



UFOP

Universidade Federal
de Ouro Preto

UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO

ESCOLA DE MINAS

CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL



NATÁLIA LADEIRA MILAGRES

**ANÁLISE DE INCÊNDIOS FLORESTAIS NO PARQUE ESTADUAL DO
ITACOLOMI UTILIZANDO DADOS DE CAMPO E SENSORIAMENTO REMOTO**

TRABALHO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL

Ouro Preto, 2019

NATÁLIA LADEIRA MILAGRES

**ANÁLISE DE INCÊNDIOS FLORESTAIS NO PARQUE ESTADUAL DO
ITACOLOMI UTILIZANDO DADOS DE CAMPO E SENSORIAMENTO REMOTO**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Ouro Preto como parte dos requisitos para a obtenção do Grau de Engenheiro Ambiental.

Orientadora: Livia Cristina Pinto Dias

Ouro Preto, 2019

M637a Milagres, Natália Ladeira.
Análise de incêndios florestais no Parque Estadual do Itacolomi utilizando dados de campo e sensoriamento remoto [manuscrito] / Natália Ladeira Milagres. - 2019.

51f.: il.: color; grafs; tabs; mapas.

Orientadora: Profª. Drª. Lívia Cristina Pinto Dias.

Monografia (Graduação). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Departamento de Engenharia Ambiental.

1. Incêndios. 2. Unidades de Conservação. 3. Incêndios - Relatórios de ocorrência. 4. Sensoriamento Remoto. I. Dias, Lívia Cristina Pinto. II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU: 504

Catálogo: ficha.sisbin@ufop.edu.br

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E DO DESPORTO
Universidade Federal de Ouro Preto – Escola de Minas – Colegiado do Curso de
Engenharia Ambiental – CEAMB

Folha de Aprovação

NATÁLIA LADEIRA MILAGRES

ANÁLISE DE INCÊNDIOS FLORESTAIS NO PARQUE ESTADUAL DO ITACOLOMI
UTILIZANDO DADOS DE CAMPO E SENSORIAMENTO REMOTO.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em (12/07/2019) pela
comissão avaliadora constituída pelos professores:



Livia Cristina Pinte Dias – DEAMB/UFOP



Ana Beatriz dos Santos - UFV



Rômulo Reis Pereira - Prefeitura de Mariana, MG

“Não é a mais forte nem a mais inteligente das espécies que sobrevive,
mas a que melhor se adapta e responde às mudanças”.

Charles Darwin

AGRADECIMENTOS

Dedico este trabalho em primeiro lugar a Deus, que me deu saúde e forças para superar todos os momentos difíceis a que eu me deparei ao longo da minha graduação.

Ao meu pai José Fernando Milagres, minha mãe Nilza Aparecida Ladeira Milagres e meus irmãos por serem essenciais na minha vida.

À toda minha família pelo apoio e incentivo.

Aos meus amigos, Clovis, Juliane, Isabela, Thacio, Thiago, Deiverson, Leticia Helena, Isabela (Preocupada), Giovanna, Ana, Majda, Dani, em especial a Jessica, Lucas, por sempre me apoiarem e por toda ajuda, sem eles não teria conseguido. E os demais colegas da graduação, pela ajuda, paciência, confiança, companheirismo e por me incentivarem a ser uma pessoa melhor e não desistir dos meus sonhos.

A República Lua Azul, que se tornou meu lar, as Lunáticas por todo amor, acolhimento, amizade, por se tornar minha segunda família sou eternamente grata.

Agradeço também ao Fernando Moreira, Rômulo e Tamires, Deiverson e Júlio Cesar da Cruz, Nayara e Jullia Caliman (Manivela) por possibilitar a execução deste trabalho, sem a ajuda deles não teria conseguido, vou ser sempre grata a todos vocês.

À minha orientadora, Prof. Dra. Livia por todo apoio e paciência ao longo da elaboração do meu projeto final, que se tornou uma grande amiga e conselheira.

Ao Prof. Dr. Aníbal e Thaisa pela amizade, paciência, apoio, orientação, sem a confiança e ajuda deles não conseguiria seguir em frente.

Ao Rodrigo Belo, pelo fornecimento dos dados e também pelo apoio ao estudo.

A UFOP , em especial Escola de Minas, que abriga alunos de diferentes realidades e os ajuda a melhorar sua condição de vida

Sendo assim, dedico este trabalho a todos que fizeram parte desta etapa da minha vida.

RESUMO

A presente pesquisa teve como objetivo analisar a ocorrência de incêndios florestais no Parque Estadual do Itacolomi, situado no município de Ouro Preto-MG, entre os anos de 2012 e 2017. A partir dos dados coletados nos Relatórios de Ocorrência de Incêndios da Unidade de Conservação e entrevistas aos brigadistas, analisou-se as causas e a frequência de ocorrência de incêndios florestais, as áreas queimadas anualmente, os locais e períodos de incidência, o trabalho de prevenção e combate desenvolvido pelos brigadistas. Também foram utilizados dados de focos de calor, obtidas pelo sensor MODIS MOD14A1, e cicatriz de área queimada (produto MODIS MCD64A1) a fim de conduzir uma comparação das datas e extensão dos incêndios em campo e de sensoriamento remoto e dados do sensor MODIS MOD13A2 para obtenção dos valores do índice NDVI em datas anteriores aos eventos de incêndios a fim de verificar se esse índice poderia prever sobre a disponibilidade de combustível. Destaca-se que o ano 2017 obteve a maior incidência de incêndio nesta área, sendo registrados 19 casos. As principais causas dos incêndios foram “ação antrópica” em 39,02% das ocorrências. Os meses com maior número de incêndios foram agosto e setembro e o tipo de vegetação que mais sofreu influência foi a Floresta Estacional Semidecidual com 23 focos de incêndios. A partir da análise dos gastos é possível estimar uma média de R\$359,89 por hectare queimado - valor que pode ser poupado através de ações preventivas. O uso dos produtos MODIS auxilia nas ocorrências com fornecimento de dados, mas nem sempre é eficaz, provavelmente pela resolução espacial. Os sensores MOD14A1 e MCD64A parecem ter detectado os dias em que os incêndios foram maiores e com temperatura do fogo mais alta. O NDVI variou ao longo do tempo, mas não foi possível identificar um padrão que indique suscetibilidade a incêndio. Este estudo mostra a fragilidade do parque, diante dos incêndios. Dentro deste contexto é de suma importância que sejam adotadas medidas de prevenção de incêndio no parque e com os Brigadistas que visem à redução dos sinistros na área.

Palavras chave: Incêndio; Unidades de Conservação; Relatórios de Ocorrência de Incêndio; Sensoriamento Remoto.

ABSTRACT

The present study had the objective of analyzing the occurrence of forest fires in the Itacolomi State Park, located in the municipality of Ouro Preto, MG, between the years of 2012 and 2017. Based on the data collected in the Reports of Fire Occurrence and interviews with the members of fire brigade, the causes and frequency of occurrence of forest fires, the areas burned annually, the places and periods of incidence, the prevention and combat work developed by the members of fire brigade were analyzed. We also used maps of focus of fire heats obtained by MODIS MOD14A1 sensor and burned area scar (MODIS product MCD64A) in order to conduct a comparison of dates and extent of field fires and remote sensing, and MODIS MOD13A2 sensor data to obtain NDVI index values on dates prior to fire events in order to verify if this index could predict the availability of fuel. It should be noted that the year 2017 had the highest incidence of fire in this area, with 19 cases recorded. The main causes of the fires were "anthropic action" in 39.02% of the occurrences. The months with the highest number of fires were in August and September, and the type of vegetation that most suffered influence was the Semidecidual Seasonal Forest with 23 fires occurrences. From the analysis of expenditures, it is possible to estimate an average of R \$ 359.89 per burned hectare - value that can be saved through preventive actions. The use of MODIS products assists in occurrences with data provision, but not always and effectively, probably by spatial resolution. The MOD14A1 and MCD64A sensors seem to have detected the days when the fires were larger and with a higher fire temperature. NDVI varied over time, but it was not possible to identify a pattern indicating fire susceptibility. This study shows the fragility of the park, in front of the fires. Within this context, it is of the utmost importance that preventive measures be taken in the park and with the members of fire brigade aiming at the reduction of accidents in the area.

Keywords: Fire; Conservation units; Reports of Fire Occurrence; Remote sensing.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Série histórica do NDVI médio da área (excluídos dados com mais de 2/3 do Parque com nuvens) e datas dos eventos de incêndios no período dentre 2012 e 2017.....	20
Figura 2 - Refletância espectral característica das plantas verdes.....	21
Figura 3 - A litografia de Honoré Daumier, mostrando Nadar fotografando Paris de um balão.	22
Figura 4 - Parque Estadual do Itacolomi – a) Cerrado, b) Campo rupestre, c) Floresta estacional semidecidual montana.	29
Figura 5 - Série histórica do NDVI médio da área (já excluídos dados de dias com nuvens) e datas dos eventos de incêndios no período dentre 2012 e 2017.....	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Horário dos eventos de incêndio no interior e no entorno do Parque Estadual do Itacolomi	33
Tabela 2 - Extensão de área queimada no Parque Estadual do Itacolomi	33
Tabela 3 - Prováveis Causas dos Incêndios Florestais no interior e no entorno do Parque Estadual do Itacolomi	34
Tabela 4 - Formas de Detecção de Incêndios	35
Tabela 5 - Gastos (em R\$) com o Previncêndio no Parque Estadual do Itacolomi discriminado por gasto e por ano.....	36
Tabela 6 - Data e coordenadas geográficas do local de identificação do foco de incêndio. Datas marcadas com asterisco representam datas em que os eventos de incêndios ocorreram dentro dos limites do parque. Datas marcadas com tarja cinza correspondem àquelas cujo foco de calor foi detectado pelo sensor MODIS 14A1 a bordo da plataforma Terra.	37
Tabela 7 - NDVI médio no Parque Estadual do Itacolomi antes dos eventos de incêndio	43

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

EPI – Equipamento de Proteção Individual

ICMbio – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade

IEF – Instituto Estadual de Florestas

IAF – Índice de área foliar

PREVINCÊNDIO – Programa de Prevenção e Combate a Incêndios Florestais

PNMA – Política Nacional de Meio Ambiente

REM – Radiação eletromagnética

ROI – Relatório de Ocorrência de Incêndio Florestal

SIGs – Sistemas de Informações Geográficas

SNUC – Sistema Nacional de Unidades de Conservação

UICN – União Mundial para a Conservação da Natureza

UCs – Unidades de Conservação

ZA – Zona de Amortecimento

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2. OBJETIVO	13
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
3.1. Áreas especialmente protegidas no Brasil	14
3.2. Fogo em espaços territoriais especialmente protegidos	15
3.3. Sensoriamento Remoto: Princípios Básicos	18
3.4. NDVI (Índice da Diferença Normalizada)	23
4. METODOLOGIA.....	27
4.1. Área de estudo.....	27
4.2. Aquisição e análise de dados.....	30
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
5.1. Número de ocorrências de incêndios.....	31
5.2. Épocas e Horários das ocorrências.....	32
5.3. Extensão da área queimada	33
5.4. Prováveis causas.....	34
5.5. Dados de detecção e combate	34
5.6. Gastos efetuados.....	36
5.7. Localização do início do incêndio e danos	37
5.8. Comparação dos dados de sensoriamento remoto e de campo.....	41
5.9. Análise do verdor da vegetação antes do evento de incêndio	42
6. CONCLUSÕES.....	45
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47

1. INTRODUÇÃO

A Lei n.º 9.985 de 18 de julho de 2000 instituiu o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), que tem como objetivo básico a preservação de ecossistemas naturais de grande relevância ecológica e beleza cênica, possibilitando a realização de pesquisas científicas, o desenvolvimento de atividades de educação e interpretação ambiental, recreação em contato com a natureza e o turismo ecológico (ICMBIO, 2009). Nessa lei é definido que as Unidades de Conservação (UCs) são espaços territoriais, e que seus recursos ambientais tem características naturais relevantes, sendo que esses espaços devem ter limites definidos para que possam ser garantidas condições adequadas de proteção.

