características semelhantes em áreas próximas (Yu; Ai, 2014).

O objetivo da estimativa de densidade de Kernel é gerar uma superfície que descreve o nível de agregação espacial, estimando as frequências de ocorrências do evento, podendo gerar *hotspots*, ou seja, regiões com altas frequências e a área de influência desses eventos. Geralmente é utilizado para análises espaciais sobre fenômenos contínuos no espaço, por exemplo, disseminação de agentes infecciosos, distribuição populacional, de crimes, de incêndios e impactos de instalações urbanas (Borruso, 2003, 2008; Schoider; Borruso, 2012).

Para isso, pode-se ajustar uma função bidimensional para o evento em estudo, pois, por ser uma análise não paramétrica, os valores serão proporcionais à intensidade de amostras por unidade de área, conforme exemplificado na Equação (1) (Schoider; Borruso, 2012).

$$\lambda T(u) = \frac{1}{T^2} \sum_{i=1}^n k\left(\frac{d(u_i, u)}{T}\right), d(u_i, u) \leq T \quad (1)$$

Em que: λ_T : estimativa da função intensidade; u : localização dos eventos observados; T : raio de influência dos eventos observados; d : distância entre os eventos observados; e k : função de interpolação.

O estimador, considerando u_1, \dots, u_n como sendo as localizações de n eventos observados, é calculado a partir dos eventos contidos em um raio T em torno de u e da distância d entre as amostras. O raio de influência $T \geq 0$ definirá a vizinhança do ponto interpolado indicando a intensidade de ocorrências dos eventos (Carvalho; Câmara, 2004).

Através do estimador de densidade de Kernel, foi gerado um mapa com os níveis de densidade das ocorrências de incêndios para cada ano. Onde os níveis de densidade variam de acordo com a cor: vermelho, indicando alta densidade de incêndios; amarelo, densidade média; e verde, quando a densidade de ocorrência é baixa.

Para a determinação da densidade absoluta de ocorrências de incêndios em relação a cada Companhia de Bombeiros, foi realizada a divisão do número total de ocorrências de incêndios pela área territorial sob jurisdição de cada Companhia. Obtendo-se, dessa forma, o número de ocorrências por quilômetro quadrado (km^2).

Realizou-se uma análise comparativa da distribuição dos incêndios em relação à disponibilidade de hidrantes no município de Guaçuí. A escolha de se concentrar na análise mais detalhada desse município decorreu da disponibilidade de dados sobre a infraestrutura de hidrantes. Para os demais municípios da região, não foi possível conduzir uma análise semelhante devido à falta de dados disponíveis.

3.3.2 Classificação dos incêndios, frequência e tempos das etapas de combate

Os boletins de ocorrências classificam os incêndios de acordo com a NBR 14023:1997 em duas categorias: uma categoria ampla de classificação, denominada “classe geral”, relacionada com a área do incêndio, e outra, denominada “classe de incidência”, relacionada ao tipo de local atingido (ABNT, 1997).

Assim, seguiu-se a classificação das ocorrências de incêndios de acordo com a NBR 14023:1997 e foram quantificadas, analisando a frequência de ocorrências registradas para cada tipo de classe e tipo de incidência para a área de atuação do 3º BBM-ES, com propósito de traçar o perfil dos incêndios, analisando os tipos de ocorrências mais recorrentes e permitindo servir de subsídio para definir ações em atividades ou setores prioritários para mitigação desses eventos.

Devido à disponibilidade dos dados registrados nos boletins de ocorrência, as etapas para o atendimento aos chamados que serão analisados são: I. Tempo de mobilização e II. Tempo de combate.

I. O tempo de mobilização para atendimento às ocorrências compreende o período entre a hora do recebimento da informação da existência do fogo (hora fato) e a hora do início da operação (hora início operação), que corresponde ao momento da saída da viatura para o local do incêndio. Portanto, calcula-se o tempo de mobilização de acordo com a Equação (2) (Soares; Batista; Tetto, 2017a, 2017b).

$$\text{Tempo de mobilização} = (\text{hora início operação}) - (\text{hora fato}) \quad (2)$$

II. O Tempo de combate compreende o período entre a hora do início da operação de supressão do fogo (hora início supressão) até o momento da eliminação definitiva do fogo (hora fim supressão), conforme a Equação (3) (Soares; Batista; Tetto, 2017a, 2017b).

$$\text{Tempo de combate} = (\text{hora fim supressão}) - (\text{hora início supressão}) \quad (3)$$

Foi verificado que apenas três boletins de ocorrência estão com os dados ausentes, dessa forma tais boletins com dados inconsistentes foram eliminados da análise, resultando em 1751 boletins analisados, sem prejuízo para os resultados.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Espacialização das ocorrências de incêndios

O total geral de ocorrências de incêndios registradas para a área de estudo foi contabilizado por município e por ano, conforme mostra a Tabela 1. O 3º BBM-ES passou a incluir nos boletins de ocorrência as coordenadas geográficas dos incêndios somente a partir de 2017; assim, ainda em fase de implementação, há boletins de ocorrência que não dispõem dessa informação ou essa encontra-se registrada de forma incorreta, principalmente no primeiro ano (2017).

Dessa forma, entre os anos de 2017 a 2020, foi registrado um total de 1754 ocorrências de incêndios distribuídos em 19 municípios sob a responsabilidade do 3º BBM-ES (Tabela 1). Sendo que, desse total, 1355 (77,25%) das ocorrências possuem o registro das coordenadas geográficas, possibilitando a espacialização dos dados (Figura 1). Onde foram classificados de acordo com as seguintes classes de incêndios: I. Incêndio Florestal; II. Incêndio Urbano; e III. Incêndio não tipificado.

Vale destacar que o conceito de zona rural, para o IBGE, é definido por exclusão, ou seja, é de incumbência dos municípios definirem o perímetro urbano para fins estatísticos e censitários; por sua vez, a área rural é aquela que não foi incluída no perímetro urbano por lei municipal (IBGE, 2017). Portanto, as ocorrências classificadas como incêndio urbano ocorreram dentro do perímetro urbano definido pelo município e os incêndios florestais geralmente em áreas rurais.

A partir dos dados georreferenciados, apresentados na Figura 1, percebe-se que na região do 3º BBM-ES os incêndios urbanos representaram 43,95% do total das ocorrências registradas, os incêndios florestais 54,64%, e apenas 1,41% das ocorrências foram classificadas como incêndio não tipificado. Devido à escala do mapa, há sobreposição de pontos. Torres *et al.* (2017) destacam que, para se tomar medidas adequadas em programas de prevenção de incêndios, é importante manter registros históricos confiáveis sobre a localização das ocorrências.

De acordo com Weber e Wollmann (2016), o processo de urbanização desordenada pode causar alterações consideráveis no ambiente urbano, acentuando os casos de desastres, geralmente associados a fatores como densidade populacional, vulnerabilidade econômica, social e condições habitacionais.

