

DINÂMICA DOS INCÊNDIOS FLORESTAIS NO COMPLEXO DA SERRA DE CARRANCAS, MINAS GERAIS

DYNAMICS OF FOREST FIRE IN THE SERRA DE CARRANCAS COMPLEX, MINAS GERAIS

DINÁMICA DE INCENDIOS FORESTALES EN EL COMPLEJO DE LA SERRA DE CARRANCAS, MINAS GERAIS

RESUMO

O estudo teve como objetivo descrever o perfil espacial e temporal das queimadas ocorridas em uma área com proposta de criação de Unidade de Conservação (UC) na Microrregião da Serra de Carrancas, Minas Gerais. Utilizou-se imagens dos satélites LandSat 5 e 8, sensores TM e OLI, entre os anos de 2002 à 2015. Calculou-se o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) e o NDVI diferença para detectar e delimitar os polígonos de queimadas, além do uso do mapa de densidade para a caracterização espacial. As classes de cobertura do solo mapeadas foram: a) agricultura e pastagem; b) florestas nativas; c) florestas plantadas e o d) cerrado. Para analisar a eficiência de combate aos incêndios os polígonos foram agrupados nas seguintes classes de tamanho: I (< 0,1); II (0,1 – 4); III (4,1 – 40); IV (40,1 – 200); V (> 200) hectares. Para analisar a ocorrência de queimadas no aspecto temporal utilizou-se as variáveis: precipitação acumulada, temperatura média e umidade relativa. Foram coletados 2.747 polígonos de queimadas totalizando 18.320,14 hectares. Destes, 758 ocorreram dentro da área proposta para a criação da UC, totalizando 6.696,74 ha. Os meses com maiores registros foram agosto, setembro e outubro. Os anos 2003, 2009, 2011 e 2014 apresentaram maiores ocorrências e áreas queimadas no período analisado. O agrupamento em classes de tamanho demonstrou a maior frequência de queimadas nas classes II e III. Portanto, a efetivação dessa UC deverá acompanhar a política de prevenção e combate aos incêndios florestais buscando preservar a integridade ecológica da região.

Palavras-chave: Geotecnologias; proteção ambiental; unidade de conservação; queimadas.

ABSTRACT

This study described the spatial and temporal profile of fires in an area proposed for creating a Conservation Unit (UC) in the Microregion of Serra de Carrancas, Minas Gerais. Images from the LandSat 5 and 8 satellites, TM and OLI sensors, were used between the years 2002 and 2015. The Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and the NDVI difference were calculated to detect burned areas. In addition, we used a density point approach to characterize the spatial distribution of the fires. The land cover classes analyzed were a) agriculture and pasture; b) native forests; c) planted forests; and d) cerrado. To analyze the fire-fighting efficiency, the polygons were grouped into the following size classes: I (<0.1); II (0.1 - 4); III (4.1 - 40); IV (40.1 - 200); V (> 200) hectares. We used the variables accumulated precipitation, the average temperature, and relative humidity to analyze the fire occurrences in the temporal aspect. We detected 2,747 polygons of burned areas, totaling 18,320.14 hectares. From this total, 758 polygons occurred within the UC with an area of 6,696.74 ha. The months with the highest records were August, September, and October. The years 2003, 2009, 2011 and 2014 had the highest occurrences and burned areas in the analyzed period. The grouping in size classes showed a higher frequency of burned areas in classes II and III. Therefore, the implementation of this UC should accompany a policy for preventing and fighting forest fires to preserve the ecological integrity of the region.

 Alex Donizeti Sales ^a
 Anny Francielly Ataíde
Gonçalves ^a
 Luciano Cavalcante de Jesus
França ^a
 Fausto Weimar Acerbi Júnior ^a

^a Universidade Federal de Lavras (UFLA),
Lavras, Minas Gerais, Brasil

DOI: 10.12957/geouerj.2023.56467

Correspondência:

asales.engflo@gmail.com
annyfrancielly@gmail.com
lucianocjfranca@gmail.com
fausto@ufla.br

Recebido em: 08 dez. 2020

Revisado em: 09 mar. 2023

Aceito em: 23 nov.2022



Keywords: Geotechnologies; environmental Protection; conservation unit; burned.

RESUMEN

El estudio tuvo como objetivo describir el perfil espacial y temporal de las quemadas ocurridas en una zona propuesta para la creación de una Unidad de Conservación (UC) en la Microrregión de la Serra de Carrancas, Minas Gerais. Se utilizaron imágenes de satélite LandSat 5 y 8, sensores TM y OLI, entre los años 2002 y 2015. Se calculó el Índice de Vegetación por Diferencia Normalizada (NDVI) y la diferencia de NDVI para detectar y delimitar los polígonos de las quemadas, además se creó un mapa de densidad para la caracterización espacial. Las clases de cobertura del suelo mapeadas fueron: a) agricultura y pastizales; b) bosques nativos; c) bosques plantados; y d) cerrado. Para analizar la eficiencia de combate a los incendios en los polígonos, se agruparon en las siguientes clases de tamaño: I (< 0,1); II (0,1 - 4); III (4,1 - 40); IV (40,1 - 200); V (> 200) hectáreas. Para analizar la ocurrencia de las quemadas en el aspecto temporal, se utilizaron las variables: precipitación acumulada, temperatura media y humedad relativa. Se recolectaron 2.747 polígonos de quemadas, con un total de 18.320,14 hectáreas. De estos, 758 ocurrieron dentro del área propuesta para la creación de la UC, totalizando 6.696,74 ha. Los meses con mayor número de registros fueron agosto, septiembre y octubre. Los años 2003, 2009, 2011 y 2014 presentaron las mayores ocurrencias y áreas quemadas en el periodo analizado. El agrupamiento en clases de tamaño muestra una mayor frecuencia de quemadas en las clases II y III. Por lo tanto, la implementación de esta UC deberá ir acompañada de una política de prevención y combate a los incendios forestales para preservar el ecosistema de la región.

Keywords: Geotecnologías; protección del medio ambiente; unidad de conservación; quemado.



INTRODUÇÃO

O fogo é um fenômeno físico e natural que está ligado de forma direta com a história da terra (PEREIRA; REIN; MARTIN, 2016), progresso agrícola e com o desenvolvimento humano (FIGUEIREDO; ANDRADE; MAIA, 2020), e provém da combustão, que é um processo que envolve a combinação de três elementos, que em conjunto constituem o triângulo do fogo, sendo eles o oxigênio (comburente), o calor de ativação e o combustível (LIMA et al., 2020; SEGER et al., 2018).

Por ser um fenômeno de ação imediata, o fogo sem controle seja de gênese antrópica ou natural, tende a se propagar por diferentes tipos de vegetação e destruir, como animais selvagens e domésticos, seres humanos e outras formas de vida, ocasionando danos irreparáveis (DHALL et al., 2020). E essa forma de propagação livre ou descontrolada do fogo nas áreas vegetadas é intitulada de incêndio florestal (MUTTHULAKSHMI et al., 2020).

Os incêndios florestais são, portanto, distúrbios que causam danos muitas vezes irreversíveis e que podem atingir diferentes ecossistemas ambientais. Esse fenômeno merece atenção, já que devido ao aquecimento global é esperado que a frequência e os impactos dos incêndios florestais aumentem em diferentes regiões (XU et al., 2020) da Terra nos próximos anos. Os dados de focos de calor disponibilizados pelo INPE (2020) para a América do Sul comprovam esse aumento. Os números de focos de calor detectados pelo satélite de referência no intervalo de 01 de janeiro até 09 de agosto de 2020 foi de 55.631 no Brasil, 35.412 na Argentina, 34.647 na Venezuela, 19.685 na Colômbia e de 17.754 no Paraguai. Isso equivale a taxas de aumento iguais a 9%, 285%, 31%, 42% e 138%, respectivamente, comparado ao mesmo período no ano de 2019.

Todavia, o incêndio florestal começou a ser tratado como problema ambiental no Brasil apenas no final dos anos 1990 devido aos danos financeiros e ambientais que esse fenômeno causa (SOARES et al., 2009). Entre esses danos têm-se os de cunho ecológicos, como a liberação de altas quantidades de dióxido de carbono e fumaça na atmosfera, que podem causar efeitos a longa data, como a alteração dos padrões climáticos regionais, extinção da fauna e flora, além de influenciar processos como o próprio aquecimento global (AL-DHIEF et al., 2019).

Estudos filogenéticos mostram que algumas formações florestais nativas, como o caso do Cerrado no Brasil já possuem adaptações evolutivas a ocorrência do fogo (MIRANDA et al. 2009) de forma natural. Entretanto, faz-se necessário a busca por estratégias para evitar que ocorram incêndios florestais advindos da gênese antrópica. Um exemplo estratégico para conservar áreas com vegetação nativa contra incêndios florestais descontroladas é o estabelecimento de áreas prioritárias para a conservação florestal (LIMA et al.