As UCs podem ser divididas em proteção integral ou uso sustentável. As UCs de proteção integral têm como objetivo, segundo o Art. 2º da Lei nº 9.985/2000, a “manutenção dos ecossistemas livres de alterações causadas por interferência humana, admitido apenas o uso indireto dos seus atributos naturais”. Essas UCs podem ser classificadas como: estação ecológica, reserva biológica, parque nacional, monumento natural e refúgio da vida silvestre.

Já as UCs de uso sustentável têm como objetivo a “exploração do ambiente de maneira a garantir a perenidade dos recursos ambientais renováveis e dos processos ecológicos, mantendo a biodiversidade e os demais atributos ecológicos, de forma socialmente justa e economicamente viável”. Essas UCs podem ser classificadas como: áreas de proteção ambiental, áreas de relevante interesse ecológico, florestas nacionais, reservas extrativistas, reservas de fauna, reservas de desenvolvimento sustentável e reservas particulares do patrimônio natural (Lei nº 9.985/2000).

De 1976 até a década de 1990, o Brasil fez um grande investimento em parques e outras unidades de conservação federais, estaduais, municipais e privadas (MITTERMEIER *et al.*, 2005), o que contribuiu para uma conservação mais integrada da natureza. No entanto, apesar do estabelecimento de UCs ser um dos principais mecanismos para a conservação da biodiversidade (FERREIRA *et al.*, 2006), os incêndios florestais ainda ameaçam grandes áreas nas UCs brasileiras (IBAMA, 2002).

Nas savanas, o fogo natural é considerado um distúrbio fundamental. Uma reincidência média de 2 a 5 anos de incêndios já é suficiente para manter uma fitofisionomia aberta que são típicas mesmo em áreas climaticamente compatíveis com florestas tropicais estacionais (MIRANDA *et al.*, 2002). No entanto, os incêndios florestais, que são definidos como o fogo sem controle que incide sobre qualquer forma de vegetação, geram diversos prejuízos econômicos, paisagísticos e ecológicos.

Os prejuízos econômicos incluem desde os gastos para a contenção do incêndio até os prejuízos pela perda de cercas. Os incêndios florestais também podem provocar prejuízos importantes aos recursos hídricos, à qualidade do ar, à fauna e flora, perda da qualidade do solo, dentre outros. A queimada tende a gerar temperaturas extremamente altas que são prejudiciais à flora e à fauna (KLINK; MOREIRA, 2002). Além disso, o incêndio florestal libera para a atmosfera dióxido de carbono (CO₂) e outros gases causadores do efeito estufa (KRUG *et al.*, 2002). E não poderia deixar de ser citado o prejuízo humano, que ocorre com perda de vidas.

A ocorrência de incêndios é controlada diretamente por três fatores: disponibilidade, flamabilidade do combustível e um fator de ignição (WHELAN, 1995). A disponibilidade do combustível é verificada pela quantidade de serapilheira disponível, bem como da quantidade de biomassa disponível. A flamabilidade está relacionada pela umidade, temos como exemplo em muitos artigos, a umidade na serapilheira, que é uma variável de difícil verificação, a umidade relativa do ar ou duração da estação seca são também considerados como bons indicadores da flamabilidade. Já o fator de ignição pode ser verificado pela ocorrência de descargas elétricas do tipo nuvem-solo (para o caso de fogo natural; BOWMAN, 2005).

O período de transição da estação seca para a chuvosa, quando há bastante combustível inflamável (folhas mortas secas) é quando há grandes quantidades de raios (eventos de precipitação convectiva que indicam o início da estação chuvosa), sendo assim é quando os três fatores contribuem para ocorrência de incêndios naturais (BOWMAN, 2005).

Diante das perdas anuais decorrentes do fogo, há a necessidade de mobilização de equipamentos e pessoal para o combate. No Brasil, inicialmente os incêndios florestais eram combatidos principalmente por voluntários, bombeiros, militares e funcionários de UCs. A partir da década de 1990, foram formados os primeiros brigadistas civis de combate aos incêndios florestais, com treinamento e equipamentos baseados em modelos dos Estados Unidos, Canadá, Chile e outros países (MEDEIROS; FIEDLER, 2004).

O planejamento, prevenção e combate aos incêndios florestais em uma UC são fundamentais, e dependem do conhecimento de variáveis como o levantamento das causas, da frequência e das consequências do fogo em uma determinada área. Assim, um dos principais fundamentos para proteger as UCs é a pesquisa sobre os padrões históricos de incêndios florestais no seu interior e entorno (MATOS, 2004). A necessidade de avançar continuamente no controle às queimadas em ambientes naturais fomenta a produção de tecnologias que possibilitam monitorar suas ocorrências no planeta. Com isso o Sensoriamento Remoto surge

como uma alternativa de tecnologia para monitorar queimadas. Análises geradas em Sistemas de Informações Geográficas com dados derivados de Sensoriamento Remoto propiciam uma ampla visão sobre padrões das queimadas em diferentes escalas, permitindo estudar as interações do fogo com as relações culturais e socioambientais.

Neste contexto, o presente trabalho buscou analisar o perfil das ocorrências de incêndio na região de Ouro Preto - Minas Gerais, no Parque Estadual do Itacolomi, no período de 2012 a 2017, bem como avaliar a possibilidade de utilização de dados de sensoriamento remoto para identificação dos focos de calor na região. Parques estaduais são unidades de conservação pertencentes a mesma categoria do “Parque Nacional” no SNUC, porém criada na esfera administrativa estadual. A base desse trabalho foi a análise dos Relatórios de Ocorrência de Incêndios (ROI) de forma semelhante ao Machado-Neto (2017). Esses dados de campo poderão dar apoio para futuros trabalhos mais focados no sensoriamento remoto.

2. OBJETIVO

2.1. Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo analisar o perfil dos incêndios florestais no Parque Estadual do Itacolomi, na região de Ouro Preto e Mariana – Minas Gerais no período de 2012 a 2017.

2.2 Objetivos Específicos

- Analisar o número de ocorrências de incêndios no Parque Estadual do Itacolomi, a extensão das áreas queimadas, época de ocorrência dos incêndios florestais, vegetação que foi mais afetada, causas, segundo dados dos Relatórios de Ocorrências de Incêndios (ROI) no período de 2012 a 2017;
- Verificar uma possível compatibilização entre as datas com focos e incêndio e áreas queimadas identificadas pelo produto MOD14A1 e MCD64A1 versão 6 do sensor MODIS a bordo da Plataforma Terra e os dados de campo dos registros de incêndios no período de estudo;
- Verificar os valores do índice NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) para datas anteriores aos eventos de incêndio a fim de conduzir uma exploração que possa relacionar esse índice e a ocorrência de incêndios.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Áreas especialmente protegidas no Brasil

O fortalecimento do ambientalismo teve início no século XX com a realização de conferências internacionais para tratar da questão ambiental, a formulação de teorias que vão desde a previsão de catástrofes relacionadas à utilização dos recursos naturais até o ecodesenvolvimento e o desenvolvimento sustentável e multiplicação do número de áreas protegidas (PEREIRA; SCARDUA, 2008). Todos esses fatos tiveram repercussão também nacionalmente e contribuíram para a formação do ambientalismo e do direito ambiental brasileiros.

As áreas protegidas são “espaços territorialmente cuja principal função é a conservação ou a preservação de recursos, naturais ou culturais, a elas associados” (MEDEIROS, 2003).

No entanto, o processo crescente da degradação ambiental no mundo e a pressão de organismos internacionais fizeram com que medidas de controle fossem tomadas e os instrumentos de gestão ambiental no Brasil começaram a se tornar realidade antes da promulgação da Constituição Federal de 1988. Devido à importância das áreas protegidas, o Art. 255 inc. III da Constituição da República Federativa do Brasil de 1988 assegura que incumbe ao Poder Público o dever de definir espaços territoriais a serem especialmente protegidos, sendo a alteração e supressão permitidas somente por meio da lei.

Em 1981, foi instituída a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA) – Lei nº 6.938/81 – que prevê que os instrumentos de gestão ambiental são considerados os mecanismos utilizados pela administração pública com o intuito de alcançar os objetivos da política ambiental (BRASIL, 1981). A Lei nº 7.804 de 1989 acrescentou ao Art. 9 da Lei nº 6.938/81 que, entre os instrumentos da PNMA, está a “criação de espaços territoriais especialmente protegidos pelo Poder Público federal, estadual e municipal, tais como áreas de proteção ambiental, de relevante interesse ecológico e reservas extrativistas”.

Apesar dessas legislações da década de 1980, as UCs iniciaram sua consolidação somente no final do século XX com a Lei Federal nº 9.985/2000, que institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação – SNUC (PEREIRA; SCARDUA, 2008). De acordo com o Art nº 2 inc. I da Lei 9.985/200, Unidade de Conservação é o "espaço territorial e seus

recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituído pelo Poder Público com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção". O SNUC prevê ainda que as UCs dividem-se em dois grupos com características específicas: as unidades de proteção integral e as unidades de uso sustentável.

A fim de abranger UCs criadas antes do ano 2000, o SNUC previu em seu Art. nº 55 que "as unidades de conservação e áreas protegidas criadas com base nas legislações anteriores e que não pertençam às categorias previstas nesta lei serão reavaliadas (...) com o objetivo de definir sua destinação com base na categoria e função para as quais foram criadas". Assim, o SNUC abrange e protege também parques como o Parque Nacional de Itatiaia, que foi o primeiro parque do país, criado em 1937 nas montanhas da Mata Atlântica do estado do Rio de Janeiro (Decreto 23.793, de 23 de janeiro de 1934).

Em 2012, foi publicada a Lei Federal nº 12.651/12 (Conhecido como Novo Código Florestal), que regulamenta a proteção da vegetação nativa e revoga a Lei Federal nº 4.771/65. A publicação desta lei, apesar de ter gerado grande polêmica durante a votação nas casas do Legislativo (Câmara e Senado Federal), atinge um nível de detalhamento que fortalece o conceito de produção econômica sustentável rumo à gestão territorial integrada, valorizando o capital social presente em diferentes realidades (VIEIRA; BECKER, 2010). A Lei Federal nº 12.651/2012 complementa a Lei Federal nº 9.985/2000 ao proteger também áreas de vegetação em propriedades privadas na forma de áreas de preservação permanente e reserva legal.

Segundo Camargos (2001), o Estado de Minas Gerais possui 183 UCs, o que equivale a uma superfície de 2.096.648 ha, ou 3,56% do território mineiro. As unidades de conservação segundo o autor, são destinadas à proteção integral, possuem características como a proibição de coleta ou consumo direto dos recursos, cobrem 0,95% do território estadual ou 560.695 ha, distribuídos em diversas categorias de manejo, sendo 8 estações ecológicas (8.311 ha), 12 reservas biológicas (17.430 ha) e 55 parques (483.634 ha) (CAMARGOS, 2001).

3.2. Fogo em espaços territoriais especialmente protegidos

A ocorrência de fogo é um fenômeno antigo e é considerado um elemento comum nas fitofisionomias de Cerrado, pois diversas espécies de plantas apresentam adaptações

morfológicas ao fogo, como cascas grossas e órgãos subterrâneos (MIRANDA *et al.*, 2009). Porém, embora o bioma seja relativamente adaptado ao fogo, a ocorrência de queimadas frequentes pode afetar negativamente o estabelecimento de árvores e arbustos (HOFFMANN; MOREIRA 2002).

Estudos sugerem que o intervalo de uma nova ocorrência de fogo no Cerrado pode variar de 1 a 4 anos, porém, pouco se conhece a respeito da frequência natural de queimadas no Cerrado (COUTINHO, 1990). A vegetação do Cerrado pode se tornar mais aberta e dominada por gramíneas devido a elevada frequência de queimadas (KEELEY; RUNDEL, 2005). A estrutura da vegetação se modifica pela alta frequência de incêndios, que altera o funcionamento de serviços ecológicos.