Na Figura 2, é possível observar claramente que os incêndios ocorrem com maior concentração em áreas urbanas; esses também ocorrem com mais intensidade nas cidades mais populosas da área de estudo. Conforme o censo IBGE (2010), as cidades com maiores densidades populacionais no perímetro urbano são Cachoeiro de Itapemirim (sede da 1ª Cia BM) e Guaçuí (sede da 2ª Cia BM). Corroborando com os autores supracitados, Weber e Wollmann (2016), Cachoeiro de Itapemirim apresentou 5,11 incêndios por 1.000 habitantes e Guaçuí 10,77 incêndios por 1.000 habitantes, relacionando a densidade dos incêndios com a densidade populacional.

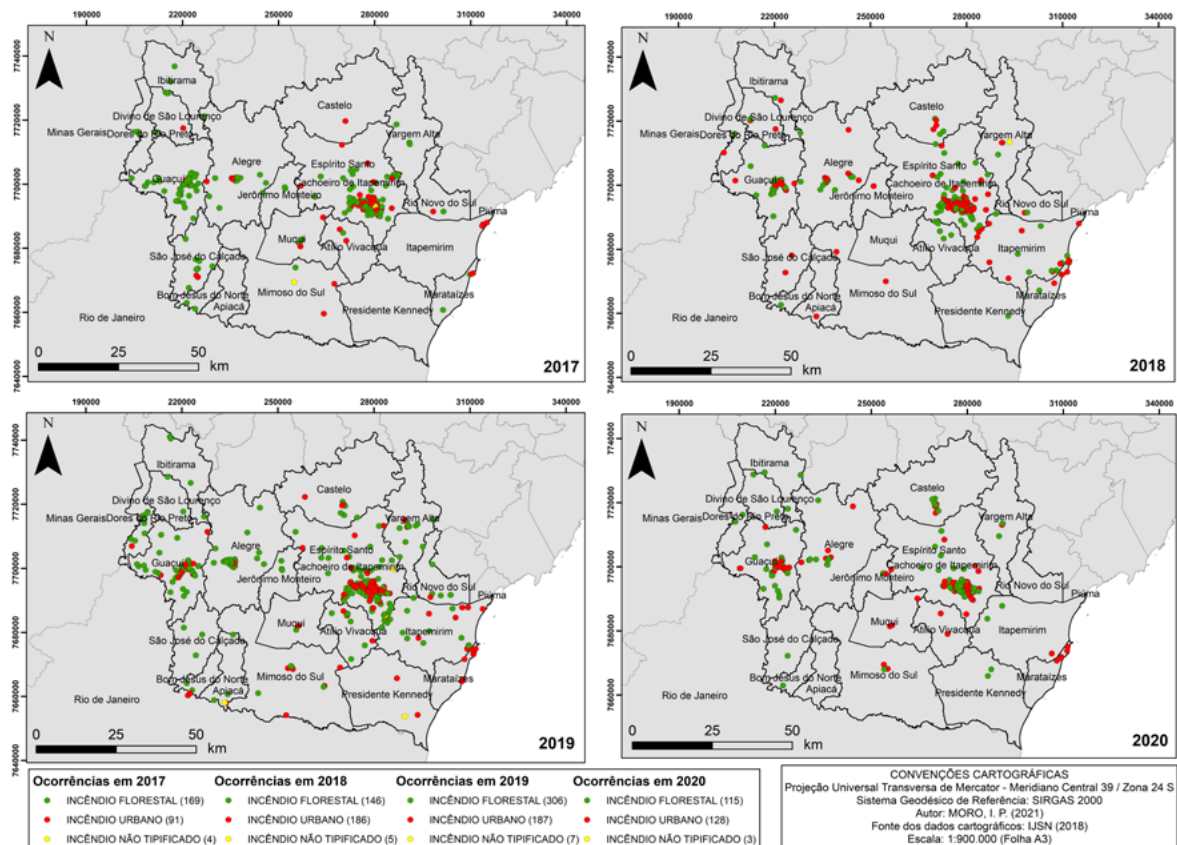
Tabela 1 – Número total de ocorrências de incêndios registradas pelo 3º BBM entre os anos de 2017 a 2020

Unidades do 3ºBBM	Município	Número total de ocorrências de incêndios registradas no período					Número de ocorrências de incêndios registradas com coordenadas geográficas				
		Ano Fato					Ano Fato				
		2017	2018	2019	2020	Total Geral	2017	2018	2019	2020	Total Geral
1ª Companhia	Cachoeiro de Itapemirim	309	233	294	134	970	138	217	271	124	750
	Itapemirim	25	19	20	4	68	4	13	19	2	38
	Marataízes	15	10	11	5	41	4	8	11	5	28
	Vargem Alta	16	7	13	4	40	3	5	12	4	24
	Castelo	4	8	13	12	37	2	6	11	12	31
	Atilio Vivácqua	10	5	12	4	31	3	5	11	2	21
	Mimoso do Sul	8	2	7	3	20	4	2	7	3	16
	Muqui	9	0	5	3	17	6	0	5	3	14
	Rio Novo do Sul	7	2	6	0	15	2	2	6	0	10
	Jeronimo Monteiro	5	1	4	3	13	4	1	3	3	11
Presidente Kennedy	2	1	3	2	8	0	1	3	2	6	
1ª Companhia Total		410	288	388	174	1260	170	260	359	160	949

Unidades do 3ºBBM	Município	Número total de ocorrências de incêndios registradas no período					Número de ocorrências de incêndios registradas com coordenadas geográficas				
		Ano Fato					Ano Fato				
		2017	2018	2019	2020	Total Geral	2017	2018	2019	2020	Total Geral
2ª Companhia	Guaçuí	88	58	85	69	300	58	50	84	61	253
	Alegre	19	26	34	14	93	12	21	33	14	80
	Ibitirama	9	2	5	10	26	6	2	4	7	19
	Dores do Rio Preto	7	2	10	2	21	3	2	9	1	15
	São José do Calçado	15	1	4	1	21	10	1	3	1	15
	Divino de São Lourenço	6	3	3	2	14	3	3	1	2	9
	Bom Jesus Do Norte	1	1	7	2	11	1	0	7	1	9
	Apiacá	3	1	4	0	8	1	1	4	0	6
2ª Companhia Total		148	94	152	100	494	94	80	145	87	406
Total Geral		558	382	540	274	1754	264	340	504	247	1355