2011). A criação desses ambientes torna mais efetivo o direcionamento de recursos, financeiros e humanos, além de facilitar a condução de políticas públicas ambientais (MELLO; TOPPA; CARDOSO-LEITE, 2016).

No Brasil, biomas como o Cerrado e a Mata Atlântica são áreas consideradas como prioritárias e que necessitam serem conservadas, visto que compõe a lista dos hotspots mundiais (SCARANO; CEOTTO, 2015; FRANÇOSO et al., 2015). Alguns estados brasileiros como o de Minas Gerais (DRUMMOND et al., 2005) têm desenvolvido pesquisas com o objetivo de identificar essas áreas prioritárias na busca pela conservação da biodiversidade e desenvolvimento de ações de combate ao desmatamento e das queimadas. Dentre as formas de busca pela conservação da biodiversidade cabe o desenvolvimento e implantação de Unidades de Conservação (UC) (MORANDI et al., 2020). À exemplo, a proposta de Lima et al. (2011) para a criação de uma UC nas regiões de maiores altitudes como as da Serra de Carrancas e Luminárias, em Minas Gerais. Essa região abrange áreas de transição entre as fitofisionomias dos biomas Cerrado e Mata Atlântica, e possuem características físicas e bióticas que fazem destes ambientes detentores de espécies endêmicas, com alta biodiversidade e vulnerabilidade natural.

Nesse sentido, o uso de técnicas como o sensoriamento remoto representa uma ferramenta altamente eficaz na avaliação de áreas afetadas pelos incêndios florestais (MOTA et al., 2019; IVO et al., 2020), com a capacidade de fornecer levantamentos sinópticos e repetitivos de grandes áreas, com custo operacional relativamente baixo, de forma rápida e sem a necessidade de deslocamentos rotineiros aos locais de estudo (SANTANA et al., 2020). Trata-se de uma ferramenta ímpar no monitoramento e controle ambiental em escala global (LIZUNDIA-LOIOLA et al., 2020).

Em outubro de 2014, decorrente de um incêndio florestal de elevadas proporções, estima-se que mais de 2,5 mil hectares de vegetação foram consumidos pela ação do fogo nas proximidades da região de Carrancas (Minas Gerais). Portanto, o presente estudo tem como objetivo traçar um perfil espaço-temporal das queimadas em uma área proposta para a criação de uma Unidade de Conservação na Microrregião da Serra de Carrancas, a fim subsidiar planos de combate aos incêndios florestais na região no futuro.

MATERIAIS E MÉTODOS

Descrição da área de estudo

A área de estudo está localizada na porção extrema sul/oeste do Campo das Vertentes, no Sul de Minas Gerais, e compreende os municípios de Carrancas, Minduri, Itumirim, Lavras, Ingaí, Cruzília, Luminárias e Itutinga. Esses municípios fazem parte de uma proposta elaborada por Lima et al. (2011) para criação de Unidade de Conservação (UC) com 48.022 hectares de extensão e Zona de Amortecimento (ZA) de 10 km (Figura 1).



Estados Unidos (USGS), com órbita 218 e ponto 75. Optou-se por adquirir as imagens georreferenciadas e com as correções atmosféricas e radiométricas no período (imagens mensais) de 2002 a 2015. Estes satélites possuem grande potencial para mapear áreas queimadas (RODRIGUES et al. 2018) e apresentam alta resolução espacial e continuidade temporal na geração de imagens, sendo, por isso, usados no monitoramento de queimadas em diversas regiões do mundo, o que justificou sua escolha nesse trabalho (BAR et al., 2020; IVO et al., 2020).

O satélite LANDSAT 5 TM reproduz imagens com 7 bandas, resolução espacial de 30 m (exceto a banda 6 que possui resolução de 120 m) e resolução temporal de 16 dias. Já o LANDSAT 8 OLI, possui imagens com 9 bandas, resolução espacial de 30 m (exceto a banda 8 que possui resolução de 15 m). Ao todo foram adquiridas 42 cenas para a análise obedecendo um critério de no máximo 10 % de cobertura de nuvem nas imagens.

Caracterização espacial e temporal das queimadas

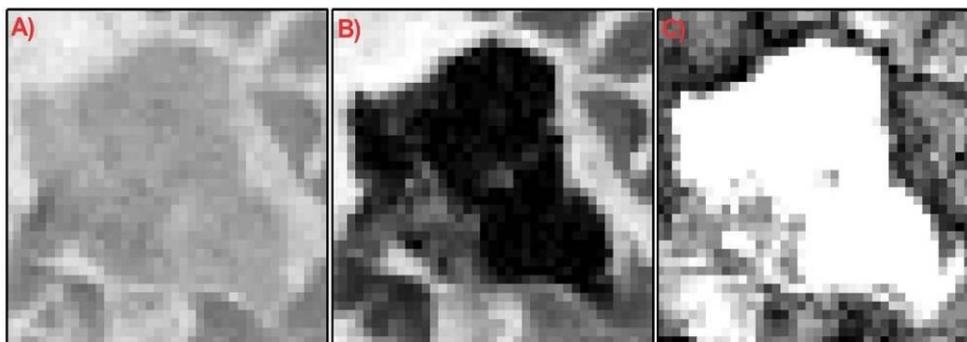
Para identificar as queimadas calculou-se o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI). Os valores de NDVI variam de -1 a +1, se próximo de +1 indica maior densidade de cobertura vegetal, valores abaixo de 0,5 vegetação mais esparsa, valores próximos de 0 e negativos referente a solo exposto e corpos d'água, respectivamente. O NDVI foi gerado para as imagens com cenas correspondentes à período antes e após a ocorrência do evento de queimada usando o software de processamento de imagens digitais ENVI versão 4.8. A equação do NDVI (TUCKER, 1979) está descrita a seguir.

$$\text{Equação 1. } NDVI = \frac{(IVP - V)}{(IVP + V)}$$

Onde: IVP é o comprimento de onda na banda do infravermelho próximo e; V é o comprimento de onda na banda do vermelho.

A imagem NDVI antes da queimada foi subtraída pela imagem NDVI após a queimada, sendo os locais em tons brancos na imagem NDVI diferença indicadores das áreas com vegetação que sofreram alterações (Figura 2). Para evitar a coleta de polígonos de mudança que não são provenientes de queimadas, mas sim de desmatamentos ou causados pela sazonalidade do local, cada polígono de mudança foi checado visualmente utilizando imagens de satélite na composição colorida falsa cor, R5G4B3 para LANDSAT 5 e R6G5B4 para LANDSAT 8. Seguindo a metodologia proposta por Roza e Ribeiro (2013).

Figura 2. Sequência temporal de imagens NDVI para a Microrregião da Serra de Carrancas, Minas Gerais. Legenda: A) agosto de 2003; B) outubro de 2003; C) NDVI diferença.



Fonte: Os autores.

Com o intuito de detectar os locais com maior incidência de queimadas ao longo dos anos, calculou-se a concentração desses polígonos dentro da área de estudo aplicando o estimador de densidade Kernel, ferramenta encontrada na extensão Spatial Analyst do software ArcGis 10.1. Para isso, foi necessário converter os polígonos em pontos, através do cálculo do centroide de cada polígono, uma vez que essa ferramenta trabalha apenas com esse tipo de vetor. A análise de densidade Kernel desenha uma vizinhança circular ao redor de cada ponto amostrado, que corresponde ao raio de influência da amostra, e então é aplicada uma função matemática de 1, na posição do ponto, a 0, na fronteira da vizinhança. O valor para a célula é a soma dos valores kernel sobrepostos, e divididos pela área de cada raio de pesquisa (SILVERMAN, 1986; MONJARÁS-VEJA et al., 2020).

Os níveis de densidades foram separados em cinco classes, distinguidos pela cor e tonalidade: (i) preto significa densidade muito alta; (ii) vermelho indica densidade alta; (iii) amarelo densidade média; (iv) verde significa densidade baixa e (v) branco representa nenhum registro. As diferentes tonalidades auxiliam na análise, uma vez que visualmente uma faixa com tonalidade ou cor mais intensa, por exemplo, vermelha, remete que nesta região existe uma concentração elevada, pois os polígonos detectados estão muito próximos, em contrapartida, tonalidades ou cores mais claras, remete que os polígonos estão mais dispersos.

Variáveis Climáticas

O monitoramento das queimadas deve ser associado ao monitoramento das variáveis meteorológicas, para que se torne mais eficiente, sobretudo por permitir obter a caracterização de regiões que apresentam amplo potencial de ocorrência de incêndios e avaliar a correlação entre eles (SANTOS, SILVA e GUIMARÃES, 2020). Dessa forma, a avaliação foi associada com os dados provenientes da Estação Meteorológica de Lavras (21°14'06''S e 45°W, 918 m de altitude), disponíveis no site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET,



2015), e compôs a base de dados: precipitação (mm), temperatura (°C) e a umidade (%), que foram analisadas de forma similar as queimadas no tempo entre 2002 e 2015.