A ocorrência e propagação dos incêndios florestais estão fortemente associadas às condições climáticas ou fatores climáticos. A intensidade de um incêndio e a velocidade com que ele avança está diretamente ligada à umidade relativa, temperatura do ar e velocidade do vento (HEIKKILÄ *et al.*, 1993). A utilização de informações meteorológicas e climatológicas precisas é de grande importância para o planejamento de prevenção e combate aos incêndios florestais (BATISTA, 1990).

A ação do fogo pode provocar direta ou indiretamente grandes alterações no solo e na vegetação e, por isso, isso surgiu uma necessidade de elaborar medidas para combater o risco de incêndios e segundo o autor as UCs surgiram com esse propósito (SANTOS, 2004). Os dados mais frequentes para programas de prevenção são: as causas dos incêndios; a época, o local de ocorrência e a extensão da área queimada (SANTOS, 2004).

As causas dos incêndios florestais nas UCs no Brasil têm sido principalmente devido ao uso incorreto do fogo para renovação de pastagens e limpeza de restos de cultura nas propriedades vizinhas. São também causas frequentes a ação de incendiários, caçadores, pescadores e soltura de balões (MEDEIROS, 2002).

A ocorrência de incêndios em Unidades de Conservação é considerada uma grave ameaça em ecossistemas sensíveis ao fogo, colocando em risco animais e comprometendo a manutenção de populações de algumas espécies. Por isso, a culpa pelos danos decorrentes de incêndios florestais recai, de acordo com a Constituição da República Federativa do Brasil de 1988, aos responsáveis pela degradação ao meio ambiente, que serão responsabilizados nas esferas penal, administrativa e civil. A Lei dos Crimes Ambientais também prevê tipos penais para condutas que causam danos diretos em Unidades de Conservação e a provocação de fogo

em mata ou floresta, que estão descritos nos seus Art. nº 40 e 41, respectivamente. A pena para o delito ambiental de provocar incêndios em mata ou floresta é de reclusão de dois a quatro anos e multa (Lei de Crimes Ambientais, Lei Federal n. 9605/1998).

Quando um pequeno foco não é controlado imediatamente, o incêndio é estabelecido e seu combate é dificultado por vários fatores, como: tamanho do fragmento, falta de recursos próprios de combate e demora para detecção, falta de acessos adequados. Assim, a utilização de técnicas de prevenção de incêndios, bem como a realização de um planejamento estratégico de combate, são alternativas importantes para redução da ocorrência de incêndios.

Com o objetivo de promover ações de prevenção e combate a incêndios florestais durante o período crítico e com vistas a proteger as UCs estaduais e seu entorno, o Governo do Estado de Minas Gerais criou a Força Tarefa de Prevenção de Incêndios Florestais (FTP), instituída no âmbito do Programa de Prevenção e Combate a Incêndios Florestais – Previncêndio – criado pelo Decreto nº 44.043, de 09 de junho de 2005 e alterado pelo Decreto 45.960 de 2 de maio de 2012. Também é objetivo da Força Tarefa estar “permanentemente em condições de pronto emprego para desenvolver e apoiar as atividades de prevenção e combate durante o período crítico, nas unidades estaduais; o monitoramento, previsão climática e avaliação *in loco* para identificação das áreas de maior risco; e coordenar ações de fiscalização e apoiar as de prevenção a incêndios florestais” (MINAS GERAIS, 2012).

No ano de 2015, a FTP aprovou a Instrução de Serviço nº 01/2015, que dispõe sobre os procedimentos e critérios de priorização dos processos administrativos de incêndio florestal em unidades de conservação estaduais, medida imprescindível aos trabalhos de prevenção e responsabilização dos envolvidos em incêndios florestais.

O planejamento é fundamental no processo de combate aos incêndios florestais, para que o fogo seja controlado, no menor tempo possível, com segurança, menor custo e menor área queimada, minimizando os efeitos sobre os componentes do ecossistema atingido.

O risco de incêndios pode ser entendido como o risco potencial de início e propagação de incêndios florestais, podendo ser avaliado através dos diversos índices de risco, observando principalmente fatores meteorológicos como pluviosidade, umidade relativa, vento e temperatura do ar. Estes índices são adaptados de acordo com as regiões de interesse e vêm sendo utilizados amplamente por equipes de combate a incêndios, com objetivo de prevenção na implementação de ações para reduzir causas dos incêndios e os riscos de propagação do fogo.

O mapeamento é uma forma de prevenção e de ações de combate, que tem como objetivo a identificação de áreas com riscos diferenciados em uma determinada região de trabalho, usando fatores como uso da terra, relevo, características das florestas, dados meteorológicos. Esses dados são analisados de acordo com a sua distribuição espacial na área (VETTORAZZI; FERRAZ, 1998). O mapeamento de risco de incêndios em fragmentos florestais pode ser realizado basicamente em duas escalas: regional e local. Em escala regional, como o próprio nome indica, a área de trabalho é uma região englobando vários fragmentos, podendo ser um município, uma bacia hidrográfica ou outra unidade de trabalho. Em escala local, o foco de atenção são fragmentos individuais, selecionados pelo seu grau de importância.

Nesse sentido, os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) podem ser utilizados para geração de mapas estratégicos de combate, com a localização de estradas, corpos d'água, núcleos urbanos e também na obtenção de mapas de risco de incêndios, ou seja, mapas que mostrem regiões com maiores ou menores probabilidades de ocorrência de incêndios, segundo o autor. Com as informações oferecidas pelos mapas de risco, medidas preventivas podem ser tomadas, como: maior vigilância nas áreas de risco, restrição do acesso aos locais de risco, construção de aceiros preventivos e reorganização das atividades realizadas nas proximidades. Os mapas de risco de incêndios auxiliam também no planejamento de combate, como por exemplo, na alocação de recursos em pontos estratégicos (FLORENZANO, 2007).

O Sensoriamento Remoto possibilita a caracterização de ocorrências dos focos de calor, além da medição da área e da biomassa efetivamente afetadas pelo fogo, fornecendo importantes contribuições para estudos sobre esta temática, relacionando estes temas ao meio ambiente, e aos seus efeitos ecológicos, climáticos e na química da atmosfera (FLORENZANO, 2007).

3.3. Sensoriamento Remoto: Princípios Básicos

Lillesand e Kiefer (1994) afirmam que sensoriamento remoto é a ciência e a arte de obter informações sobre um objeto, área ou fenômeno através da análise de dados obtidos por um aparelho que não esteja em contato com o objeto, área ou fenômeno sob investigação. Os sensores utilizados podem ser divididos em duas categorias: passivos ou ativos.

O sensoriamento remoto passivo, que será o foco desse trabalho, é baseado na aquisição de informações armazenadas pelos sensores, que captam a energia eletromagnética refletida ou irradiada por um objeto. Os sensores registram a radiação solar refletida ou radiação termal emitida e não possuem fonte própria de energia eletromagnética, são exemplos os radiômetros e espectroradiômetros, os sensores multiespectrais a bordo de diversos satélites como o *Operational Land Imager* (OLI) a bordo do satélite Landsat 8 e a *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS) a bordo dos satélites TERRA e AQUA. O sensoriamento remoto passivo tem enorme vocação para a aplicação em estudos de vegetação, principalmente porque as folhas têm um comportamento espectral bem definido nas faixas do visível (VIS) do infravermelho próximo (NIR) e ondas curtas (SWIR) (RIBEIRO DE ALMEIDA, 1999).

Já os sensores ativos proporcionam uma fonte própria de energia eletromagnética. Esses sensores emitem energia eletromagnética para os objetos terrestres a serem imageados e detectam parte desta energia que é refletida. É possível citar como sensores ativos os radares, sonares, sensores ativos de dossel, LiDAR e qualquer câmara fotográfica com flash.

Jacinto (2003) argumenta que o homem se utiliza do sensoriamento remoto passivo desde os primórdios da espécie, já que seu sistema visual atua na faixa de comprimentos de onda do visível. Porém a utilização de sensores para aquisição de informações sobre a interação da radiação eletromagnética com os diversos materiais da superfície é recente. Assim, para compreender como ocorre o processo de aquisição e análise de imagens, é preciso primeiro saber o que é a radiação eletromagnética – REM.

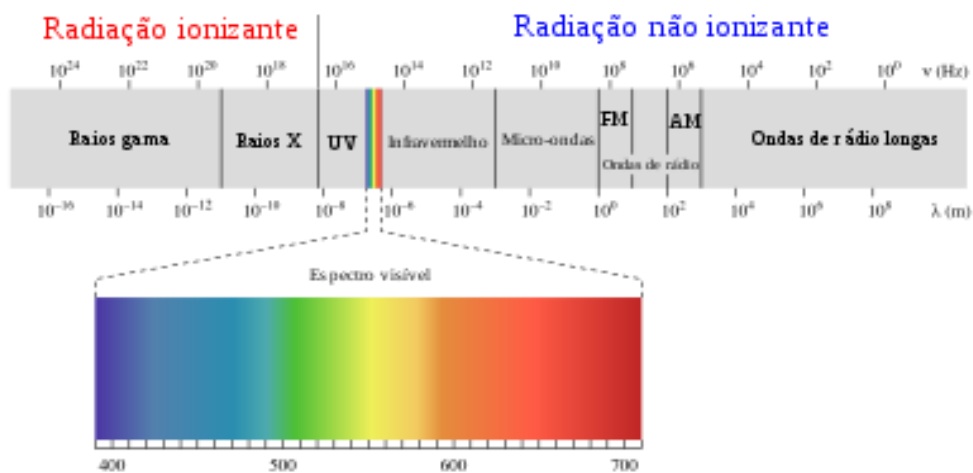
A REM está presente constantemente entre nós e não percebemos sua existência. A REM é definida como ondas produzidas pela oscilação ou aceleração de uma carga elétrica. Essas ondas não necessitam de um meio material para propagar-se e se deslocam no vácuo a uma velocidade de $c = 299.792 \text{ km/s}$. A REM apresenta propriedades típicas do movimento ondulatório, como a difração e a interferência. O comprimento de onda (λ) e a frequência (f) das ondas eletromagnéticas, sintetizados na expressão $\lambda \cdot f = c$ (sendo $c = 300.000 \text{ km/s}$, onde “c” é a velocidade da luz), são importantes para determinar sua energia, sua velocidade e seu poder de penetração.

Todo corpo com uma temperatura absoluta igual a zero pode ser considerado como uma fonte de energia eletromagnética. As suas duas principais fontes naturais de energia eletromagnética utilizadas no sensoriamento remoto da superfície terrestre é o Sol e a própria

Terra. O Sol é considerado como fonte de energia eletromagnética e fonte de iluminação já que os sensores detectam a energia refletida pelos objetos terrestres. Quando a Terra atua como fonte de energia eletromagnética, o sensoriamento remoto é realizado na faixa do espectro termal (MORAES, 2002).

A energia eletromagnética pode ser ordenada de maneira contínua em função de seu comprimento de onda ou de sua frequência, formando o espectro eletromagnético. O espectro eletromagnético, por ordem decrescente de frequência, é composto por raios gama, raios X ‘duros’ e ‘moles’, radiação ultravioleta, luz visível, raios infravermelhos, micro-ondas e ondas de rádio (MORAES, 2002) (Figura 1).