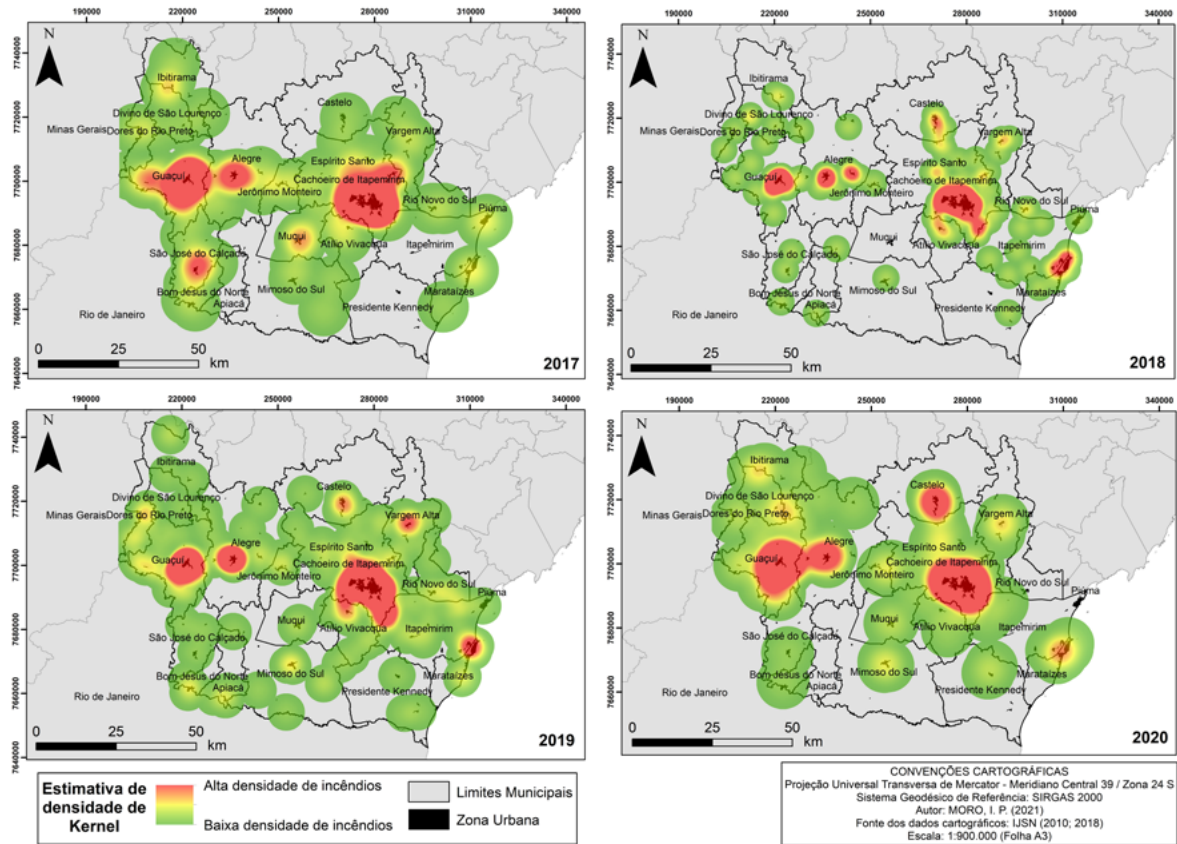
Fonte: elaborada pelos autores (2021).

Figura 1 – Distribuição espacial das ocorrências de incêndios para os anos de 2017 a 2020, na região do 3º Batalhão Bombeiros Militar do Espírito Santo



Fonte: elaborada pelos autores (2021).

Figura 2 – Mapa do estimador de densidade de Kernel das ocorrências de incêndios nos municípios que compõem o 3º BBM-ES, para os anos de 2017 a 2020



Fonte: elaborada pelos autores (2021).

A 1ª Cia BM registrou 255% de ocorrências de incêndios a mais do que a 2ª Cia BM, em números absolutos – quando comparados com a área de atuação de cada companhia, sendo que a 1ª Cia BM é responsável por 11 municípios da região sul do Espírito Santo, cobrindo juntos uma área de 5.020,31 Km², e a 2ª Cia BM, responsável por oito municípios, cobre uma área de 2.461,95 Km². Dessa forma, tem-se 0,25 incêndios por Km² para a região da 1ª Cia BM, e 0,2 incêndios por Km² para a região da 2ª Cia BM.

Portanto, o conhecimento dessas proporções é necessário para o entendimento da dinâmica do fogo na região estudada e identificação das áreas mais vulneráveis, servindo de suporte para o direcionamento de políticas públicas através de programas de conscientização, destinação de recursos financeiros e planejamento urbano, na busca por melhorias na qualidade e preservação da vida da população nos locais mais afetados.

Na Figura 3, é possível observar a distribuição espacial dos hidrantes de coluna instalados no Município de Guaçuí-ES, e comparar a área de cobertura de cada um e a relação com o perímetro urbano. A Norma Técnica 16:2020 do CBMES instrui que o raio de cobertura desses hidrantes é de 600 metros (NT-CBMES, 2020). Dessa forma observa-se que a região mais ao norte e leste da área urbana do município de Guaçuí possui uma adequada cobertura

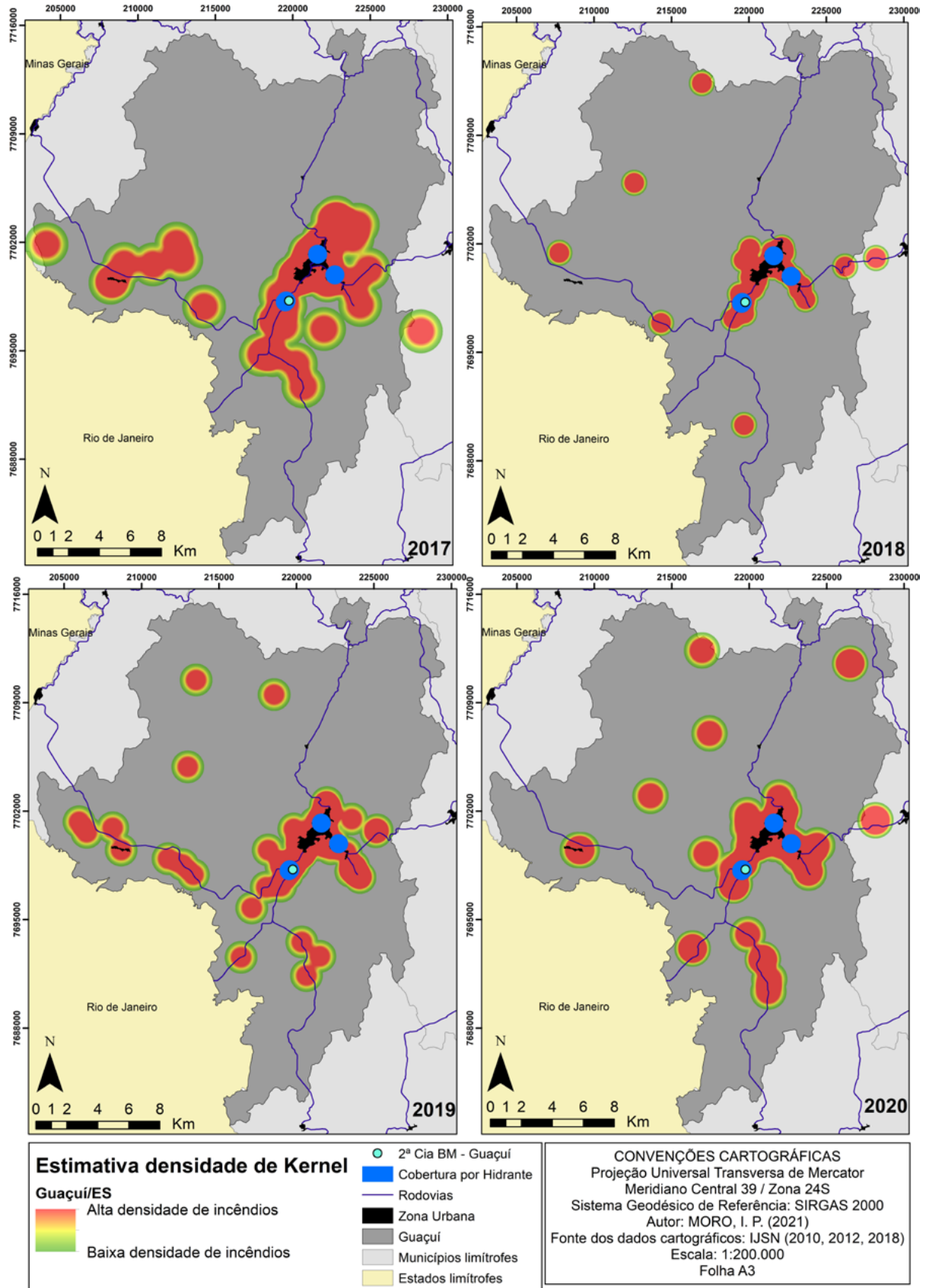
por hidrantes, enquanto a região próxima à 2ª Cia-BM há sobreposição da área de cobertura de dois hidrantes.