Tipo de vegetação atingida

Após a coleta dos polígonos de queimadas, através da geração do NDVI diferença, determinou-se a cobertura do solo no qual essas áreas pertenciam antes das queimadas, e essa classificação partiu da interpretação visual das imagens de sensoriamento remoto. As classes utilizadas para todo período de estudo são: a) Agricultura e Pastagem; b) Florestas Nativas; c) Florestas Plantadas; d) Cerrado. Essas classes foram selecionadas por serem as classes predominantes na região.

Classe de Tamanho

Os polígonos de queimadas foram agrupados em classes de tamanhos conforme os intervalos sugeridos pelo Serviço Florestal do Canadá usados internacionalmente (RAMSEY; HIGGINS, 1981; SANTOS et al., 2004). Essa análise permite avaliar a eficiência de combate aos incêndios florestais na região (Tabela 1).

Tabela 1. Classes de tamanho utilizadas para a delimitação da área dos polígonos de queimadas.

| Classe de Tamanho | Intervalo (hectares) |
|--------------------------|-----------------------------|
| I | < 0,1 |
| II | 0,1 - 4 |
| III | 4,1 - 40 |
| IV | 40,1 - 200 |
| V | > 200 |

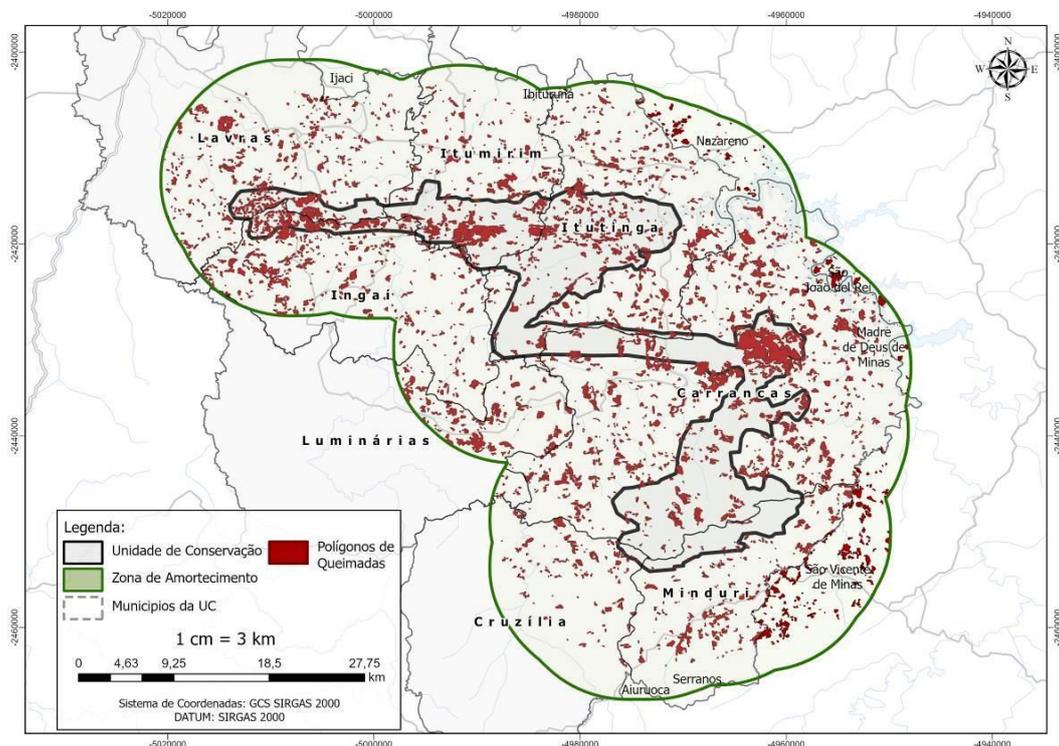
Fonte: Ramsey & Higgins (1981).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Caracterização temporal das queimadas

Os resultados demonstraram que no período de 2002 a 2015 foram detectados 2.747 polígonos de queimadas, que juntos somam uma área de 18.320,14 ha (Figura 3). Em média, queimou-se por ano 1.409,25 ha.

Figura 3. Polígonos de queimada (em vermelho) delimitados para a Unidade de conservação proposta e sua respectiva zona de amortecimento, localizadas na microrregião da serra de Carrancas (MG) para o período compreendido entre 2002 e 2015.



Fonte: Os autores.

Os anos que apresentaram maiores registros de queimadas estão apresentados na Tabela 2. Nesse período foram queimados 11.628,30 ha, o que corresponde a 63,47% da área queimada no período de estudo. Além disso, as maiores queimadas em um único evento ocorreram nesses anos.

Tabela 2. Análise para os anos de 2003, 2009, 2011 e 2014 que apresentaram os maiores percentuais da área total queimada, número de polígonos detectados, e a identificação da maior área queimada dentro da Unidade de Conservação proposta e em sua zona de amortecimento, localizadas na serra de Carrancas (MG).

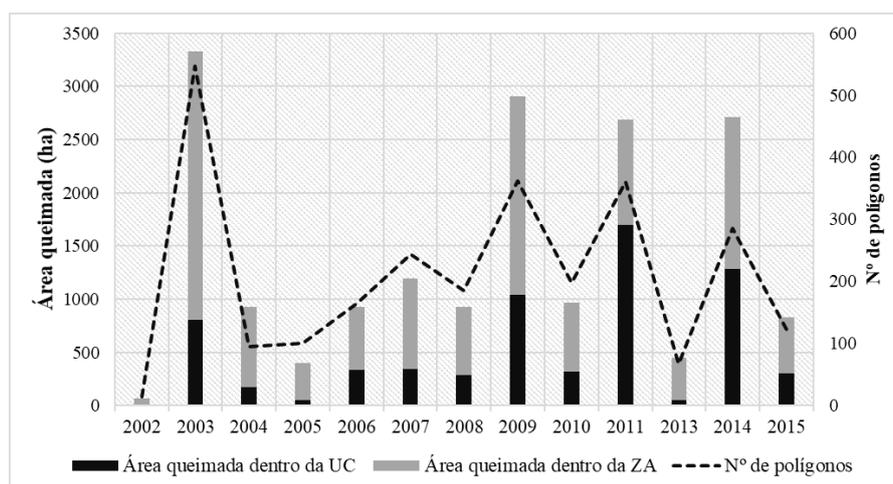
| Ano | Nº de polígonos | % do total de polígonos | Área total queimada (ha) | % de área total queimada | Maior queimada (ha) |
|--------------|-----------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------|
| 2003 | 547 | 19,91 | 3323,4 | 18,14 | 180,8 |
| 2009 | 362 | 13,18 | 2906,9 | 15,87 | 379,4 |
| 2011 | 361 | 13,14 | 2686,0 | 14,66 | 215,8 |
| 2014 | 286 | 10,41 | 2712,0 | 14,80 | 489,2 |
| Total | 1556 | 56,64 | 11628,3 | 63,47 | 1265,2 |

Fonte: Os autores.



A distribuição anual de queimadas detectadas pode ser observada na Figura 4. Apenas em 2011 a área queimada dentro da UC foi maior que na ZA, e os resultados ainda apontam que o aumento do número de ocorrências implica no aumento do número de área total queimada.

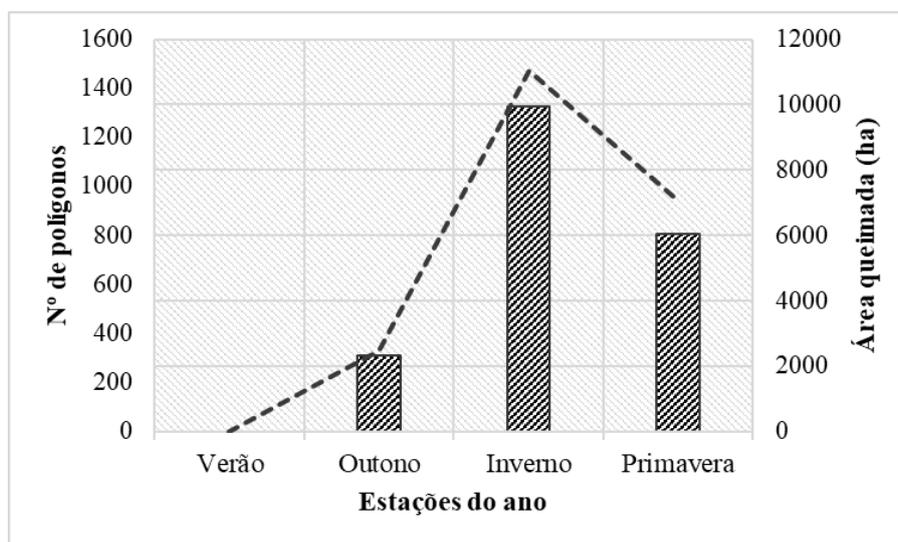
Figura 4. Distribuição anual das áreas de queimadas dentro da Unidade de Conservação proposta e em sua zona de amortecimento, no período de 2002 a 2015.