Figura 1 - O espectro eletromagnético



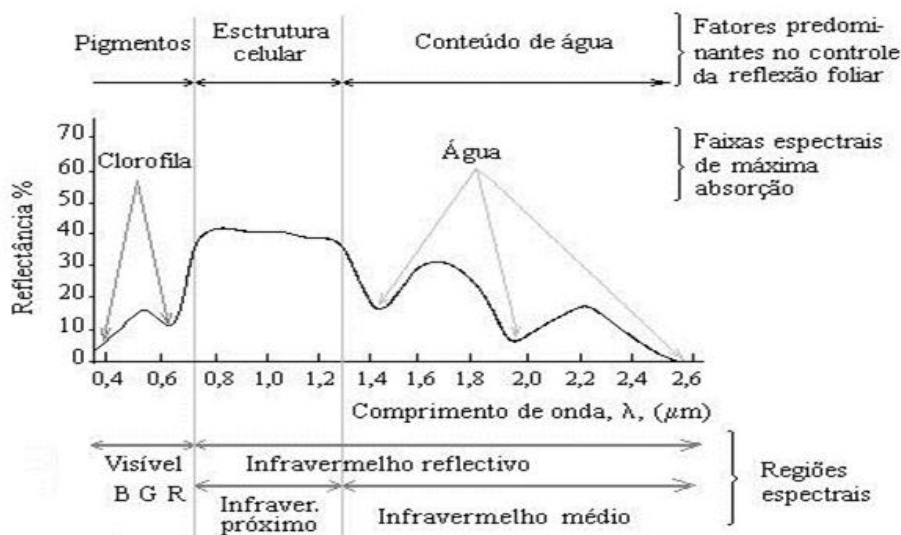
Fonte: WIKIPÉDIA, A ENCICLOPÉDIA LIVRE

As variações de refletância espectral da radiação eletromagnética têm suas causas condicionantes já bastante conhecidas para a vegetação como a faixa do visível, faixa do infravermelho próximo e faixa do infravermelho médio (Figura 2). Uma vez que este trabalho irá tratar da condição da vegetação, essa informação torna-se importante de ser citada.

Na faixa do visível, a pigmentação das folhas é o fator dominante, sendo a maior parte da radiação absorvida e a restante refletida. A pigmentação de mais alta influência é a clorofila, porém outros pigmentos como xantofila, caroteno e a antocianina (pigmento vermelho, absorção do azul e verde) têm também alguma influência. Portanto, percebemos quando a folha envelhece, há diminuição de clorofila, a predominância de xantofila e caroteno

dá a coloração amarelada e, com isso, se houver predominância de antocianina a folha ficará avermelhada (MORAES, 2002).

Figura 2 - Refletância espectral característica das plantas verdes.



Fonte: Carlos Alberto Steffen - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

Na faixa do infravermelho próximo, a estrutura da parede celular interna das folhas controla o nível de reflexão destas radiações eletromagnéticas. Aproximadamente, metade da radiação incidente é refletida, outra metade é transmitida e muito pouco absorvida. Nessa faixa, há um aumento notável na reflexão, pois as folhas absorvem muito pouco destes comprimentos de onda. Já a faixa do infravermelho médio, o teor de umidade existente nas células da folha, controla a intensidade da refletância nesta faixa de Radiações Eletromagnéticas, absorvendo grande parte da radiação incidente.

A história da fotogrametria começou com a fotogrametria terrestre simples. Em seguida, passou pela fotogrametria terrestre estereoscópica e, nas versões aéreas, usou como plataformas pombos e balões antes da invenção do avião, a qual se adaptou rapidamente. Nada disso seria possível sem a invenção da máquina fotográfica (SILVA 2015).

A fotografia surgiu na década de 1830, revolucionando as artes visuais. Rapidamente a câmera obscura tornou-se acessório básico também para pintores e desenhistas, inclusive para o gênio das artes plásticas Leonardo da Vinci (1452-1519), que fez uso dessa ferramenta e deixou dela uma descrição minuciosa em seu livro de notas sobre os espelhos, publicado muito depois de sua morte, em 1797 (OLIVEIRA, 2006).

Em 1855, Gaspard Felix Tournachon (1820-1910), conhecido mais como “Nadar”, que sobrevoava Paris a bordo de um balão, à altura de 365 m patenteou a ideia de usar fotografias aéreas para mapeamento (Figura 3, LILLESAND; KIEFER, 1994). Porém, só em 1858, usando um balão a 80 m de altura, obteve-se as primeiras fotografias aéreas inclinadas de Petit-Bicêtre, próximo a Paris (SLAMA, 1980).

Figura 3 - A litografia de Honoré Daumier, mostrando Nadar fotografando Paris de um balão.



Fonte: Título "Nadar elevando a fotografia à altura da Arte", publicada em Le Boulevard, 25 Maio de 1863. Autor :Daniel Carneiro da Silva

Quase um século depois, durante a Primeira e a Segunda Guerras Mundiais e durante a guerra fria entre os EUA e a antiga URSS, aconteceu o desenvolvimento da aerofotogrametria. Foi a partir do desenvolvimento dos satélites espiões que se teve origem o sensoriamento remoto orbital, com a incorporação de sofisticados sensores de imageamento em plataformas orbitais e aéreas. O lançamento do ERTS-1 (*Earth Resources Technology Satellite*, posteriormente rebatizado com o nome LANDSAT 1) pelos Estados Unidos da América ocorreu em 1972 tinha como objetivo fazer pesquisas agrícolas, mas rapidamente o interesse se estendeu à geologia e ao uso e ocupação do solo (JACINTHO, 2003).

Desde então, o avanço tecnológico proporcionou uma série de ferramentas que podem ser utilizadas em vários setores. Existem hoje sensores de altas resoluções espacial e espectral,

como, por exemplo, o satélite Ikonos, lançado em 1999, e que produz imagens com resolução espacial de até 1 m e o Hyperion com 224 bandas entre 350 e 2500 nm (JACINTHO, 2003).

Segundo Ferreira *et al.* (2008), o primeiro grande levantamento sistemático da cobertura vegetal no Brasil remonta à década de 1970, quando, com o intuito de conhecer principalmente a cartografia, a vegetação, a geologia e a natureza dos solos da Amazônia e do Nordeste brasileiros, teve início o Projeto Radam (junho de 1971), baseado em um método pouco convencional à época: o mapeamento por radar de visada lateral (*Side-Looking Airborne Radar* – SLAR). Ao longo da última década, devido ao aumento no controle do desmatamento e na incidência de grandes incêndios descontrolados (que tem ocorrido em todos os continentes), diversos projetos nacionais importantes de monitoramento da cobertura vegetal vêm sendo desenvolvidos com aplicação de sensoriamento remoto (PAGE *et al.*, 2002), como por exemplo: o PRODES (Projeto de Estimativa do Desflorestamento Bruto da Amazônia), realizado pelo INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), o PROBIO, O “Atlas da Evolução dos Remanescentes Florestais e Ecossistemas Associados no Domínio da Mata Atlântica” (elaborado pela Fundação SOS Mata Atlântica, em convênio com o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE e o Instituto Socioambiental – ISA) e, mais recentemente, o MAPBIOMAS.

3.4. NDVI (Índice da Diferença Normalizada)

Segundo Cruz (2011), os índices de vegetação constituem-se em operações algébricas envolvendo faixas de reflectância específicas que possibilitam a determinação de diversas características da cobertura vegetal. Na literatura são encontrados muitos índices de vegetação, sendo quase todos obtidos de medidas da reflectância nas faixas espectrais do vermelho e infravermelho próximo do espectro eletromagnético.

Alguns índices espectrais foram propostos para capturar os processos fotoquímicos associados com a atividade da fotossíntese tal como o uso da eficiência da luz ou estimar o conteúdo de pigmentação da folha (clorofila) (DAUGHTRY *et al.*, 2000), enquanto que outros foram projetados para obter o índice de área foliar (IAF).

Um exemplo de índice de vegetação é o NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*), que foi desenvolvido por Rouse *et al.* (1973), e é utilizado com bastante êxito para a

caracterização das variabilidades ecológicas e ambientais. O NDVI possibilita o monitoramento da dinâmica climática de uma dada região de acordo com o ciclo anual de precipitação e a respectiva resposta da planta aos regimes de seca ou de chuva. Por isso, o NDVI é constantemente usado em pesquisas que envolvem monitoramento agrícola e identificação e discriminação de diferentes espécies vegetais através de imagens do sensor MODIS (RISSO et al., 2009). O NDVI pode ser calculado como:

$$NDVI = \frac{\text{Infravermelho} (\sim 865 \text{ nm}) - \text{Vermelho} (\sim 665 \text{ nm})}{\text{Infravermelho} (\sim 865 \text{ nm}) + \text{Vermelho} (\sim 665 \text{ nm})}$$

O NDVI é obtido através da razão entre a diferença da reflectância do infravermelho (IVP) e do vermelho (V) pela soma das mesmas variáveis. Esse cálculo resulta em um índice que varia entre -1 e 1. Na prática o valor representa a presença de vegetação, quanto maior ele é, maior é quantidade vegetativa do local.

Esse índice tem sido utilizado por diversos pesquisadores para mapeamento de áreas queimadas, já que pesquisadores verificaram uma boa aproximação entre as áreas queimadas e as quedas do índice (CHUVIECO *et al.*, 2002; DIAZ-DELGADO *et al.*, 2003; ESCUIN *et al.*, 2008; VAN LEEUWEN *et al.*, 2010 e VERAVERBEKE *et al.*, 2012). Por esse motivo, o NDVI foi escolhido como o índice a ser estudado nesse trabalho.

3.5. A Brigada de Incêndio

A brigada de incêndio é uma equipe que é previamente treinada, organizada e capacitada dentro de uma organização, com o propósito de realizar atendimento em situações de emergência. De uma maneira geral, estão treinadas para atuar na prevenção e combate de incêndios, prestação de primeiros socorros e evacuação de ambientes.

Segundo Bosnich (1998), o combate dos brigadistas em incêndios florestais é uma atividade que envolve muitos riscos ao ser humano e aos equipamentos utilizados nas frentes de fogo. A formação da equipe para o combate é a partir de uma seleção que se baseia em uma série de exames que avaliem aspectos como: instrução escolar, condição física, saúde e atitude psicológica.

Os brigadistas devem estar preparados nos aspectos teóricos fundamentais dos métodos de prevenção, combate, comportamento do fogo, uso e manutenção de equipamentos e ferramentas e normas de segurança, reforçados com os exercícios práticos correspondentes (RAMOS, 1995).

Os brigadistas podem se tornar inoperantes ou se submeterem a um alto risco, caso seu vestuário e seus equipamentos de proteção não estejam adequados para o combate (SILVA *et al.*, 2003). Por este motivo, a brigada deve dispor de todo equipamento de proteção individual (calça, camisa, óculos, luva, capacete, botas e mascaras), bem como de ferramentas e equipamentos que atendam a critérios ergonômicos e sejam suficientes para todos os membros da brigada (BOSNICH, 1998).

O presente trabalho buscou conhecer a Brigada 1 – Núcleo Ouro Preto (Figura 4), que está presente na região estudada. Atualmente, a Brigada 1 está presente em sete núcleos no estado: Belo Horizonte, São João Del Rey, Ouro Preto, Montes Claros, Matheus Leme, Pará de Minas e Pequi, onde pratica a defesa da preservação do meio ambiente por meio de diversas ações, com destaque para a prevenção e o combate a incêndios florestais.

Figura 4 - Brigada 1, realiza seu curso de formação de brigadistas voluntários na sede do Parque Estadual da Serra do Rola Moça em Belo Horizonte



Fonte: Arquivos pessoais de Rômulo Reis Pereira

A Brigada 1 nasceu em 2001 e é considerada uma entidade civil sem fins lucrativos, possui reuniões com voluntários interessados em contribuir na redução dos impactos ambientais gerados pelo mal uso do fogo. Atualmente, a ONG Brigada 1 conta com mais de 140 voluntários treinados e aptos ao emprego imediato nas atividades de prevenção e combate a incêndios florestais. Desde 2006, anualmente são formadas novas turmas de voluntários, preferencialmente nos meses de maio a julho, período que antecede a temporada de incêndios (Brigada 1)

Dentre as Unidades de Conservação da região onde a Brigada 1 Ouro Preto atua, pode-se citar o Parque Estadual do Itacolomi, Estação Ecológica do Tripuí, Área de Proteção Ambiental Cachoeira das Andorinhas, Parque Natural Municipal das Andorinhas, Floresta Estadual Uaimii, Área de Proteção Ambiental Seminário Menor de Mariana, Parque Estadual da Serra de Ouro Branco, Monumento Natural de Itatiaia, Parque Nacional do Gandarela, dentre outras. (Brigada 1)

A Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999, dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências. Artigo 1º:

Entende-se por educação ambiental os processos por meio dos quais o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltadas para a conservação do meio ambiente, bem de uso comum do povo, essencial à sadia qualidade de vida e sua sustentabilidade.