Sendo assim, foi verificada a carência de cobertura por hidrantes na região mais ao sul da zona urbana. Em conjunto com as especificações de área de cobertura e o SIG, é possível identificar o local apropriado para a instalação de novos hidrantes, para oferecer melhor cobertura de proteção e menor sobreposição entre as áreas de cobertura de cada um.

Ainda de acordo com a Figura 3, pode-se observar também que os incêndios, quando afastados da zona urbana, ocorrem com mais frequência próximos às rodovias. Esse fenômeno está exemplificado para o Município de Guaçuí-ES, porém, também ocorre nos demais municípios avaliados nesse estudo. Nos locais afastados do perímetro urbano, as rodovias são os locais onde há maior movimentação de pessoas, indicando, provavelmente, que as causas da origem desses incêndios podem ser, na maioria das vezes, antrópicas.

O comportamento espacial das ocorrências de incêndios possui uma distribuição regular no espaço ao longo dos anos, concentrando-se principalmente em áreas urbanas e ao longo de rodovias. Evidenciando que as causas prováveis do início dos incêndios estão relacionadas às ações antrópicas, corroborando com Weber e Wollmann (2016) e Rosa e Silva (2016), que obtiveram resultados similares para o Município de Santa Maria, no Rio Grande do Sul, e Natal, no Rio Grande do Norte, respectivamente.

Figura 3 – Mapa do estimador de densidade de Kernel das ocorrências de incêndios para o Município de Guaçuí, entre os anos de 2017 a 2020



Fonte: elaborada pelos autores (2021).

4.2 Classificação dos incêndios e ocorrências registradas

Os incêndios registrados foram classificados de acordo com a classe de incidência, para cada unidade operacional do 3º BBM-ES (Tabela 2).

Tabela 2 – Total de ocorrências de incêndios para cada classe de incidência registradas no 3º BBM-ES, entre os anos de 2017 a 2020

Unidade Bombeiro Militar	Classe de Incidência	2017	2018	2019	2020	Total Geral
1ª CIA/ 3ºBBM	Incêndio Florestal (Pastagem)	72	64	83	36	255
	Incêndio Florestal (Culturas Agrícolas/Florestais)	79	38	111	23	251
	Residencial	57	44	56	42	199
	Veículos Automotores	46	46	49	38	179
	Terreno Baldio/Lote	73	52	24	8	157
	Incêndio Florestal (Nativas)	32	13	27	6	78
	Incêndio não Tipificado	40	8	8	6	62
	Estabelecimento Comercial	4	17	18	10	49
	Estabelecimento Industrial	4	0	4	3	11
	Área Pública	1	1	2	1	5
	Depósitos	0	1	3	0	4
	Show/Evento	0	2	2	0	4
	Estabelecimento de Ensino	1	0	0	1	2
	Estabelecimento de Saúde	0	2	0	0	2
	Repartição Pública	1	0	1	0	2
1ª CIA/ 3ºBBM Total		410	288	388	174	1260
2ª CIA/ 3ºBBM	Incêndio Florestal (Pastagem)	45	18	54	34	151
	Incêndio Florestal (Culturas Agrícolas/Florestais)	43	22	40	20	125
	Incêndio Florestal (Nativas)	24	5	14	9	52
	Residencial	8	15	11	13	47
	Veículos Automotores	10	12	9	11	42
	Terreno Baldio/Lote	9	11	13	7	40
	Incêndio não Tipificado	3	5	4	3	15
	Estabelecimento Comercial	3	3	1	3	10
	Área Pública	1	2	1	0	4
	Depósitos	2	1	1	0	4
	Estabelecimento de Saúde	0	0	2	0	2
	Estabelecimento Industrial	0	0	1	0	1
	Repartição Pública	0	0	1	0	1
2ª CIA/ 3ºBBM Total		148	94	152	100	494
Total Geral		558	382	540	274	1754

Fonte: elaborada pelos autores (2021).

O Corpo de Bombeiros Militar, além de ações de prevenção e combate a incêndios, também realiza atendimentos a ocorrências de salvamento terrestre e aquático; atendimentos pré-hospitalar; acidentes com produtos perigosos; entre outras ações de defesa civil. Do total de ocorrências registradas no 3º BBM-ES em 2019 (2.661 ocorrências) e 2020 (2.374 ocorrências), 20,3% e 11,54%, respectivamente, foram atendimentos aos chamados para combate a incêndios.

Desses totais, observa-se que 782 (44,58%) ocorrências de incêndios concentram-se em apenas duas classes, a de incêndio florestal em pastagens e a classe de incêndio florestal em culturas agrícolas/florestais, em todo o território do 3º BBM-ES.