Fonte: Os autores.

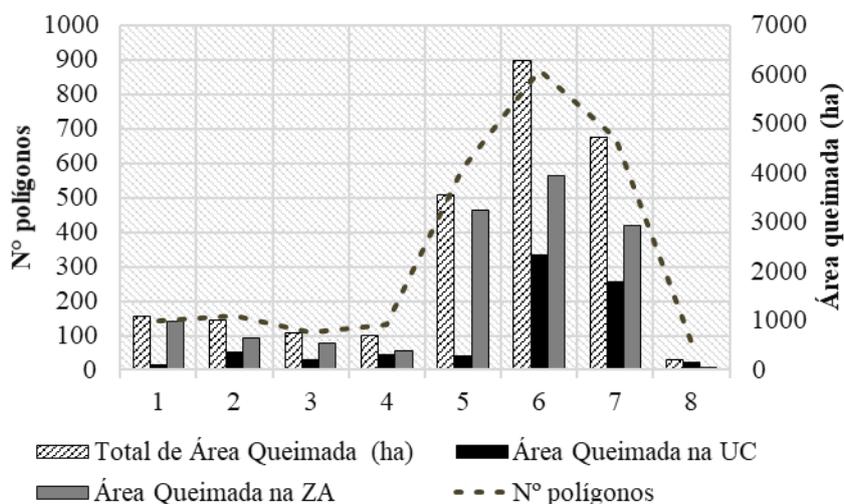
O período entre os meses de junho a outubro é marcado pelas estações mais propícias a ocorrência de queimadas, a saber o inverno e a primavera (JANUÁRIO; MINUZZI, 2020). Juntas essas estações possuem 87,2 % da área queimada e 88,0% do número de ocorrências (Figura 5). Inseridos nessa variação estacional, os meses de agosto, setembro e outubro apresentaram somados 2.125 (77,34%) polígonos e 14.553,35 ha (79,44%) de área queimada (Figura 6). Os dados corroboram com os estudos de Torres et al. (2016), ao analisar o perfil dos incêndios florestais em Unidades de Conservação no Brasil no período de 2008 a 2012 observaram para a região sudeste maiores ocorrências entre os meses de junho a outubro.

Figura 5. Distribuição estacional das áreas de queimadas dentro da Unidade de Conservação proposta e em sua zona de amortecimento, no período de 2002 a 2015.



Fonte: Os autores.

Figura 6. Distribuição mensal das áreas queimadas dentro da Unidade de Conservação proposta e em sua zona de amortecimento, no período de 2002 a 2015. (eixo x: meses; eixo y: número de polígonos e quantidade de área queimada).



Fonte: Os autores.

Além do período climaticamente propício, é comum na região a prática de queimadas no preparo da terra para o plantio e renovação de pastagens o que acresce as estatísticas nessa época do ano. Isso sugere que nos meses que antecedem essas estações é necessária uma política de prevenção aos incêndios e o incentivo das queimadas controladas proposto na legislação ambiental.

Análise dos fatores climáticos

As condições climáticas são um conjunto de características ambientais que descrevem diretamente o clima de uma região, entre elas a temperatura, ponto de orvalho, umidade relativa do ar, vento e precipitação.

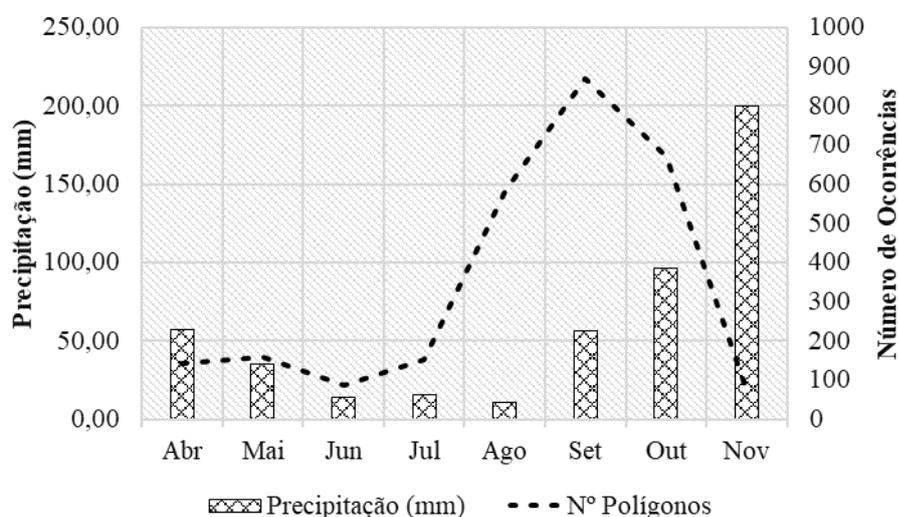


Junto com o relevo e o material combustível, correspondem aos fatores que influenciam na ocorrência e propagação do fogo (NUNES et al., 2006). Dentre essas variáveis, a precipitação, temperatura do ar e a umidade relativa determinam a intensidade e velocidade de propagação do fogo.

A variabilidade mensal foi consistente com o perfil climático da região. Pode-se observar que nos meses com maior registro de ocorrência de queimadas correspondem aqueles meses com menor precipitação, ao passo que o aumento da precipitação implica na diminuição de queimadas (Figura 7). Verificou-se 672 ocorrências em outubro para 78 ocorrências em novembro e a média de precipitação passou de 96,51 mm em outubro para 199,78 mm em novembro. Essa mudança inviabiliza a ocorrência de queimadas pois há um acúmulo de água envolvendo o material combustível.

Os gráficos referentes aos números de ocorrências estão apresentados apenas entre os meses de Abril e Novembro, em virtude de que nos outros meses não foi possível a obtenção de dados (imagens) sem nuvens, além do mais, a maior concentração de ocorrências enquadrava-se no período apresentado, reduzindo assim as lacunas referentes a ausência de informações sobre os meses faltantes na análise.

Figura 7. Relação entre a ocorrência de queimadas e da precipitação para a área da Unidade de Conservação proposta e a sua zona de amortecimento no período de 2002 a 2015.



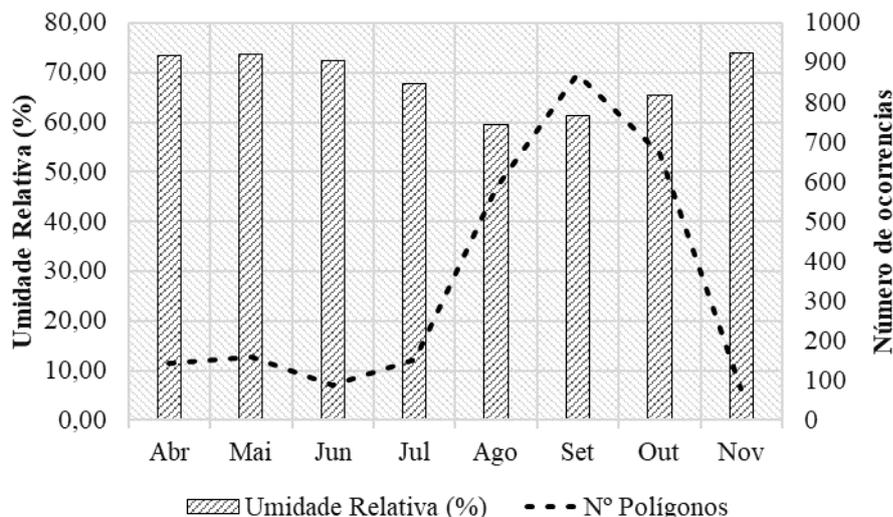
Fonte: Os autores.

A comparação anterior se repete de forma semelhante para umidade relativa, quanto maior a umidade relativa menor a quantidade de queimadas (Figura 8). A umidade relativa tem implicação na umidade do material combustível, essa por sua vez apresenta como primeiro efeito a grande quantidade de energia requerida para vaporizar água existente no combustível. Outro aspecto que deve ser considerado é o fato do vapor d'água liberado de o combustível diluir a concentração de oxigênio do ar nas suas proximidades, minimizando as condições para a combustão dos gases inflamáveis destilados no combustível.



Valores acima de 25% no teor de umidade do material combustível praticamente anulam a probabilidade de ignição, essa umidade é chamada de umidade de extinção. Entretanto, com os períodos de seca, a umidade dos combustíveis inanimados tende a diminuir, e assim, aumenta o perigo de ignição (SCOTT; BURGAN, 2005; FERNANDES et al., 2011).

Figura 8. Relação entre a ocorrência de queimadas e a umidade relativa para a área da Unidade de Conservação proposta e em sua zona de amortecimento no período de 2002 a 2015.