A ONG Brigada 1 - Ouro Preto realiza além de combates a incêndios, atividades preventivas de educação ambiental, caminhadas ecológicas, dentre outras atividades.

4. METODOLOGIA

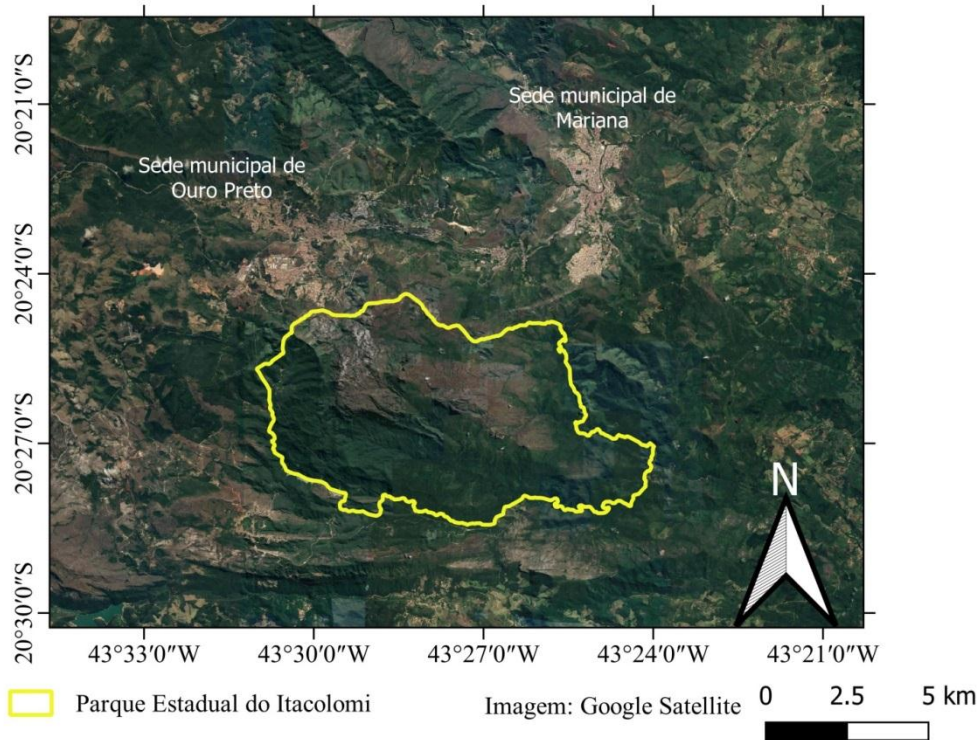
4.1. Área de estudo

O Parque Estadual do Itacolomi, que foi criado através da Lei estadual nº 4.495 de 1967, é uma Unidade de Conservação de Proteção Integral que encontra-se inserido nos municípios de Ouro Preto e Mariana, sob a responsabilidade do Instituto Estadual de Florestas (IEF), em Minas Gerais. Localizado entre 43°32'30''W e 43°22'30''W e 20°22'30''S e 20°30'00'' S (Figura 5) na terminação sul da Serra do Espinhaço, esse parque abrange uma área de aproximadamente 7.543 ha.

Essa região é considerada reserva mundial da biosfera, por ser uma das regiões mais ricas do planeta pela sua grande diversidade biológica. Os traços regionais do relevo, acidentado com vertentes bem íngremes e vales profundos e encaixados, mostram uma clara dependência com a geologia local, que controla a conformação em duas direções preferenciais de serras e drenagens (VARAJÃO, 1988).

O Parque Estadual do Itacolomi encontra-se no Quadrilátero Ferrífero. Nessa região, predominam na área os quartzitos do Grupo Itacolomi, que foram divididos por Ferreira e Lazzarin (1993) em: quartzitos inferiores e superiores, separados por xistos do Supergrupo Rio das Velhas. Encontram-se também na região rochas intrusivas – metabásicas.

Figura 5 – Localização do Parque Estadual do Itacolomi.



Fonte: Própria Autora

O principal elemento da paisagem é sem dúvida a Serra do Itacolomi, com altitudes oscilando entre 700 e 1772 m. A cobertura vegetal, pertencente aos domínios Mata Atlântica e Cerrado (Figura 6), apresenta ampla diversificação fisionômica, devido à elevada heterogeneidade ambiental, sendo que os principais tipos vegetacionais encontrados no parque são as florestas estacionais semidecíduais submontana e os campos rupestres. Nos vales, nas drenagens e nas encostas mais baixas, a vegetação é mais densa que nas áreas restantes, variando de uma mata rala, constituída principalmente por espécies arbustivas para uma mata de galeria de maior porte. Já a superfície cimeira é dominada por espécies herbáceas (FUJACO *et al.*, 2010).

Figura 6- Fitofisionomias vegetais do Parque Estadual do Itacolomi – a) Cerrado, b) Campo rupestre, c) Floresta Estacional Semidecidual Montana.



Fonte: Google – imagens

A Floresta Estacional Semidecidual constitui uma vegetação pertencente ao bioma da Mata Atlântica, ocasionalmente também no Cerrado, reveste as serras entre 800 e 1500-1700 m de altitude e encontra-se na paisagem caracteristicamente formada por morros e serras (IEF, 2006). A vegetação campestre (Cerrado lato sensu) é formada pela fisionomia de campo limpo e campo sujo. Os campos quartzíticos são próprios dos afloramentos rochosos e apresentam uma vegetação herbácea e arbustiva típica, com grande variedade de espécies e predomínio da vegetação herbácea distribuída por entre afloramentos.

De acordo com a classificação estabelecida por Köppen, o clima da região do Parque Estadual do Itacolomi corresponde ao tipo Cwb, clima úmido, com inverno seco e verão chuvoso, tendo características básicas de clima de montanha, em que a baixa latitude é compensada pela altitude e conformação orográfica regional. Os verões são suaves com elevada umidade atmosférica e os invernos são brandos com baixas temperaturas (CASTRO, 2006).

O regime pluviométrico é caracterizado como tropical, com uma média de 1602,6mm anuais (série de 1981 a 2010; INMET, 2019), devido à altitude elevada do município. A média anual da temperatura é de 18,5°C, sendo o mês de janeiro o mais quente e o mês de julho o mais frio. A temperatura varia de 6° a 29°C. A estação seca, em Ouro Preto, é marcada por umidade relativa que varia de 78,7% nos meses de julho e agosto a 86,2% no verão (IGA/CETEC, 1995).

4.2. Aquisição e análise de dados

Os dados de campo utilizados nesse trabalho foram obtidos junto a Secretaria do Previncêndio, Instituto Estadual de Florestas (IEF) e comunicação pessoal com a Brigada 1 de Incêndio- Núcleo Ouro Preto – MG. Com a secretaria do Previncêndio foi possível obter os Relatórios de Ocorrência de Incêndios (ROI) para o período de 2012 a 2017. Nesses relatórios estão disponíveis as seguintes informações: a) localização do início do incêndio; b) extensão da área queimada; c) dados do terreno; d) dados de detecção e combate; e) origem e causa; f) observações complementares; e g) responsável pelas informações. Dados de gastos do Previncêndios na UC Parque Estadual do Itacolomi foram obtidos junto ao IEF e a brigada de incêndio forneceu depoimentos sobre sua atuação nos eventos de incêndio. Os dados foram tabulados e analisados quanto ao número e frequência de cada variável no período de estudo.

As datas das ocorrências e extensão da área queimada também foram obtidos nos produtos do sensor MODIS MOD14A1 versão 6 (*Terra Thermal Anomalies & Fire Daily Global 1km*) e MCD64A1 versão 6 (*MODIS Burned Area Monthly Global 500m*) no período de 2012 a 2017, a fim de conduzir uma comparação das datas e extensão dos incêndios em campo e de sensoriamento remoto. Esses dados foram confrontados com os dados obtidos com o Previncêndio analisada a fim de verificar a compatibilidade entre os dados de campo com os produtos de sensoriamento remoto.

Para avaliar o verdor da vegetação antes dos incêndios foram obtidos os valores médios de NDVI para a área do Parque Estadual do Itacolmi utilizando os produtos do sensor MODIS MOD13A2 versão 6 (*Terra Vegetation Indices 16-Day Global 1km*) no período de 2012 a 2017. Para isso, foram extraídos os valores médios de NDVI dentro da área do parque. De acordo com a documentação desse produto, o NDVI é calculado a partir de reflectâncias corrigidas que foram previamente mascaradas para água, nuvens, aerossóis pesados e sombras de nuvens (USGS, 2019).

Para a análise, os dados médios de NDVI foram extraídos para a data imediatamente anterior ao evento de incêndio, a fim de se analisar se há um padrão entre o valor do NDVI e a ocorrência de incêndio. Para uma maior compreensão da dinâmica do verdor da vegetação foi confeccionado um gráfico para análise visual.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

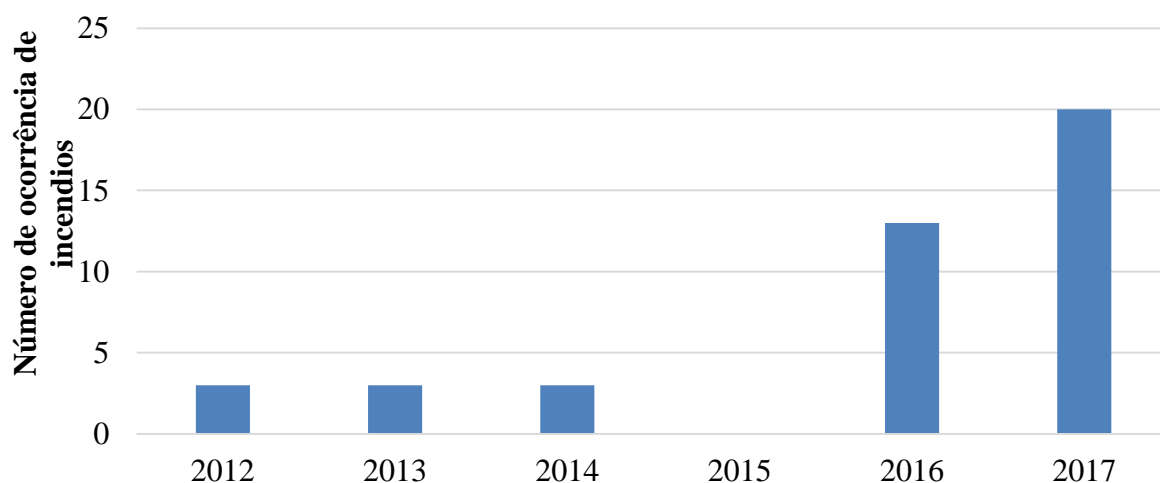
5.1. Número de ocorrências de incêndios

No período de 2012 a 2017, foi registrado um total de 42 incêndios no interior e no entorno do Parque Estadual do Itacolomi (Figura 7), correspondendo a uma média de 7 ocorrências por ano. Durante a análise dos Relatórios de Ocorrência de Incêndio (ROIs), o relatório do dia 29 de agosto de 2017 não foi incluído nos cálculos uma vez que há o relatório, mas não há dados sobre o evento.

O ano de 2017 se destacou, apresentando um total de 19 ocorrências. Esse alto número de ocorrências registrado no ano de 2017 levou ao fechamento do parque, devido ao elevado índice de incêndios no interior e entorno. Por entorno do parque entende-se como áreas onde os incêndios podem trazer risco as UCs. Além do ano de 2017, destaca-se o ano de 2016 com 13 ocorrências. No ano de 2015 não houve ocorrência.