Esses números reforçam a importância da conscientização quanto ao uso do fogo em áreas rurais. De um modo geral, Bontempo e Simão (2018) citam que as causas dos incêndios podem ser naturais ou antrópicas. A descarga elétrica (raio) é o fenômeno natural mais comum causador de incêndios florestais. Das causas antrópicas, destacam-se o uso do fogo como forma de manejo e preparo do terreno, e controle de pragas (Bontempo; Simão, 2018; Silva, 2018). Porém, nos boletins de ocorrência não haviam dados sobre as causas da origem dos incêndios.

4.3 Análise dos tempos das etapas de atendimento às ocorrências

Foram calculadas as médias dos tempos de mobilização (Tabela 3) e dos tempos de combate a incêndios (Tabela 4). Eles foram classificados de acordo com as 15 classes de incidência para cada ano, no período de 2017 a 2020.

Tabela 3 – Médias de tempo de mobilização para combate a incêndios do 3º BBM-ES por classe de incidência, no período entre 2017 a 2020

Classe de Incidência	Média do tempo de mobilização da 1ª Cia por ano				Média geral da 1ª Cia	Média do tempo de mobilização da 2ª Cia por ano				Média geral da 2ª Cia	Média geral total
	2017	2018	2019	2020		2017	2018	2019	2020		
Incêndio Florestal (Nativas)	02:40:11	00:45:38	01:26:04	00:38:40	01:46:10	03:50:44	02:16:40	01:10:00	01:00:01	02:34:06	02:04:58
Área Pública	07:21:08	00:04:00	00:36:00	04:26:00	02:36:38	00:47:08	00:09:00	00:15:00	*	00:20:02	01:35:55
Incêndio Florestal (Culturas Agrícolas/Florestais)	01:53:24	00:58:05	01:12:08	04:29:00	01:41:19	01:09:26	00:26:28	01:23:31	01:22:32	01:08:41	01:30:42
Incêndio não Tipificado	01:28:41	00:51:12	03:24:09	00:23:50	01:32:28	01:07:20	00:03:36	01:48:15	00:15:52	00:46:42	01:23:33
Incêndio Florestal (Pastagem)	00:55:28	00:33:43	01:20:49	01:50:38	01:06:13	01:37:21	00:39:03	02:02:16	01:04:47	01:31:54	01:15:44
Estabelecimento Comercial	01:36:30	00:17:33	02:10:40	01:52:10	01:24:52	00:39:40	00:05:35	00:02:00	00:06:00	00:15:35	01:13:07
Veículos Automotores	00:41:08	01:36:04	01:53:35	00:57:43	01:18:19	00:32:58	00:32:14	00:25:21	00:11:54	00:26:19	01:08:48

Classe de Incidência	Média do tempo de mobilização da 1ª Cia por ano				Média geral da 1ª Cia	Média do tempo de mobilização da 2ª Cia por ano				Média geral da 2ª Cia	Média geral total
	2017	2018	2019	2020		2017	2018	2019	2020		
Residencial	02:04:15	00:41:33	01:23:16	00:51:06	01:19:04	00:12:49	00:22:44	00:22:18	00:22:15	00:21:09	01:08:24
Terreno Baldio/Lote	00:55:34	00:33:10	00:21:22	00:40:08	00:42:11	00:29:42	00:09:09	00:54:40	03:25:43	01:02:58	00:46:26
Estabelecimento de Saúde	*	00:16:00	*	*	00:16:00	*	*	00:27:30	*	00:27:30	00:21:45
Estabelecimento Industrial	00:07:15	*	00:21:15	00:10:40	00:13:16	*	*	01:25:51	*	01:25:51	00:19:19
Estabelecimento de Ensino	00:11:00	*	*	00:27:00	00:19:00	*	*	*	*	*	00:19:00
Show/Evento	*	00:25:30	00:07:00	*	00:16:15	*	*	*	*	*	00:16:15
Depósitos	*	00:05:00	00:06:40	*	00:06:15	00:15:00	00:21:00	00:06:00	*	00:14:15	00:10:15
Repartição Pública	00:06:00	*	00:03:00	*	00:04:30	*	*	00:06:00	*	00:06:00	00:05:00
Média geral por ano	01:26:40	00:47:14	01:22:18	01:35:58	01:17:42	01:36:16	00:30:35	01:24:06	01:04:46	01:13:26	01:16:31

Legenda: *Não foram registradas ocorrências para o período e para a classe indicados.

Fonte: elaborada pelos autores (2021).

Tabela 4 – Médias de tempo de combate a incêndios do 3º BBM-ES por classe de incidência, no período entre 2017 a 2020

Classe de Incidência	Média do tempo de combate da 1ª Cia por ano				Média geral da 1ª Cia	Média do tempo de combate da 2ª Cia por ano				Média geral da 2ª Cia	Média geral total
	2017	2018	2019	2020		2017	2018	2019	2020		
Incêndio Florestal (Nativas)	06:02:39	01:56:39	02:44:15	02:06:30	03:54:41	03:43:30	03:36:00	06:12:49	04:57:57	04:32:59	04:09:42
Estabelecimento Industrial	04:04:00	*	03:44:15	02:04:20	03:24:11	*	*	03:33:25	*	03:33:25	03:24:57
Incêndio Florestal (Culturas Agrícolas/Florestais)	02:19:36	02:49:21	03:27:06	03:22:10	02:59:37	02:17:10	01:51:57	02:50:10	02:10:47	02:22:25	02:47:31
Incêndio Florestal (Pastagem)	02:12:30	02:12:27	03:23:32	02:55:26	02:41:54	01:27:51	01:57:40	02:26:28	02:21:40	02:04:59	02:28:13
Depósitos	*	02:34:00	02:35:40	*	02:35:15	01:30:00	03:36:00	02:35:00	*	02:17:45	02:26:30
Terreno Baldio/Lote	03:08:41	01:08:32	02:45:43	02:15:00	02:23:07	01:00:30	00:54:33	01:11:55	01:15:34	01:05:13	02:07:13
Veículos Automotores	01:31:13	02:01:53	03:03:11	02:12:14	02:13:08	01:18:01	01:29:11	01:43:07	01:14:18	01:25:45	02:04:27
Estabelecimento Comercial	00:44:15	01:26:35	02:25:43	03:11:39	02:06:18	02:56:00	01:11:37	00:38:00	00:50:40	01:33:17	02:00:42
Incêndio não Tipificado	02:05:08	01:33:56	02:56:00	01:44:38	02:05:41	02:57:00	00:47:24	00:59:45	00:49:50	01:17:06	01:56:13
Área Pública	01:50:00	00:34:00	02:08:30	07:19:00	02:48:00	00:50:00	00:50:30	00:29:00	*	00:45:00	01:53:20
Estabelecimento de Ensino	01:56:00	*	*	01:40:00	01:48:00	*	*	*	*	*	01:48:00
Residencial	01:30:22	01:22:36	01:52:28	01:24:23	01:33:22	01:33:20	01:38:00	01:48:42	02:22:45	01:52:15	01:36:51

Classe de Incidência	Média do tempo de combate da 1ª Cia por ano				Média geral da 1ª Cia	Média do tempo de combate da 2ª Cia por ano				Média geral da 2ª Cia	Média geral total
	2017	2018	2019	2020		2017	2018	2019	2020		
Repartição Pública	02:01:00	*	01:28:00	*	01:44:30	*	*	01:05:00	*	01:05:00	01:31:20
Show/Evento	*	00:53:00	01:39:30	*	01:16:15	*	*	*	*	*	01:16:15
Estabelecimento de Saúde	*	00:50:30	*	*	00:50:30	*	*	01:27:00	*	01:27:00	01:08:45
Média geral por ano	02:30:24	01:50:19	02:59:35	02:23:02	02:29:18	02:06:16	01:41:42	02:36:07	02:14:00	02:12:20	02:24:36

Legenda: *Não foram registradas ocorrências para o período e para a classe indicados.