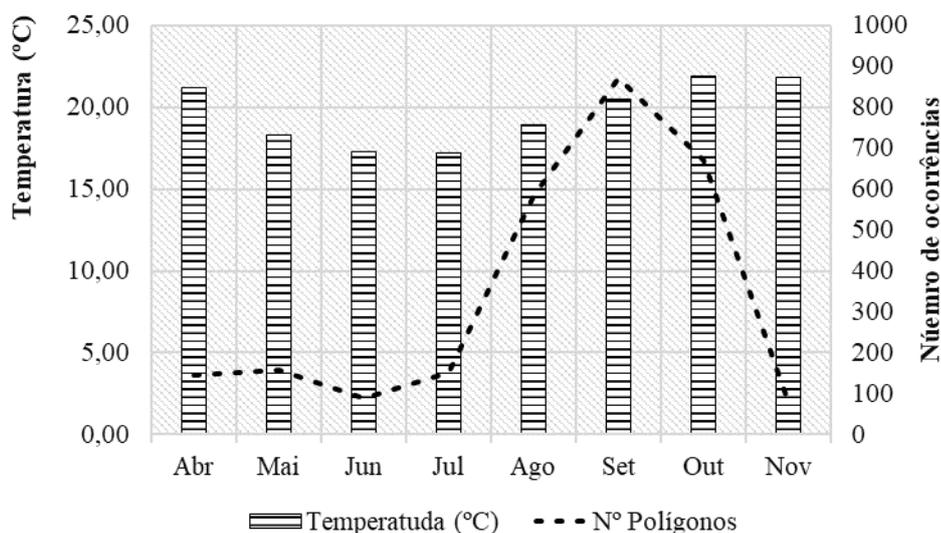


Fonte: Os autores.

A Figura 9 correlaciona a temperatura e a ocorrência de queimadas. Os menores valores de temperatura acontecem entre os meses de maio a julho (abaixo de 5 °C) e os maiores registros de queimadas estão acumulados nos meses seguintes, com ~800 registros para o mês de setembro. Esse comportamento explica as características citadas anteriormente, onde a região é dominada por períodos frios e secos, quentes e úmidos. Altas temperaturas nos meses de novembro não implicam em um maior registro de queimadas, pois também há alta umidade e precipitação.



Figura 9. Relação entre a ocorrência de queimadas e a temperatura para a área da Unidade de Conservação proposta e em sua zona de amortecimento no período de 2002 a 2015.



Fonte: Os autores.

O ano de 2014 apresentou a menor umidade relativa (65,89%) e precipitação (1087,60 mm) e a terceira maior temperatura (21,02°C) (Tabela 3) para a área em análise. Esse comportamento atípico coloca esse ano entre os quatro com maior área queimada e número de ocorrências no período de estudo, em conformidade com a Figura 4 e Tabela 2. Entre os verões de 2013 a 2014 e 2014 a 2015 a região sudeste do país sofreu importantes déficits de precipitação, resultando no estabelecimento de condições de seca e uma crítica crise de água com impactos em diversos setores da sociedade (COELHO et al., 2016).

Tabela 3. Análise temporal (2002 – 2015) das variáveis climáticas observadas na dentro da Unidade de Conservação proposta e em sua zona de amortecimento.

| Ano | Umidade Relativa (%) | Temperatura (°C) | Precipitação (mm) |
|------|----------------------|------------------|-------------------|
| 2002 | 69,72 | 21,21 | 1142,40 |
| 2003 | 70,88 | 20,56 | 1222,00 |
| 2004 | 72,78 | 20,06 | 1489,00 |
| 2005 | 73,09 | 20,58 | 1433,70 |
| 2006 | 70,95 | 20,39 | 1461,60 |
| 2007 | 67,51 | 20,85 | 1248,20 |
| 2008 | 73,02 | 20,22 | 1646,00 |
| 2009 | 73,74 | 20,84 | 1623,60 |
| 2010 | 68,28 | 20,68 | 1131,80 |



| | | | |
|--------------|--------------|--------------|----------------|
| 2011 | 69,58 | 20,44 | 1635,60 |
| 2013 | 73,12 | 20,36 | 1380,60 |
| 2014 | 65,89 | 21,02 | 1087,60 |
| 2015 | 71,16 | 21,38 | 1246,00 |
| Média | 70,75 | 20,66 | 1365,24 |

Fonte: Os autores.

O alto índice de queimadas em 2003, 2009 e 2011 pode ter relação com os fenômenos climáticos El Niño e La Niña, que modificam a intensidade, distribuição e frequência da precipitação na América do Sul. Segundo Ribeiro et al., (2011), estes fenômenos têm diferentes graus de influência sobre as regiões, podendo afetá-las de forma fraca, moderada ou intensa.

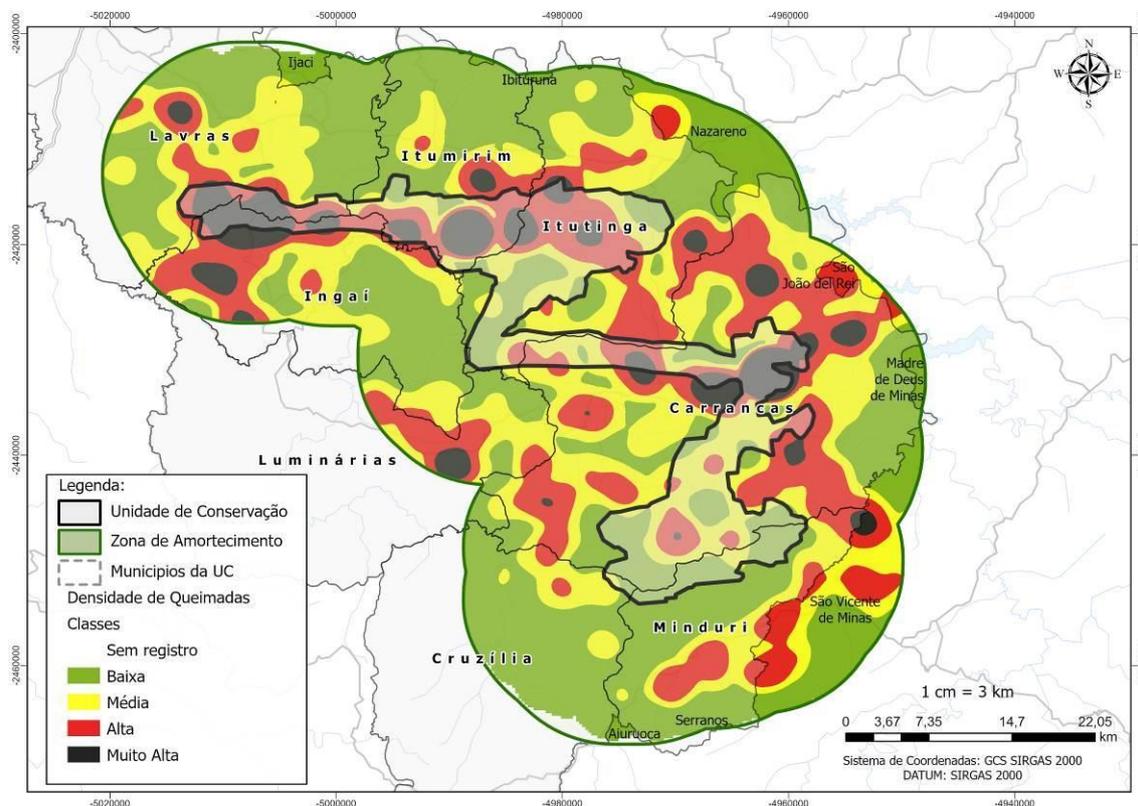
Para 2003 e 2009 foram registrados eventos de El Niño com intensidades moderadas, de maneira geral, o fenômeno El Niño aumenta as precipitações na região sul, trazendo severas secas nas regiões norte e nordeste e aumento de temperatura na região sudeste. Já o La Niña significa maior precipitação nas regiões norte e nordeste; por outro lado, na região sul, o fenômeno significa secas mais severas, elevando tanto o número de ocorrências das queimadas como a área atingida pelo fogo (TORRES et al., 2016). Esse último aconteceu em 2011, com intensidade moderada e ainda assim compôs a lista dos anos com maiores ocorrências de fogo e área queimada.

Caracterização espacial das queimadas

Especificamente na UC proposta, uma área de 6.696,74 ha distribuída em 758 polígonos foi atingida pelo fogo. Os outros 1.989 polígonos que somados representam 11.623,40 ha ocorreram na zona de amortecimento (ZA). Em termos percentuais, a UC apresentou 36,55% de área consumida pelo fogo e 27,59% dos polígonos de queimadas.

O mapa de densidade de Kernel representa de forma clara a distribuição espacial das queimadas, bem como os locais de maior ocorrência (Figura 10). As queimadas ocorreram em boa parte da UC proposta, porém, com maior densidade nos municípios de Lavras, Ingaí, Itumirim, Carrancas e Itutinga. Já os municípios de Luminárias, Minduri e Cruzília apresentaram pouca densidade de queimadas, o que pode ser explicado pelo fato de serem os municípios com menor representatividade na UC. Analisando a Figura 10, observa-se que o mapeamento das queimadas é um instrumento altamente eficaz para compor um planejamento futuro de combate aos incêndios florestais.