Desses eventos de incêndios, dez ocorreram no interior do parque, sendo dois em 2014, dois em 2016 e seis em 2017.

Figura 7 - Número de incêndios florestais no interior e no entorno do Parque Estadual do Itacolomi por ano

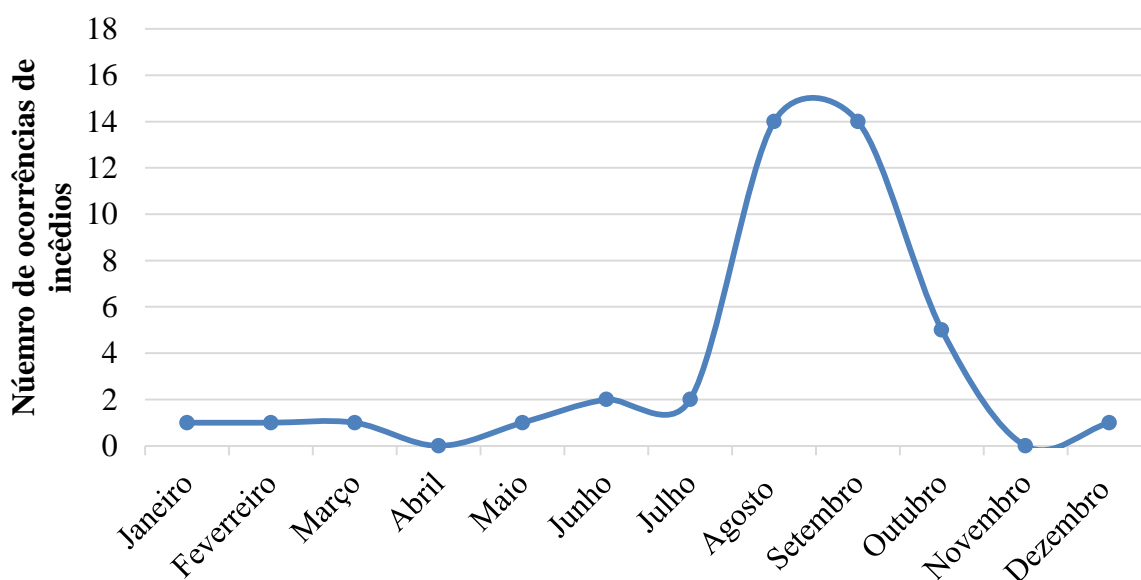


Fonte: Própria Autora a partir de dados da Gerência de Prevenção e Combate a Incêndios Florestais – Previncêndio (2019). Coordenação de Informações FTP.

5.2. Épocas e Horários das ocorrências

De acordo com a Figura 8, os meses com maior ocorrência de incêndios florestais no Parque Estadual do Itacolomi foram agosto e setembro, meses considerados secos, quando ocorreram 68% dos eventos no período de 2012 a 2017. Essa concentração da maioria dos eventos de incêndios em agosto e setembro coincide com o final da estação seca, quando a precipitação normal climatológica (1981-2010) é de aproximadamente 50 mm (INMET, 2019).

Figura 8 - Número de ocorrência de eventos de incêndio por época do ano no interior e no entorno do Parque Estadual do Itacolomi



Fonte: Própria Autora a partir de dados da Gerência de Prevenção e Combate a Incêndios Florestais – Previncêndio (2019). Coordenação de Informações FTP.

Sobre o horário de ocorrência dos eventos de incêndio, contactou-se que a maioria das ocorrências aconteceram entre 14 e 15 horas (Tabela 1). Provavelmente esse resultado está associado ao período de maior insolação e menor umidade relativa do ar, condições propícias para a ignição. A análise do horário dos eventos é uma importante variável para a comparação com dados de sensoriamento remoto, uma vez que caso o foco do incêndio se inicie e seja extinto antes da passagem do satélite, esse evento não será identificado – sendo possível apenas a identificação da área queimada.

Tabela 1 - Horário dos eventos de incêndio no interior e no entorno do Parque Estadual do Itacolomi

Horário	Número de ocorrências	Distribuição de frequência
07:00 – 08:00	1	2,27%
08:00 – 09:00	1	2,27%
09:00 – 10:00	4	9,09%
10:00 – 11:00	1	4,55%
11:00 – 12:00	2	4,55%
12:00 – 13:00	4	9,09%
13:00 – 14:00	5	11,36%
14:00 – 15:00	10	22,73%
15:00 – 16:00	9	20,45%
16:00 – 17:00	4	11,36%
17:00 – 18:00	0	0%
18:00 – 19:00	1	2,27%

Fonte: Própria Autora a partir de dados da Gerência de Prevenção e Combate a Incêndios Florestais – Previncêndio (2019). Coordenação de Informações FTP.

5.3. Extensão da área queimada

No período de estudo, a extensão total da área queimada no interior e no entorno do Parque Estadual do Itacolomi foi de 1474,2 ha (Tabela 2). Na Tabela 2 estão expressas as extensões da área queimada por ano e subdivididas em áreas queimadas no interior da UC e no entorno. Da mesma forma que para o número de ocorrências, o ano de 2017 se destacou pela maior área total queimada no interior do Parque (886,83 ha). Também se destaca o ano de 2016 com 23 ha de área queimada no interior do Parque.

Tabela 2 - Extensão de área queimada no Parque Estadual do Itacolomi

Ano	Incêndio Florestais	Área queimada no interior da UC/ (hectares)	Área queimada no entorno da UC/ (hectares)
2012	3	0,10	24,80
2013	3	2	1,44
2014	3	3,11	1,74
2015	Sem registro		
2016	14	23,01	39,66
2017	19	886,83	491,51
Total Geral	42	915,05	559,15

Fonte: Própria Autora a partir dos dados Gerência de Prevenção e Combate a Incêndios Florestais – PREVINCÊNDIO. Coordenação de Informações FTP.

5.4. Prováveis causas

De acordo com os Relatórios de Ocorrência de Incêndios, aproximadamente 71% dos eventos de incêndios no interior e no entorno do Parque Estadual do Itacolomi tem causas classificadas como “Ação Antrópica – Incendiário/Piromaníaco” (16 eventos, 38,09% das ocorrências) e “Renovação de Pastagem Natural” (13 eventos, 30,95% das ocorrências; Tabela 3). No interior do Parque Estadual do Itacolomi, a causa mais recorrente foi “Ação Antrópica – Incendiário/Piromaníaco”.

Destaca-se pela curiosidade que, dos 42 eventos que ocorreram no interior do Parque, 4 tiveram a causa provável classificada como “Desconhecidas” e 1 por “Incêndio provocado para invasão”, também citado no relatório como “Morador do entorno”.

Tabela 3 - Prováveis Causas dos Incêndios Florestais no interior e no entorno do Parque Estadual do Itacolomi

<i>Prováveis Causas</i>	<i>Número de Registros</i>	<i>Distribuição Percentual</i>
Ação Antrópica – Incendiário/Piromaníaco	16	38,09%
Ação Antrópica – Incêndio provocado para invasão	1	2,38%
Desconhecidas	4	9,52%
Limpeza de Estradas	2	4,76%
Renovação de Pastagem Natural	13	30,95%
Renovação de Pastagem Plantada	2	4,76%
Vandalismo	4	9,52%
Total Geral	42	100,00 %

Fonte: Gerência de Prevenção e Combate a Incêndios Florestais – PREVICÊNDIO. Coordenação de Informações FTP. Coordenação de Informações FTP.

5.5. Dados de detecção e combate

Em 61,4% das ocorrências de incêndios no Parque Estadual do Itacolomi a detecção do foco foi feita por um funcionário da UC, sendo assim evidenciando a importância desse profissional dentro da sede do Parque. Em 18,2% dos casos a detecção foi por Brigadistas do Previncêndio, que são profissionais existentes nas UCs e que tem como principal objetivo atuar em todas as ações de prevenção e de combate aos incêndios florestais dentro das unidades de conservação e seu entorno previstos nos Planos Operativos. As ações de

prevenção exercida pelo Brigadistas segundo a “Apostila para Formação de Brigadista de Prevenção e Combate aos Incêndios Florestais” disponibilizada pelo ICMbio, é o conjunto de tarefas a serem executadas dentro das unidades de conservação que venham a minimizar os riscos de ocorrências de incêndios, por exemplo: a construção e manutenção de aceiros, operação de sistemas de vigilância e detecção, monitoramento terrestre, estabelecimento de calendários de queima com os produtores rurais, (sensibilização) e um trabalho permanente de educação ambiental da população do entorno da unidade, etc. (ICMbio, 2010).

As demais formas de detecção encontradas entre 2012-2017 foram menos frequentes, como evidenciado na Tabela 4.

Tabela 4 - Formas de Detecção de Incêndios

Forma de detecção	Número de Registros	Distribuição Percentual
Brigadista Previncêndio	9	21,43%
Funcionário da UC	25	59,52%
Funcionário Parceiro	3	7,14%
Gerente da UC	2	4,76%
Morador do Entorno	3	7,14%
Total Geral	42	100,00%

Fonte: Própria Autora a partir de dados da Gerência de Prevenção e Combate a Incêndios Florestais – PREVICÊNDIO. Coordenação de Informações FTP.

O depoimento de um brigadista, membro da equipe da Brigada 1 do município de Ouro Preto, foi essencial para proporcionar o entendimento sobre a história e as ações de um brigadista no combate aos incêndios. Com autorização, o depoimento foi transcrito abaixo:

Para trabalhar essas questões de prevenção e de combate a incêndios florestais, realizamos diversas atividades pela Brigada 1 desenvolvida na região de Belo Horizonte - MG. A atuação foi crescendo. O grupo de Brigadista foi criado em Ouro Preto-MG no ano de 2006. Eu fiz parte dele, em um dos combates conheci a Brigada 1, estreitamos os laços e começamos a trocar “figurinhas”, para criar o núcleo/ONG aqui em Ouro Preto. Em 2008, o núcleo foi oficializado e criado o primeiro núcleo do Estado, chamado Brigada 1- Núcleo Ouro Preto -MG. Atualmente a Brigada 1 tem núcleos nas cidades de Montes Claros, Ouro Preto, Belo Horizonte, São Joao Del Rei, Matheus Leme, Sacramento (já foi extinto) e recentemente tem em Pequi e Pará de Minas. Então a ONG está crescendo bem, isso mostra a grandeza dos trabalhos que a Brigada 1 desempenha. Especificamente em Ouro Preto, a Brigada 1, faz a prevenção de combate em incêndios florestais, que esse é o seu próprio slogan da Brigada 1. Atuamos principalmente dando apoio às unidades de conservação aqui do município, Itacolomi, Apa das Andorinhas, Tripuí, Apa do Seminário Menor. Além disso, tem outras áreas que ajudamos, como por exemplo a Serra do Veloso que é uma serra onde tem os principais mananciais que abastecem a cidade de Ouro Preto. As nascentes estão localizadas no alto da Serra do Veloso então existe uma preocupação muito grande em preservar essa localidade devido a sua beleza cênica e a sua riqueza natural, seja ela hídrica, de vegetação ou de rochas

geológica. Enfim, ela tem um conceito e uma importância histórica muito grande para o município, então temos uma imensa preocupação de auxiliar nessa preservação. Periodicamente, fazemos um treinamento de capacitação de novos brigadistas para compor o corpo de voluntários da ONG. Neste ano de 2019 o curso já aconteceu, foi agora no mês de junho e a partir de agora, com essa equipe treinada e somada com os brigadistas veteranos, procuramos fazer plantões nas unidades de conservação (idas a campo mesmo no final de semana para dar apoio em uma eventual ocorrência de incêndio) e ficamos de plantão, caso ocorra algum incêndio, para uma atuação mais rápida. Com isso, conseguimos ter uma ação mais eficaz sendo muito produtivo nos últimos anos. Ser voluntário não é fácil! Precisamos de apoio e temos dificuldade para conseguir equipamento de proteção individual para equipe (transporte e alimentação). Então, acabamos arcando com as despesas. Além de ser um trabalho voluntário, acabamos pagando para trabalhar. Trabalhamos com muito prazer! É muito gratificante e não tem dinheiro que pague conseguir salvar uma nascente, um pássaro ou qualquer outro ser vivo do fogo. Então ser brigadista é uma ação muito nobre. Colocamos nossa vida em risco em prol de muitas outras vidas.... (BRIGADISTA, 2019).