Fonte: elaborada pelos autores (2021).

Com relação às médias de tempo de mobilização (Tabela 3), os resultados mostram que o tempo médio geral da 1ª Cia BM é igual ao da 2ª Cia BM, com média de 1h16min31s. Assim, de uma forma geral, ambas as companhias respondem de forma igual aos chamados, demonstrando um padrão de qualidade no tempo de resposta, ou seja, constância no tempo médio geral dos atendimentos.

Embora não tenha sido realizado um teste de média, existe uma pequena disparidade nos tempos de mobilização médios para as diferentes classes de incêndio entre as companhias. No entanto, ao longo dos anos, observa-se uma considerável variação nos tempos de mobilização específicos de cada companhia. Somente os incêndios residenciais atendidos pela 2ª Cia BM demonstram uma consistência nos tempos de mobilização ao longo dos anos analisados.

Ao longo dos anos avaliados, houve uma redução no tempo de combate para os atendimentos aos incêndios em estabelecimentos comerciais na região da 2ª Cia BM, com uma redução de 2h56min00s para uma média de 00h50min40s, enquanto na região da 1ª Cia BM houve um aumento nesse tempo ao longo dos anos, de 00h44min15s para uma média de 03h11min39s.

Ao comparar o tempo de mobilização entre as classes de incidência de incêndios (Tabela 3), observa-se que os incêndios florestais são os que demandam maior tempo para a mobilização de contingente. Porém, ao longo dos anos avaliados, as médias de tempo de mobilização para combate a incêndios em florestas nativas foram reduzidas, evidenciando melhorias na eficiência de atendimento aos chamados para essa classe, nas duas unidades de bombeiros militar do 3º BBM-ES.

O ano de 2018 apresentou as menores médias de tempo de mobilização e de combate comparadas com os outros anos e com a média geral nas duas unidades do 3º BBM-ES.

Com relação ao tempo de combate (Tabela 4), a classe de Incêndio Florestal (Nativas) foi a que apresentou a maior média de tempo para a área de estudo e o período avaliado, sendo de 2h04min58s. Lima *et al.* (2018) avaliaram os tempos de combate a incêndios florestais em Unidades de Conservação no Brasil, e para o Estado do Espírito Santo encontraram uma média de 16h45min00s, e de 16h51min36s para o Brasil. Dessa forma, o tempo de combate a incêndios florestais para a região do 3º BBM-ES está abaixo das médias estadual e nacional.

Os fatores que afetam a área queimada em um incêndio florestal são a declividade, a velocidade do vento, o tipo de vegetação, a umidade, a quantidade de material combustível e o tempo gasto para supressão do fogo (Fiedler *et al.*, 2018; Soares; Batista; Tetto, 2017a, 2017b). Dessa forma, a 1ª Cia BM registrou uma melhora significativa no tempo de combate a incêndios florestais de 2017 para os anos seguintes, caindo de uma média de 6h02min39s para menos de 2h40min00s.

Tetto *et al.* (2012), Tebaldi *et al.* (2013), Lima *et al.* (2018) avaliaram a eficiência do combate a incêndios florestais utilizando parâmetros como tempo de mobilização, tempo de combate e área queimada. Porém, esse último dado não constava nos boletins de ocorrências registrados no 3º BBM-ES, fator que limitou uma análise comparativa entre os trabalhos.

O registro da área queimada pelo incêndio é um dado padronizado pela ABNT NBR 14023:1997, que trata dos registros de atividade de bombeiros, na qual a área total atingida pelo incêndio, quando edificada, ou quando não edificada em área urbana, deve ser expressa em metros quadrados; e, quando não edificada em área rural, deve ser expressa em hectares (ABNT, 1997).

Os dados sobre os tempos de mobilização e combate para as classes de incêndios relacionadas ao ambiente urbano são escassos na literatura, porém essas informações são necessárias ao planejamento de estratégias e melhorias no processo de ação, uma vez que podem servir de indicadores de eficiência, buscando sempre reduzir o tempo de atendimento aos chamados.

Dessa forma, identificar as classes que demandam mais tempo para mobilização e combate a incêndios pode servir para o aprimoramento dos processos de planejamento e de tomada de decisão. Além de alocação de recursos financeiros, equipamentos e contingente para as áreas deficitárias.

As ações de combate a incêndios exigem um volume maior de recursos financeiros, mão de obra e materiais em comparação às iniciativas de prevenção. No âmbito da prevenção, caso as medidas adotadas não se revelem suficientes e haja a notificação de ocorrência de incêndio, é imperativo uma resposta rápida e imediata. Dessa forma, é possível minimizar e, em alguns casos, reverter os danos ambientais, econômicos e sociais associados (Silva *et al.*, 2020).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O georreferenciamento das ocorrências de incêndios revelou uma melhor percepção sobre a distribuição espacial dos eventos durante o período avaliado. Ao mapear a localização de cada incêndio, pôde-se identificar padrões claros que permitiram inferir com confiabilidade sobre as áreas de maiores ocorrências.

Através dessa abordagem, foi possível compreender como os incêndios se dispersaram geograficamente, e também destacar os pontos críticos onde a frequência de ocorrências foi mais intensa. Essa análise espacial não apenas oferece uma visão mais abrangente dos padrões de incêndio, mas também fornece informações valiosas para o direcionamento mais eficaz de estratégias de prevenção, mitigação e resposta a incêndios, visando proteger áreas sensíveis e reduzir potenciais danos ambientais e socioeconômicos.

O tempo de resposta para o combate inicial a um incêndio é um fator decisivo para o sucesso da operação. Portanto, um planejamento rápido e eficiente pode garantir uma resposta eficaz na supressão do fogo. O conhecimento das etapas e dos tempos de combate é fundamental para traçar estratégias visando a redução de tempo para o planejamento de ações de combate.

Com isso, o SIG mostra-se uma importante ferramenta para auxílio da gestão territorial e suporte à tomada de decisão, permitindo o acesso mais rápido às informações necessárias ao planejamento.