Figura 10. Mapa de densidade de queimadas que ocorreram no período entre 2002 e 2015 dentro da Unidade de Conservação proposta e em sua zona de amortecimento.



Fonte: Os autores.

As manchas classificadas como muito alta dentro da UC pode ter relação com as atividades turísticas na região. Destacam-se entre elas as que estão localizadas na Serra de Carrancas e na Serra que divide os municípios de Lavras com Ingai, nas proximidades do Parque Florestal Quedas do Rio Bonito (porção noroeste, Figura 10).

Partindo do pressuposto que uma UC deve registrar pouca ou nenhuma ocorrência de queimadas, a efetivação futura dessa proposta deverá acompanhar um plano de combate a incêndios florestais com o objetivo de diminuir ou erradicar esses eventos em áreas de preservação ambiental. Já que a legislação rege aspectos de proteção a vegetação e controle de queimadas, prevenção e combate aos incêndios florestais; proibição de queimas controladas em UC sem o respectivo plano de manejo e mediante prévia aprovação do órgão gestor da UC (Lei nº 12.651/12); punição para danos diretos e indiretos causados às UC e por provocar incêndio em matas e florestas naturais (Lei nº 9.605/1998).

No Brasil existem 2.446 UC, no qual 777 são da categoria de proteção integral e 1.669 da categoria de uso sustentável, englobando 2.552.196,72 km² (MMA, 2020). Em termos percentuais de área 27,7% localizam-se na Amazônia, 7,7% na Caatinga, 8,6% no Cerrado, 10,0% na Mata Atlântica, 2,7% nos Pampas e 4,6% no Pantanal. Segundo Torres et al., (2016), no período entre 2008 a 2012, um total de 55 UC apresentaram



queimadas no seu interior, somando uma área de 4.711,54 km² com predomínio de ocorrência na categoria de proteção integral. Torres et al., (2016) citam ainda que Minas Gerais foi o terceiro estado em maior número de ocorrências de queimadas, atrás apenas do Ceará e Rio de Janeiro.

Devido a ampla extensão territorial que as UC apresentam, o uso de geotecnologias no controle e prevenção de queimadas tem sido utilizado em diferentes pesquisas. Pereira (2009) utilizou técnicas geotecnológicas na análise de queimadas em seis UC localizadas no norte de Minas Gerais, e mapeou 194 cicatrizes de queimadas com área total de 19.538 hectares para o período entre 05 de setembro a 3 de outubro. Amorim (2015) analisou quatro UC no extremo norte de Minas Gerais e identificou 233 cicatrizes de queimadas entre julho de 2010 a junho de 2011, com uma área queimada de 42.620,63 hectares. Entretanto, a realidade brasileira é que inexistem planos de manejo na maioria da UC do estado e há carência de recursos humanos e infraestrutura (REZENDE et al., 2010), enquanto isso, atividades como os incêndios florestais continuam sendo ameaça a biodiversidade e responsável pelo assoreamento crescente nos cursos d'água para algumas regiões do estado de Minas Gerais (IEF, 2020).

Vegetação atingida pelo fogo

Em termos absolutos as ocorrências e a área queimada por tipo de vegetação estão descritas na Tabela 4. A classe agricultura e pastagem assume o maior número de casos e extensão de área, com 69,28% e 67,1 % respectivamente. As fisionomias naturais, florestas nativas e cerrado, detiveram 30,11% de ocorrências e 32,11% de área queimada. Já a classe florestas plantadas obteve registro inexpressivos para o período de estudo, com 0,62% de ocorrência e 0,80% de área queimada, destacando que empresas florestais dispõem de planos de prevenção e combate aos incêndios, minimizando os impactos sobre a vegetação.

Tabela 4. Análise das ocorrências de queimadas e suas respectivas áreas por tipo de vegetação presentes dentro da Unidade de Conservação proposta e em sua zona de amortecimento, no período de 2002 a 2015.

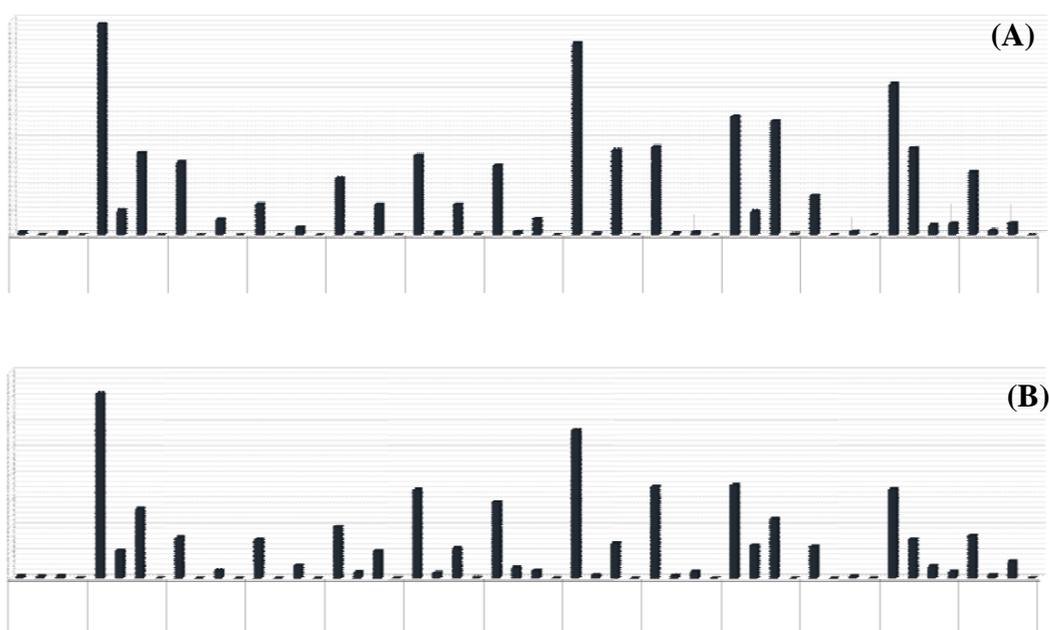
| Uso do Solo | Nº de polígonos | Área queimada (ha) |
|------------------------|-----------------|--------------------|
| Agricultura e Pastagem | 1.903 | 12.292,46 |
| Florestas Nativas | 263 | 1.574,28 |
| Cerrado | 564 | 4.307,60 |
| Florestas Plantadas | 17 | 145,80 |
| Total | 2.747 | 18.320,14 |

Fonte: Os autores.

A Figura 11 (A e B) revelam a distribuição anual de área queimada e ocorrência por tipo de vegetação. Os números confirmam que o setor agropecuário da região faz preponderantemente o uso de queimadas para fins específicos, visto a ocorrência anual de queimadas e ter sido a classe que mais teve área queimada. Ainda que a maioria das queimadas aconteçam na zona de amortecimento, é importante saber se a forma de execução condiz com as normas estabelecidas na legislação (Lei nº 12.651/2012). A prática de queimadas sem considerar os aspectos legais dá margem para a degradação ambiental ao longo do tempo. Uma vez que essas áreas passam a apresentar casos de erosão, voçorocas, empobrecimento do solo, domínio de plantas invasoras, pragas e doenças, entre outros danos, tornando comuns a procura por novas áreas para o uso. Essa procura é justificada por ser mais viável economicamente ocupar uma nova área do que recuperar uma área degradada.

A partir dessa rotina recorrente nas últimas décadas, as atividades agropastoris na ZA tendem a ser transferidas para o interior da UC proposta, embora isso já aconteça em menor escala. Para frear esse possível avanço com o tempo, a implantação dessa UC acompanhada de uma política de incentivo a preservação do meio ambiente e de combate aos incêndios trariam um novo cenário para a região.

Figura 11. (A). Distribuição anual das áreas de queimadas por tipo de vegetação para o período entre 2002 e 2015, para a Unidade de Conservação proposta e sua zona de amortecimento e **(B)** distribuição do número de queimadas anuais por tipo de vegetação para o período entre 2002 e 2015 dentro da Unidade de Conservação proposta e sua zona de amortecimento. Legenda: AP = Agricultura e Pastagem; FN = Florestas Nativas; FP = Florestas Plantadas; CE = Cerrado.



Fonte: Os autores.



Caracterização por classe de tamanho

A distribuição dos polígonos de queimadas em classes de tamanho mostra maior concentração nas classes II e III. Essas duas classes no período de estudo possuem juntas 97,48% das ocorrências ou 2.675 polígonos (Tabela 5). O agrupamento nas classes I e II retrata um cenário “ideal”, pois, quanto menor for a área queimada, melhor será a eficiência no combate aos incêndios florestais.