5.6. Gastos efetuados

Embora todos os demais dados estejam disponíveis desde 2012, os dados de gasto com o Previncêndio só começaram a ser contabilizados a partir de 2014, segundo informações da Gerência de Prevenção e Combate a Incêndios Florestais – PREVINCÊNDIO – Coordenação de Informações FTP. Assim, na Tabela 5 estão apresentados os gastos durante eventos e os investimentos com prevenção de incêndios no Parque Estadual do Itacolomi.

Tabela 5 - Gastos (em R\$) com o Previncêndio no Parque Estadual do Itacolomi discriminado por gasto e por ano

	2014	2015	2016	2017
Contrato (Brigadistas/Líderes)	75.296,00	23.050,65	36.812,18	45.536,58
Alimentação Combate	708,86	318,38	2.365,68	6.436,00
Contrato Air Tractor	43.938,02	503,53	9.656,73	269.716,39
Convênio PMMG e CBMMG	53.100,00	2.181,65	101.072,11	156.035,54
Compra Equipamentos/ EPI's	5.899,80	-	5.219,64	14.923,48
Despesas com capacitação e treinamento	23.172,25	6.121,95	6.659,85	3.405,48
Total	202.114,93	35.215,81	161.786,19	496.053,47

Fonte: Própria Autora a partir de dados da Gerência de Prevenção e Combate a Incêndios Florestais – PREVINCÊNDIO. Coordenação de Informações FTP.

Pela Tabela 5 é possível perceber que no ano de 2017, que foi o ano com maior número de incêndios, houve um gasto de R\$496.053,47, enquanto o ano de 2015, que foi um ano que não houve incêndios, foi gasto R\$35.215,81. O valor gasto varia entre os anos, mas tomando o ano de 2017 como exemplo, pode-se calcular que foram gastos R\$359,89 por hectare de área queimada ou R\$21.108,08 por evento de incêndio. A partir desses dados é possível observar que a ocorrência de incêndios tem um custo alto, que poderia ser evitado, na maioria das vezes, por maior educação ambiental.

5.7. Localização do início do incêndio e danos

Atualmente, os Relatórios de Ocorrência de Incêndios não possuem os danos causados pelo evento, mas possuem dados da localização do local onde o primeiro foco de incêndio foi observado (Tabela 6 e Figura 9), os quais podem ser utilizados para a gestão da UCs.

Tabela 6 - Data e coordenadas geográficas do local de identificação do foco de incêndio. Datas marcadas com asterisco representam datas em que os eventos de incêndios ocorreram dentro dos limites do parque. Datas marcadas com tarja cinza correspondem àquelas cujo foco de calor foi detectado pelo sensor MODIS 14A1 a bordo da plataforma Terra.

Data	Latitude	Longitude	Área interna (hectares)
25/07/2012	20°25'11,12" S	43°31'01,76" O	
01/09/2012	20°26'15,48" S	43°31'41,41" O	
03/09/2012	20°39'37,97" S	43°47'30,94" O	
22/08/2013	20°23'52,42" S	43°29'2,28" O	
25/08/2013	20°24'8,37" S	43°26'55,28" O	
28/08/2013	20°24'43,10" S	43°28'59,76" O	
26/02/2014	20°23'49,30" S	43°27'3,89" O	
*03/05/2014	20°24'30,41" S	43°29'34,01" O	4,35 ha
*24/08/2014	20°25'4,62" S	43°30'19,53" O	66,00 ha
27/06/2016	20°24'2,00" S	43°27'28,00" O	
21/08/2016	20°24'12,63" S	43°25'55,06" O	
21/08/2016	20°24'1,04" S	43°23'55,09" O	
29/08/2016	20°25'32,71" S	43°23'55,09" O	
30/08/2016	20°24'8,81" S	43°25'51,48" O	
03/09/2016	20°24'11,34" S	43°25'40,45" O	
07/09/2016	20°24'42,08" S	43°26'10,28" O	
07/09/2016	20°24'33,46" S	43°26'4,61" O	
09/09/2016	20°24'35,55" S	43°25'58,28" O	
12/09/2016	20°24'24,10" S	43°25'26,73" O	
19/09/2016	20°26'20,00" S	43°30'45,00" O	
*23/09/2016	20°25'34,77" S	43°27'14,82" O	21,9 ha
*23/12/2016	20°26'2,00" S	43°29'29,76" O	1,11 ha

05/01/2017	20°26'2,01'' S	43°30'21,53'' O	
16/03/2017	20°24'41,70'' S	43°26'20,40'' O	
*05/07/2017	20°24'27,20'' S	43°30'21,53'' O	0,01 ha
05/08/2017	20°24'7,08'' S	43°26'54,79'' O	
05/08/2017	20°24'11,86'' S	43°25'51,60'' O	
11/08/2017	20°24'59,00'' S	43°29'20,52'' O	
20/08/2017	20°24'39,99'' S	43°25'45,59'' O	
20/08/2017	202434,42 S	433119,03 O	
*28/08/2017	20°24'50,61'' S	43°27'47,95'' O	173,30 ha
*30/08/2017	20°24'59,26'' S	43°29'24,52'' O	526,60 ha
02/09/2017	20°24'28,28'' S	43°31'0,13'' O	
08/09/2017	20°25'11,46'' S	43°31'39,53'' O	
*09/09/2017	20°26'15,35'' S	43°25'14,19'' O	4,02 ha
13/09/2017	20°24'12,47'' S	43°26'57,81'' O	
23/09/2017	20°24'8,58'' S	43°25'48,42'' O	
10/10/2017	20°23'55,15'' S	43°26'35,38'' O	
11/10/2017	20°24'42,42'' S	43°29'38,26'' O	
17/10/2017	20°23'43,00'' S	43°28'39,50'' O	
*18/10/2017	20°25'44,93'' S	43°25'5,71'' O	183 ha
26/10/2017	20°25'7,14'' S	43°32'7,35'' O	

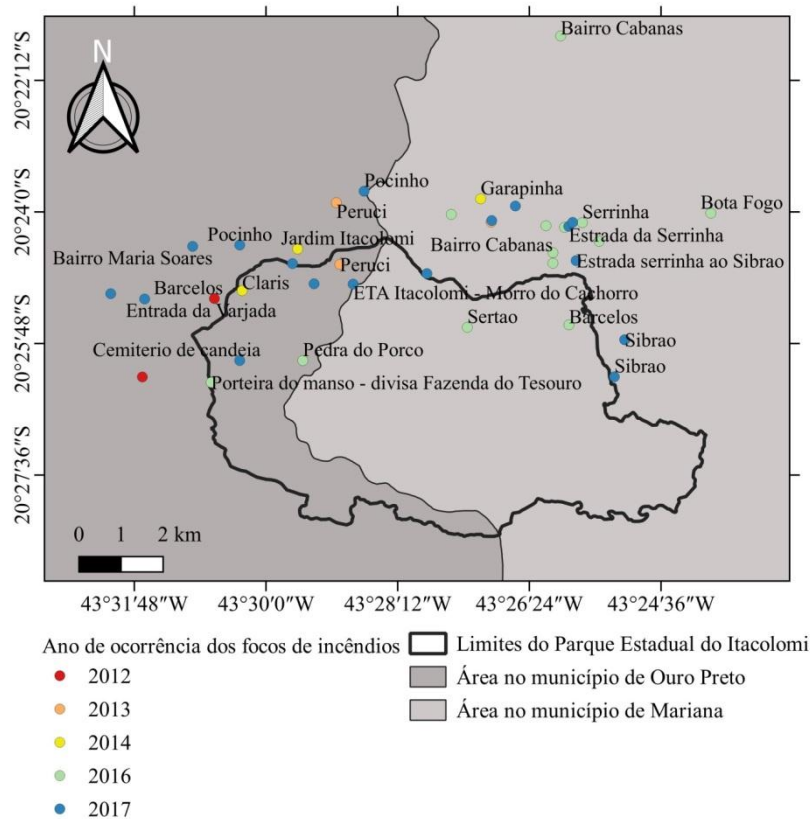
Fonte: Própria Autora a partir de dados da Gerência de Prevenção e Combate a Incêndios Florestais – PREVICÊNDIO. Coordenação de Informações FTP.

E possível notar a ocorrência de dois ou mais focos de incêndios no mesmo dia, como ocorridos nos dias 21/08/2016, 07/09/2016, 05/08/2017.

De acordo com o Gestor Ambiental Rodolfo Silvério Vilela da Gerência de Prevenção e Combate a Incêndios Florestais – Previncêndio/ IEF, a localização exata do início de cada incêndio demanda uma perícia que no momento não é realizada. Por este motivo os relatórios possuem apenas a localização dos bairros de ocorrência. Em comunicação pessoal, o profissional completou que “em um futuro próximo pretendemos utilizar simulações para determinar o local da ignição”.

Assim, como sugestão para estudos futuros está o uso do Sensoriamento Remoto e da modelagem ambiental especializada em favor das UCs para identificação da localização do início do incêndio e para cálculo dos danos do evento.

Figura 9 – Localizações dos pontos de referência onde os focos de incêndio foram primeiramente avistados no Parque Estadual do Itacolomi e em torno



Fonte: Própria Autora

Na Figura 9 é relevante notar as ocorrências de focos de incêndios na mesma localidade como, por exemplo, em Passagem de Mariana onde houve três focos de incêndios no período de estudo. Também em Pocinho houve três focos, Serrinha houve cinco focos e Cabanas houve seis focos. O bairro Cabanas se destacou no ano de 2016 com cinco focos e um foco em 2017, de forma que comprometeu a vegetação de Floresta Estacional Semidecidual Montana e Cerradão, conforme registrado nos relatórios.

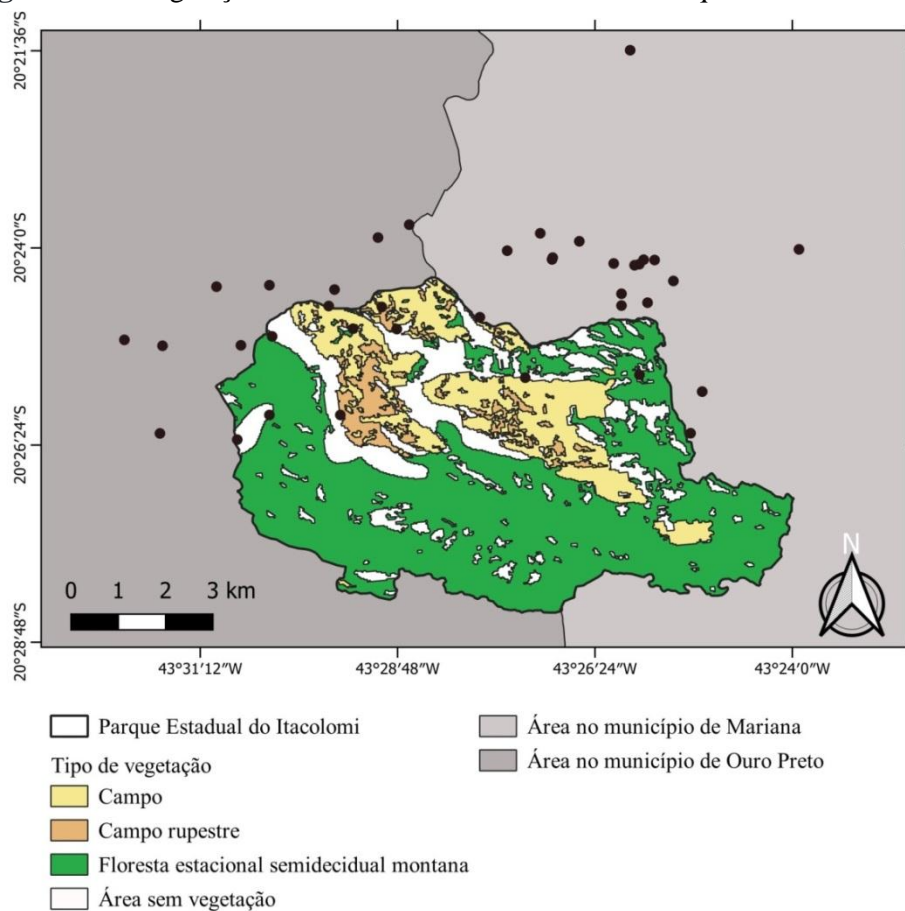
Segundo dados do ROI, houve um foco de incêndio na localização BR 356 - Bicami em setembro de 2012 que comprometeu 5,84 ha de vegetação de Floresta Estacional Semidecidual Montana. Como essa localidade encontra-se fora do município de Ouro Preto e Mariana, ela não está representada na Figura 9.