REFERÊNCIAS

- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 14.023*: Registro de atividades de bombeiros. Rio de Janeiro, p. 25, 1997.
- BONTEMPO, G. C.; SIMÃO, M. V. R. de C. Educação ambiental: um meio ou um fim na prevenção de incêndios florestais? In: LORENZON, A. S.; BRIANEZI, D.; VALDETARO, E. B. MARTINS, M. C. *Incêndio florestal: princípios, manejo e impactos*. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2018. cap. 5, p. 92-123.
- BORRUSO, G. Network density and the delimitation of urban areas. *Transactions in GIS*, v. 7, n. 2, p. 177-191, 2003. <https://doi.org/10.1111/1467-9671.00139>.
- BORRUSO, G. Network density estimation: a GIS approach for analysing point patterns in a network space. *Transactions in GIS*, v. 12, n. 3, p. 377-402, 2008. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9671.2008.01107.x>
- BRASIL. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. *Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente*. Brasília, DF: Presidência da República. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6938compilada.htm>. Acesso em: 15 nov. 2020.
- BRASIL. *Constituição da República Federativa do Brasil de 1988*. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicaocompilado.htm>. Acesso em: 01 dez. 2020.
- BRASIL. Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. *Dispõe sobre crimes ambientais*. Brasília, DF: Presidência da República. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9605.htm>. Acesso em: 15 nov. 2020.
- BRASIL. Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012. *Dispõe sobre o Código Florestal*. Brasília, DF: Presidência da República. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm>. Acesso em: 15 nov. 2020.
- CARNEIRO, K. F. S.; ALBUQUERQUE, E. L. S. Análise multitemporal dos focos de queimadas em Teresina, Estado do Piauí. *REGNE*, v. 5, n. 2, 2019. <https://doi.org/10.21680/2447-3359.2019v5n2ID18388>.
- CARVALHO, M. S.; CÂMARA, G. Análise de eventos pontuais. In: DRUCK, S.; CARVALHO, M. S.; CÂMARA, G.; MONTEIRO, A. V. M. *Análise espacial de dados geográficos*. Brasília, Embrapa, 2004.
- CBMES – CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO. *Planejamento estratégico 2015-2019*: conhecimento para fazer o hoje e planejar o amanhã. Governo do Estado do Espírito Santo, 2016. 52 p. Disponível em <<https://cb.es.gov.br/planejamento-estrategico-2>>. Acesso em: 10 jan. 2021.
- CRESWELL, J. W.; CRESWELL, J. D. *Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto*. 5. ed. Porto Alegre: Penso, 2021. 264 p.

- FIEDLER, N. C.; JUVANHOL, R. S.; CANZIAN, W. P.; BRINATI, I. B. Técnicas e equipamentos de combate aos incêndios florestais. In: LORENZON, A. S.; BRIANEZI, D.; VALDETARO, E. B. MARTINS, M. C. *Incêndio florestal: princípios, manejo e impactos*. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2018. cap. 10, p. 200-239.
- FONSECA-MORELLO, T.; RAMOS, R.; STEIL, L.; PARRY, L.; BARLOW, J.; MARKUSSON, N.; FERREIRA, A. Queimadas e incêndios florestais na Amazônia brasileira: porque as políticas públicas têm efeito limitado? *Revista Ambiente & Sociedade*, v. 20, n. 4, p. 19-38, 2017. <https://doi.org/10.1590/1809-4422asoc0232r1v2042017>.
- FRANKE, F. D.; BIAS, E. S. O uso, o compartilhamento e a disseminação da geoinformação na administração pública brasileira: uma análise dos recentes avanços. *Revista Brasileira de Cartografia*, n. 68/3, p. 547-566, 2016. <https://doi.org/10.14393/rbcv68n3-44414>.
- GONÇALVES, M. L.; BALDIN, N.; ZANOTELLI, C. T.; CARELLI, M. N.; FRANCO, S. C. *Fazendo pesquisa: do projeto à comunicação científica*. 4 ed. Joinville, SC: Editora Univille, 2014, 120 p.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Sinopse do censo demográfico 2010: Espírito Santo*. Disponível em: <<https://censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?uf=32&dados=6>>. Acesso em: 19 ago. 2021.
- LIMA, G. S.; TORRES, F. T. P.; COSTA, A. das G.; FÉLIX, G. de A.; SILVA JUNIOR, M. R. da. Avaliação da eficiência de combate aos incêndios florestais em unidades de conservação brasileiras. *Revista FLORESTA*, v. 48, n. 1, p. 113-122, 2018. <http://dx.doi.org/10.5380/rf.v48i1.53550>.
- LONGLEY, P. A.; GOODCHILD, M. F.; MAGUIRE, D. J.; RHIND, D. W. *Sistemas e ciência da informação geográfica*. 3. Edição. Porto Alegre, RS: BOOKMAN, 2013.
- MACHADO, A. A.; CAMBOIM, S. P. Mapeamento colaborativo como fonte de dados para o planejamento urbano: desafios e potencialidades. *Revista Brasileira de Gestão Urbana*, v. 11, e20180142, 2019. <https://doi.org/10.1590/2175-3369.011.e20180142>.
- MIRANDA, J. I. *Fundamentos de sistemas de informações geográficas*. 4. Edição revista e atualizada. Brasília, DF: Embrapa, 2015, 399 p.
- MOTA, R.; TAVARES, A.; PALRILHA, P.; ANTÃO, D. Vulnerabilidade territorial, distribuição, operacionalidade e eficiência de hidrantes na gestão do risco de incêndios. *Territorium*, n. 27, v. 1, p. 113-132, 2020. https://doi.org/10.14195/1647-7723_27-1_9.
- MOTTA, P. R. de M. O estado da arte da gestão pública. *Revista de Administração de Empresas*, v. 53, n. 1, p. 82-90, 2013. <https://doi.org/10.1590/S0034-75902013000100008>
- NT-CBMES – NORMA TÉCNICA DO CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO. *Norma técnica 16/2020: Hidrante urbano de coluna*. Espírito Santo, p. 11, 2020.
- OLIVEIRA, V. F. R.; SILVA, E. R. dos S. da; SILVA, B. H. M. da; VICK, E. P.; LIMA, C. G. da R.; BACANI, V. M. Geoprocessamento aplicado ao risco de incêndios. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 13, n. 3, p. 1194-1212, 2020. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v13.3.p1194-1212>
- PACHECO, A. B.; CLARO, J.; FERNANDES, P. M.; NEUFVILLE, R. de; OLIVEIRA, T. M.; BORGES, J. G.; RODRIGUES, J. C. Cohesive fire management within na uncertain environment: a review of risk handling and decision support systems. *Forest Ecology and Management*, v. 347, p. 1-17, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2015.02.033>

POGGI, F.; FIRMINO, A.; AMADO, M. *Clusters* municipais de bioenergia: um contributo para a prevenção de incêndios florestais. *Finisterra*, v. 53, n. 108, p. 39-52, 2018. <https://doi.org/10.18055/Finis13717>

PREVINES – Programa estadual de prevenção e combate a incêndios florestais. *O que é o Prevines*. Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IEMA). 2015. Disponível em: <<https://iema.es.gov.br/prevines>>. Acesso em: 07 ago. 2023.