Tabela 5. Análise das ocorrências e áreas queimadas por classe de tamanho dos polígonos para a Unidade de Conservação proposta e em sua zona de amortecimento.

| Classes de Tamanho (ha) | Nº Polígonos | Nº Polígonos (%) |
|-------------------------|--------------|------------------|
| I (< 0,1) | 19 | 0,69 |
| II (0,1 - 4) | 1.665 | 60,61 |
| III (4,1 - 40) | 1.010 | 36,77 |
| IV (40,1 - 200) | 50 | 1,82 |
| V (> 200) | 3 | 0,11 |
| Total | 2.747 | 100 |

Fonte: Os autores.

Percebe-se que o resultado encontrado na proposta de estabelecimento da UC na microrregião da Serra de Carrancas, equivalente a 61,13% nas classes I e II, foi abaixo dos resultados acima citados. Mas, resultado semelhante foi encontrado na pesquisa de Tebaldi et al., (2012), que obtiveram 44% nas classes I e II para as UC Estaduais localizadas no estado do Espírito Santo, referentes ao período entre 2005 e 2009. E por Magalhães et al., (2011), que estudaram o Parque Nacional da Serra da Canastra, entre 1988 e 2008, e registraram 9,59% nas classes I e II, e 42,01% na classe V. Essa colocação permite confirmar a necessidade de um planejamento anual de combate aos incêndios florestais, o aperfeiçoamento constante na detecção remota das queimadas, além da agilidade no controle, nos deslocamentos e treinamento de brigadistas.

CONCLUSÕES

Para a área de estudo em que foi feita a proposta de criação da UC e sua zona de amortecimento, localizadas na microrregião da serra de Carrancas (MG), grande parte dos polígonos de queimadas observados são derivados de fatores ligados às atividades antropogênicas, como o setor agropecuário. Neste estudo foram observados importantes saídas nomeadamente quanto aos aspectos climáticos, períodos temporais, quantidade e tamanho dos polígonos de queimadas e ocorrências entre UC e ZA. Estes aspectos são elementares ao entendimento das condições mais adequadas para criação de Unidades de Conservação. Desta forma, foi possível traçar o perfil espaço-temporal das queimadas na zona de estudo. Diagnosticou-se que a efetivação dessa UC deverá acompanhar a política de prevenção e combate aos incêndios florestais buscando preservar a integridade ecológica da região.



O mapeamento das queimadas implementado neste estudo poderá ser um instrumento altamente eficaz para compor um planejamento futuro de combate aos incêndios florestais. O uso dos métodos de Sensoriamento Remoto e SIG foi eficaz para detecção e identificação de queimadas ao longo do tempo, permitindo um diagnóstico preciso da localização e impacto das queimadas em áreas propostas para criação de UC. A realização do planejamento e da prevenção ao combate de incêndios florestais permitirá atuar com eficácia na ocorrência desse fenômeno nas menores classes de tamanho, evitando, dentro do possível, ocorrências nas classes de maior tamanho. Os métodos aqui utilizados podem ser replicados para outras regiões do Brasil.

REFERÊNCIAS

AL-DHIEF, Fahad Taha; SABRI, Naseer; FOUAD, S.; LATIFF, N.M. Abdul; ALBADER, Musatafa Abbas Abbood. A review of forest fire surveillance technologies: mobile ad-hoc network routing protocols perspective. **Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences**, v. 31, n. 2, p. 135-146, 2019.

ALVARES, Clayton Alcarde; STAPE, José Luiz; SENTELHAS, Paulo Cesar; GONÇALVES, José Leonardo de Moraes; SPAROVEK, Gerd. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

AMORIM, B. R. D. **Caracterização Espaço-Temporal das Áreas Queimadas na Região do Alto-Médio São Francisco e sua Influência em Unidades de Conservação**. 2015. Monografia (Trabalho de conclusão de curso em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2015.

BAR, Somnath; PARIDA, Bikash Ranjan; PANDEY, Arvind Chandra. Landsat-8 and Sentinel-2 based Forest fire burn area mapping using machine learning algorithms on GEE cloud platform over Uttarakhand, Western Himalaya. **Remote Sensing Applications: Society and Environment**, v. 18, p. 100324, 2020.

BERG, Eduardo; OLIVEIRA-FILHO, Ary T. Composição florística e estrutura fitossociológica de uma floresta ripária em Itutinga, MG, e comparação com outras áreas. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 23, n.3, p. 231-253, 2000.

COELHO, Caio A. S.; CARDOSO, Denis H. F.; FIRPO, Mári A. F. A Seca de 2013 a 2015 na Região Sudeste do Brasil. **Climanálise**, v. 1, p. 55-61, 2016.

DHALL, Aditya; DHASADE, Akash; NALWADE, Ashwin; V.K, Mohan Raj; KULKARNI, Vinay. A survey on systematic approaches in managing forest fires. **Applied Geography**, v. 121, p. 102266, 2020.

DRUMMOND, Gláucia Moreira; MARTINS, Cássio Soares; MACHADO, Angelo Barbosa Monteiro; SEBAIO, Fabiane Almeida; ANTONINI, Yasmine. **Biodiversidade em Minas Gerais: um atlas para sua conservação**. 2. ed. Belo Horizonte: Biodiversitas, 2005. 222 p.

FERNANDES, Paulo M.; LOUREIRO, Carlos; PALHEIRO, Pedro; VALE-GONÇALVES, Hélia; FERNANDES, Manuel M.; CRUZ, Miguel G. Fuels and fire hazard in blue gum (*Eucalyptus globulus*) stands in Portugal. **Boletín del CIDEU**, v. 10, p. 53 - 61, 2011.

FIGUEIREDO, Mairon Neves de; ANDRADE, João Vitor; MAIA, Thais de Carvalho. Nós e o fogo. **Recital - Revista de Educação, Ciência e Tecnologia de Almenara/MG**, v. 2, n. 1, p. 81-94, 2020.

FRANÇOSO, Renata D.; BRANDÃO, Reuber; NOGUEIRA, Cristiano C.; SALMONA, Yuri B.; MACHADO, Ricardo Bomfim; COLLI, Guarino R. Habitat loss and the effectiveness of protected areas in the Cerrado Biodiversity Hotspot. **Natureza & Conservação**, v. 13, n. 1, p. 35–40, 2015.

IEF- Instituto Estadual de Florestas. **Simulado Operacional de Combate a Incêndios Florestais nas Áreas de Proteção Ambiental (APAs) Cochá e Gibão e Rio Pandeiros**. Disponível em: < <http://www.ief.mg.gov.br/noticias/1507-simulado-prepara-norte-de-minas-para-combate-a-incendios-florestais->>. Acesso em: 30 jul. 2020.

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. **Dados climáticos**. Disponível em: < <http://www.inmet.gov.br/>>. Acesso em: 30 out. 2015.



INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Banco de dados de queimadas.** Disponível em: <<http://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/portal-static/situacao-atual/>>. Acessado em: 10 agos. 2020.

IVO, Israel Oliveira; BIUDES, Marcelo Sacardi; VOURLITIS, George Louis; MACHADO, Nadja Gomes; MARTIM, Charles Campoe. Effect of fires on biophysical parameters, energy balance and evapotranspiration in a protected area in the Brazilian Cerrado. **Remote Sensing Applications: Society and Environment**, v. 19, p. 100342, 2020.

JANUÁRIO, Roberta Raspini; MINUZZI, Rosandro Boligon. Risco de incêndio sazonal em área descampada e de floresta para diferentes cenários climáticos no município de Águas Mornas. **Geosul**, v. 35, n. 75, p. 580-597, 2020.

LIMA, Daiane Cristina; SOUZA, Adilson Pacheco de; KEFFER, Josiane Fernandes; CABECEIRA, Fernando Gonçalves; MARTIM, Charles Campoe; SOUZA, Thammy Assad. Comportamento do fogo em diferentes concentrações e tempos pós-aplicação de retardantes em área de eucalipto na transição Cerrado-Amazônia. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 43, n. 1, p. 109-123, 2020.

LIMA, Ludimilla Portela Zambaldi; LOUZADA, Júlio; CARVALHO, Luís Marcelo Tavares de; SCOLFORO, José Roberto Soares. Análise da vulnerabilidade natural para implantação de unidades de conservação na microrregião da Serra de Carrancas, MG. **Cerne**, v. 17, n. 2, p. 151-159, 2011.

LIZUNDIA-LOIOLA, Joshua; OTÓN, Gonzalo; RAMO, Rubén; CHUVIECO, Emilio. A spatio-temporal active-fire clustering approach for global burned area mapping at 250 m from MODIS data. **Remote Sensing of Environment**, v. 236, p. 111493, jan. 2020.

MAGALHÃES, Simone Rodrigues de; LIMA, Gumercindo Souza; RIBEIRO, Guido Assunção. Avaliação do Combate aos Incêndios Florestais no Parque Nacional da Serra da Canastra. **Floresta e Ambiente**, v. 18, n. 1, p. 80-86, 2011.

MELLO, Kaline de; TOPPA, Rogério Hartung; CARDOSO-LEITE, Eliana. Priority areas for forest conservation in an urban landscape at the transition between Atlantic forest and Cerrado. **Cerne**, v. 22, n. 3, p. 277-288, set. 2016.

MIRANDA, Heloisa Sinátora; SATO, Margarete Naomi; NASCIMENTO NETO, Walter; AIRES, Felipe Salvo. 2009. Fires in the Cerrado, the Brazilian savanna. p. 427-450. In: M.A. Cochrane (Ed.). Tropical fire ecology: climate change, land use and ecosystem dynamics. Springer-Praxis, Heidelberg, Germany.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. **Dados consolidados das Unidades de Conservação.** Disponível em: <<http://dados.gov.br/dataset/unidadesdeconservacao/resource/9c661f5d-400e-4188-a67f-0a6b09105408>>. Acesso em: 26/08/2020.

MONJARÁS-VEGA, Norma Angélica; BRIONES-HERRERA, Carlos Ivan; VEGA-NIEVA, Daniel José; CALLEROS-FLORES, Eric; CORRAL-RIVAS, José Javier; LÓPEZ-SERRANO, Pablito Marcelo; POMPA-GARCÍA, Marín; RODRÍGUEZ-TREJO, Dante Arturo; CARRILLO-PARRA, Artemio; GONZÁLEZ-CABÁN, Armando. Predicting forest fire kernel density at multiple scales with geographically weighted regression in Mexico. **Science Of The Total Environment**, v. 718, p. 137313, 2020.

MORANDI, Daniela Torres; FRANÇA, Luciano Cavalcante de Jesus; MENEZES, Eduarda Soares; MACHADO, Evandro Luiz Mendonça; SILVA, Marcelo Dutra da; MUCIDA, Danielle Piuza. Delimitation of ecological corridors between conservation units in the Brazilian Cerrado using a GIS and AHP approach. **Ecological Indicators**, v. 115, p. 106440, 2020.

MOTA, Pedro Henrique Santos.; ROCHA, Samuel José Silva Soares.; CASTRO, Nero Lemos Martins.; MARCATTI, Gustavo Eduardo.; FRANÇA, Luciano Cavalcante de Jesus.; SCHETTINI, Bruno Leão Said.; VILLANOVA, Paulo Henrique.; SANTOS, Hugo Thaner.; SANTOS, Alexandre Rosa.; Forest fire hazard zoning in Mato Grosso State, Brazil. **Land Use Policy**, v. 88, 2019.

MUTTHULAKSHMI, K.; WEE, Megan Rui En; WONG, Yew Chong Kester; LAI, Joel Weijia; KOH, Jin Ming; ACHARYA, U. Rajendra; CHEONG, Kang Hao. Simulating forest fire spread and fire-fighting using cellular automata. **Chinese Journal of Physics**, v. 65, p. 642-650, 2020.

NUNES, José Renato Soares; SOARES, Ronaldo Viana; BATISTA, Antônio Carlos. **Especificação de um sistema computacional integrado de controle de incêndios florestais.** Floresta, v.36, n.2, p.201-211, 2006.

PEREIRA, Allan Arantes. **Uso de geotecnologias para detecção e análise de queimadas e focos de calor em unidades de conservação no norte de Minas Gerais.** 2009. 91p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, 2009.

PEREIRA, Paulo; REIN, Guillermo; MARTIN, Deborah. Past and Present Post-Fire Environments. **Science of The Total Environment**, v. 573, p. 1275-1277, 2016.



- RAMSEY, G. S.; HIGGINS, D. G. **Canadian forest fire statistic**. Ontario: Canadian Forestry Service, 1981. 315 p. (Information Report, 71). 1981.
- REIS, Geovany Heitor; MANSANARES, Mariana Esteves; DOMINGOS, Daniel Quedes; MEIRELES, Leonardo Dias; BERG, Eduardo van Den. Asteraceae dos Campos Rupestres das Serras da Bocaina e de Carrancas, Minas Gerais, Brasil. **Rodriguésia**, v. 66, n. 3, p. 829-845, 2015.
- REZENDE, José Luiz Pereira; ALVES, Rafael Guimarães; BORGES, Luís Antônio Coimbra; FONTES, Marco Aurélio Leite; ALVES, Luis Wagner Rodrigues. **Avaliação da gestão das UC do sistema estadual de áreas protegidas de Minas Gerais**. Geografias (UFMG), v. 06, p. 87-106, 2010.
- RIBEIRO, Luciene; SOARES, Ronaldo Viana; BATISTA, Antonio Carlos; SILVA, Ivan Crespo. Análise do perigo de incêndios florestais em um município da Amazônia Mato-grossense, Brasil. **Floresta**, v. 41, n. 2, p. 257-270, 2011.
- RODRIGUES, J. A.; LIBONATI, R.; PERES, L. F.; SETZER, A.; Mapeamento de áreas queimadas em unidades de conservação da região serrana do Rio de Janeiro utilizando o satélite Landsat-8 durante a seca de 2014. **Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ**, v. 41, n.1, p. 318-327, 2018.
- RODRÍGUEZ, Marcos Pedro Ramos; SOARES, Ronaldo Viana. Análisis comparativo entre los incêndios forestales en Monte Alegre, Brasil y Pinar del Río, Cuba. **Floresta**, Curitiba, v. 34, n. 2, p. 101-107, 2004.
- ROZA, Willian Samuel Santana da; RIBEIRO, Selma Regina Aranha. Detecção e estimativa de área queimada entre o limite do Parque Estadual de Vila Velha - PR e sua zona de amortecimento mediante sensoriamento remoto. **Sociedade e Território**, v. 25, n.1, p. 102-118, 2013.
- SANTANA, Nickolas Castro; CARVALHO, Osmar Abílio de; GOMES, Roberto Arnaldo Trancoso; GUIMARÃES, Renato Fontes. Accuracy and spatiotemporal distribution of fire in the Brazilian biomes from the MODIS burned-area products. **International Journal Of Wildland Fire**, p. 1-12, 2020.
- SANTOS, Juliana Ferreira. **Estatísticas de incêndios florestais em áreas protegidas no período de 1998 a 2002**. 2004. 76 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.
- SANTOS, Karla de Souza; SILVA, Dayane Dantas da; GUIMARÃES, Ricardo José de Paula Souza e. Análise multitemporal de focos de queimadas e variáveis climáticas, no estado do Pará. **Revista Geográfica Acadêmica**, v.14, n.1, p. 118-133, 2020.
- SCARANO, Fabio Rubio; CEOTTO, Paula. Brazilian Atlantic forest: impact, vulnerability, and adaptation to climate change. **Biodiversity and Conservation**, v. 24, n. 9, p. 2319-2331, 2015.
- SCOTT, Joe H.; BURGAN, Roberto E. Standard fire behavior fuel models: a comprehensive set for use with Rothermel's surface fire spread model. **Fort Collins: USDA Forest Service, Rocky Mountain Research Station**, 2005, 1 ed., 72 p.
- SEGER, Celso Darci; BATISTA, Antonio Carlos; TETTO, Alexandre França; SOARES, Ronaldo Viana; BIONDI, Daniela. Caracterização do material combustível fino da estepe gramíneo-lenhosa no estado do Paraná, Brasil. **Ciência Florestal**, v. 28, n. 2, p. 863, 2018.
- SILVERMAN, Bernard W. **Density estimation for statistics and data analysis**. 1. ed. London: School of Mathematics University of Bath, UK, 1986. 22p.
- SOARES, Ronaldo Viana. Perfil dos incêndios florestais no Brasil de 1984 a 1987. **Floresta**, v. 18, n. 1-2, p. 94-121, 1988.
- SOARES, Ronaldo Viana; BATISTA, Antonio Carlos; NUNES, José Renato Soares. **Incêndios florestais no Brasil: o estado da arte**. 1 ed. Curitiba: Produção Independente, 2009, 246 pg.
- TEBALDI, A.L.C.; FIEDLER, N.C.; SANT'ANNA, C.M.; MINETTE, L.J. **Controle de Incêndios Florestais: Contribuições para o Corredor Central da Mata Atlântica**. Cariacica, ES, IEMA, 2012. 156 p. 2012
- TORRES, Fillipe Tamiozzo Pereira; LIMA, Gumercindo Souza; COSTA, Aline das Graças; FÉLIX, Gleidson de Araújo; SILVA JÚNIOR, Milton Ribas da. Perfil dos incêndios florestais em unidades de conservação brasileiras no período de 2008 à 2012. **Floresta**, v. 46, n. 4, p. 531-542, 2016.
- TUCKER, Compton J. Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. **Remote Sensing of Environment**. v.8, n.2, p. 127-150, 1979.



XU, Yun; UHL, Dieter; ZHANG, Ning; ZHAO, Cunliang; QIN, Shenjun; LIANG, Handong; SUN, Yuzhuang. Evidence of widespread wildfires in coal seams from the Middle Jurassic of Northwest China and its impact on paleoclimate. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, p. 109819, 2020.