RODRÍGUEZ, M. P. R.; SOARES, R. V.; MATISTA, A. C.; TETTO, A. F.; BECERRA, L. W. M. Comparação entre o perfil dos incêndios florestais de Monte Alegre, Brasil, e de Pinar del Río, Cuba. *Revista Floresta*, v. 43, n. 2, p. 231-240, 2013. <http://dx.doi.org/10.5380/rf.v43i2.27650>

ROSA, E. M.; SILVA, F. M. Análise da distribuição dos hidrantes urbanos no município do Natal/RN através do estimador de densidade de Kernel. *HOLOS*, ano 32, v. 8, p. 173-181, 2016. <https://doi.org/10.15628/holos.2016.2804>

SAKELLARIOU, S.; PARISIEN, M. A.; FLANNIGAN, M.; WANG, X.; GROOT, B. de; TAMPEKIS, S.; SAMARA, F.; SFOUGARIS, A.; CHRISTOPOULOU, O. Spatial planning of fire-agency stations as a function of wildfire likelihood in Thasos, Greece. *Science of the Total Environment*, v. 729, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139004>

SCHOIDER, G.; BORRUSO, G. Spatial data mining for highlighting hotspots in personal navigation routes. *International Journal of Data Warehousing and Mining*, v. 8, n. 3, p. 45-61, 2012. <https://doi.org/10.4018/jdwm.2012070103>

SILVA, E. C. G. da. *Accountability* na prestação de contas da administração pública: desafios para a sustentabilidade. In: SILVA, E. C. G. da; LOBATO, L. J. T. (org.). *Desenvolvimento sustentável na gestão pública: recortes teóricos*. Alegre, ES: CAUFES, 2020. p. 71-84.

SILVA, E. C. G. da; FIEDLER, N. C.; FERREIRA, F. S.; LOBATO, L. J. T.; SILVA, G. M. A. da; NEVES, F. P. das. Measuring public expenses with workforce in fighting forest fire. *Floresta*, v. 50, n. 4, p. 1912-1920, 2020. <http://dx.doi.org/10.5380/rf.v50i4.67022>

SILVA, J. de C. A visão jurídica do fogo. In: LORENZON, A. S.; BRIANEZI, D.; VALDETARO, E. B. MARTINS, M. C. *Incêndio florestal: princípios, manejo e impactos*. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2018. cap. 3, p. 54-65.

SILVA, W. C.; FERREIRA, M. E.; TEIXEIRA, L. M. S.; MALAQUIAS, F. S. S.; PARENTE, L. L.; FERREIRA, L. G. Plataforma livre e interativa de mapas para a gestão territorial e ambiental do bioma cerrado. *Revista Brasileira de Cartografia*, Edição Especial, n. 69/8, p. 1598-1609, 2017. <https://doi.org/10.14393/rbcv69n8-43983>

SOARES, R. V.; BATISTA, A. C.; TETTO, A. F. *Incêndios florestais: controle, efeitos e uso do fogo*. 2. Edição revisada. Curitiba, PR: Ed. UFPR, 2017a, 255 p.

SOARES, R. V.; BATISTA, A. C.; TETTO, A. F. *Manual de prevenção e combate a incêndios florestais*. 2. Edição revisada. Curitiba, PR: Ed. UFPR, 2017b, 70 p.

SOUZA, G. de O. C. de. Uso da cartografia no setor público: geoprocessamento como tomada de decisão. *Revista do Departamento de Geografia – USP*, volume especial Cartogeo, p. 180-202, 2014. <https://doi.org/10.11606/rdg.v0i0.533>

TEBALDI, A. L. C.; FIEDLER, N. C.; JUVANHOL, R. S.; DIAS, H. M. Ações de Prevenção e Combate aos Incêndios Florestais nas Unidades de Conservação Estaduais do Espírito Santo. *Floresta e Ambiente*. v.20, n. 4, p. 538-549, 2013. <https://doi.org/10.4322/loram.2013.036>

TETTO, A. F.; SOARES, R. V.; BATISTA, A. C.; WENDLING, W. T. Eficiência do combate aos incêndios florestais no período de 1965 a 2009 na fazenda Monte Alegre, Paraná. *Scientia Florestalis*, v. 40, n. 96, p. 483-489, 2012.

TORRES, F. T.; LIMA, G. S.; MARTINS, S. V.; VALVERDE, S. R. Analysis of efficiency of fire danger indices in forest fire prediction. *Revista Árvore*, v. 41, n. 2, 2017. <https://doi.org/10.1590/1806-90882017000200009>

WEBER, A. A.; WOLLMANN, C. A. Mapeamento dos incêndios residências na área urbana de Santa Maria, RS, Brasil utilizando o estimador de densidade Kernel. *Investigaciones Geográficas*, v. 51, p. 49-60, 2016. <https://doi.org/10.5354/0719-5370.2016.41748>

WILLIAMSON, I.; RAJABIFARD, A.; FEENEY M. E. Future directions for SDI development. In *Development of spatial data infrastructures: from concept to reality*. London: Taylor and Francis, 2003. p. 301-312.

WHITE, B. L. A.; WHITE, L. A. S.; RIBEIRO, G. T. Novas tecnologias de prevenção e combate aos incêndios florestais. In: LORENZON, A. S.; BRIANEZI, D.; VALDETARO, E. B. MARTINS, M. C. *Incêndio florestal: princípios, manejo impactos*. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2018. cap. 6, p. 124-140.

YU, W.; AI, T. The visualization and analysis of urban facility POIS using network kernel density estimation constrained by multi-factors. *BCG – Boletim de Ciências Geodésicas*, v. 20, n. 4, p. 902-626, 2014. <https://doi.org/10.1590/S1982-21702014000400050>

Iulo Pessotti Moro

<https://orcid.org/0000-0002-2950-1066>

Doutorando em Ciências Florestais na área de manejo de bacias hidrográficas e modelagem hidrológica; Mestre em Gestão Pública e Bacharel em Engenharia Florestal pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES).

iulo.floresta@gmail.com

Fabricia Benda de Oliveira

<https://orcid.org/0000-0002-4456-0275>

Doutora em Produção Vegetal - Recursos Hídricos e Geoprocessamento, pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES); Mestre em Engenharia Civil - Geotecnia, pela Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF). Bacharel em Engenharia de Agrimensura, pela Universidade Federal de Viçosa (UFV). Professora adjunta IV no Departamento de Geologia da UFES.

fabriabenda@gmail.com