Como o ser humano é o maior causador de incêndios florestais segundo análises, normalmente, a população em geral é pouco informada sobre a necessidade de controle de

incêndios, a educação ambiental deve ser a primeira iniciativa na prevenção de incêndios florestais.

Na Figura 10 é possível visualizar a vegetação afetada pelas ocorrências de incêndios. Destaca-se que em 2013 ocorreram três incêndios comprometendo as seguintes vegetações: Floresta Estacional Semidecidual Montana, Eucalipto e Cerrado Denso. Em 2014 o fogo comprometeu somente a Floresta Estacional Semidecidual Montana. Já em 2016, se destacou a Floresta Estacional Semidecidual Montana com dez ocorrências de queimada e as demais fitofisionomias apresentaram uma ocorrência cada: Área Antrópica, Campo de Altitude, Campo Rupestre. Percebe-se que no ano de 2017, a vegetação que sofreu um maior impacto do fogo foi a Floresta Estacional Semidecidual Montana, com oito focos. Nesse mesmo ano, aconteceram cinco eventos de incêndio na Área Antrópica, quatro no Cerradão e um evento em cada uma das fitofisionomias Candeia em decomposição, Campo Cerrado e Eucalipto.

Figura 10 – Vegetações com incidência de incêndio no Parque Estadual do Itacolomi



Fonte: Própria Autora

5.8. Comparação dos dados de sensoriamento remoto e de campo

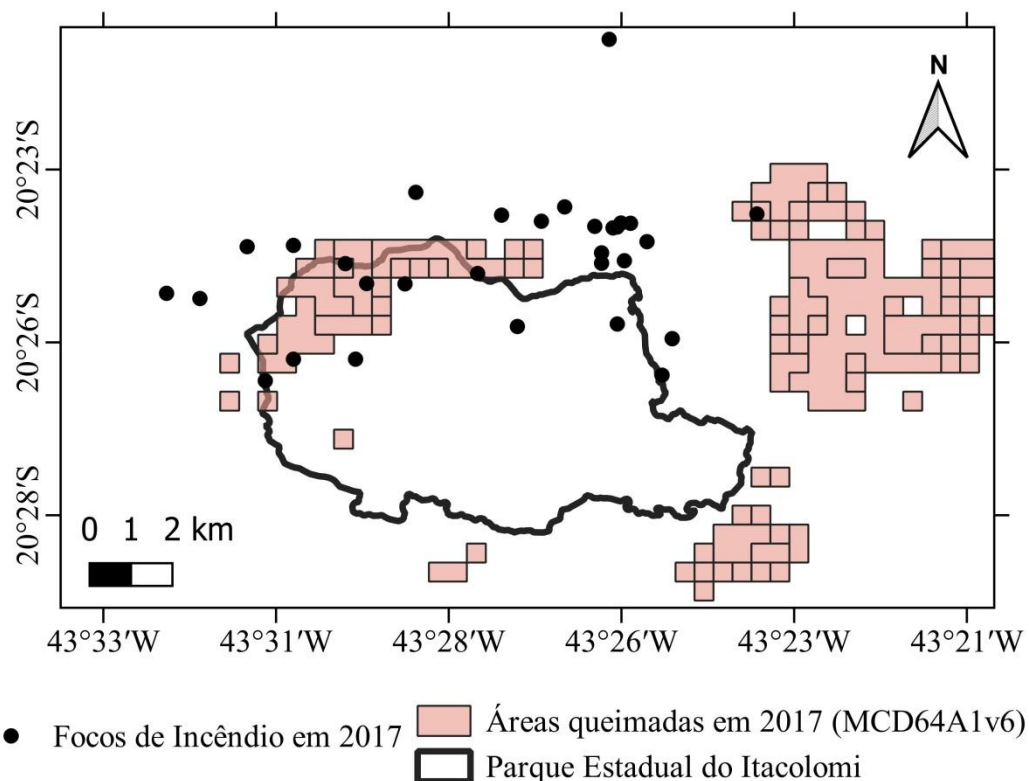
Pela análise do produto MOD14A1 (*Terra Thermal Anomalies & Fire Daily Global 1km*) do sensor MODIS, constatou-se que o sensor detectou foco de queimada nas seguintes datas: 24/08/2014, 29/08/2017 e 19/10/2017 (Tabela 6). De fato, houve eventos de queimada nos dias 24/08/2014, 29/08/2017 com dimensões de área queimada de 66,0 ha e 173,20 ha respectivamente. Não há registro de início de evento no dia 19/10/2017, mas há registro no Relatório de Ocorrência de Incêndio no dia 18/10/2019, com 183,0 ha de extensão de área queimada. O sensor MOD14A1 detectou nuvem no dia 18/10/2017, o que explica essa não detecção do incêndio nesse dia.

Já o produto MCD64A1 (*MODIS Burned Area Monthly Global 500m*) identificou 981,8 ha de área queimada apenas no ano de 2017. Esse produto obteve 10 dias de detecção de focos de incêndio, nos dias: 28 de agosto a 1 de setembro, 3 e 4 de setembro, 11 de setembro, 17 e 18 de setembro, todos no ano de 2017. As áreas queimadas em 2017 detectadas por sensoriamento remoto estão apresentadas na Figura 11, onde também estão representadas os pontos com focos de incêndios no Parque Estadual do Itacolomi.

A Figura 11 permite comparações entre métodos de campo e análises do produto de área queimada por sensoriamento remoto. Foi constatada uma compatibilidade entre parte dos dados, já que o produto de área queimada foi capaz de detectar principalmente as datas quando houve as maiores áreas queimadas. A exceção foi o dia 30/08/2017, quando a área queimada foi de 526,60 ha, mas houve a detecção de nuvens por sensoriamento remoto.

O resultado desse estudo é confirmado por Rodrigues *et al.* (2019), que ressaltam que o produto MCD64A1 é mais impreciso em regiões com uso do solo fragmentado e para pequenas manchas de fogo. Campanharo *et al.* (2019) também observaram que o produto MCD64A1 apresentou divergências entre área queimada total detectada e os valores reais no estado do Acre. Esses autores justificam que essa diferença pode estar associada a erros sistemáticos de classificação do algoritmos do sensor ou podem estar relacionadas a seleção de imagens e que é necessário mais trabalhos que avaliem essas divergências. É preciso ressaltar que, diferente desse estudo que trata de pequenas áreas queimadas, as áreas testadas por Campanharo *et al.* (2019) possuíam mais de 700 km².

Figura 11 – Área queimada no Parque Estadual do Itacolomi em 2017 por sensoriamento remoto (produto MCD64A1) e dados de campo (ROI)

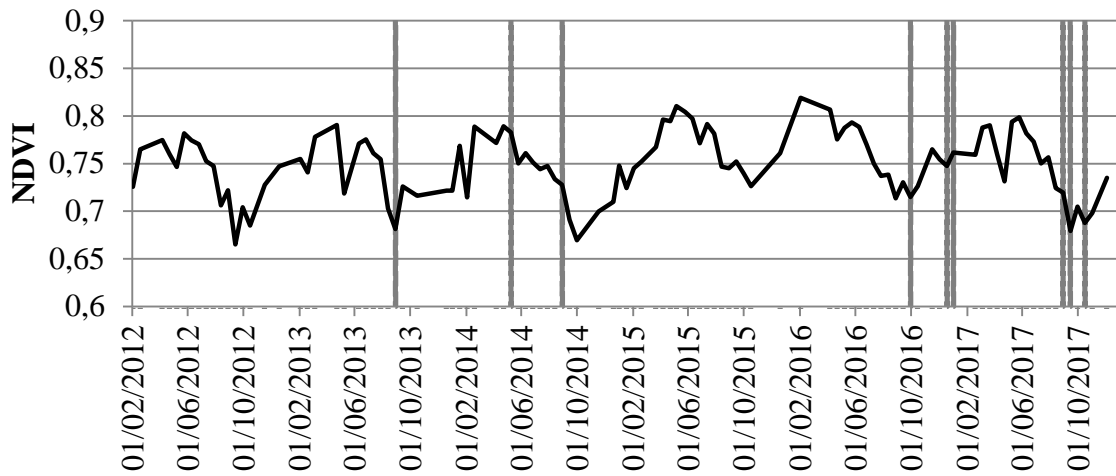


Fonte: Própria Autora com auxílio de Fernando Moreira

5.9. Análise do verdor da vegetação antes do evento de incêndio

Na Figura 12 está apresentado o histórico de NDVI médio do Parque Estadual do Itacolomi no período de estudo. Pode-se observar que o NDVI responde de acordo com as condições climáticas locais e precipitação, tendo valores maiores no período chuvoso e menores no período seco, já que o verdor e a umidade da vegetação varia sazonalmente. Assim como nesse estudo, Anderson et al. (2005) não identificarem uma variação significativa dos valores do NDVI (produto MOD13A1) nos meses onde foram observadas as cicatrizes de áreas recém queimadas. Esses autores afirmam que áreas queimadas iguais ou menores que um pixel do sensor MODIS são afetadas pela mistura de alvos, o que compromete a análise.

Figura 5 - Série histórica do NDVI médio da área (já excluídos dados de dias com nuvens) e datas dos eventos de incêndios no período dentre 2012 e 2017.



Fonte: Própria Autora com auxílio de Fernando Moreira

Na Tabela 7 estão apresentados os NDVI médios na data imediatamente anterior a um evento de incêndio. O maior verdor ocorreu em 23/04/2014 com 0.7892, e o menor verdor ocorreu em 17/10/2017 com 0.6877. Em geral parece haver uma tendência de ocorrerem incêndios quando o NDVI médio está abaixo de 0,75, já que 6 eventos de incêndio ocorrerem abaixo desse valor. Em estudos futuros, serão necessárias análises mais aprofundadas dos índices de vegetação, focando nas áreas queimadas, para ter conclusões mais precisas sobre como o sensoriamento remoto pode auxiliar na predição da suscetibilidade ao incêndio.

Tabela 7 - NDVI médio no Parque Estadual do Itacolomi antes dos eventos de incêndio

Data do incêndio	Data da visada	NDVI médio
22/08/2013	13/08/2013	0,70279343
03/05/2014	23/04/2014	0,78923377
24/08/2014	13/08/2014	0,73368733
19/09/2016	13/09/2016	0,73046553
23/12/2016	18/12/2016	0,74732107
05/01/2017	01/01/2017	0,76148345
28/08/2017	13/08/2017	0,72416779
17/10/2017	16/10/2017	0,68769764

Fonte: Própria Autora com auxílio de Fernando Moreira

O mapeamento das áreas de risco pode auxiliar a equipe de brigadista a direcionar os combatentes em locais onde haja um maior risco de proliferação de queima. Uma vez que se houver um monitoramento adequado o combate se torna mais ágil evitando a proliferação da

queima em áreas secas. Por isso, apesar desse estudo não ter concluído sobre a relação entre NDVI e a ocorrência dos incêndios, outros estudos com índices deverão ser incentivados.

6. CONCLUSÕES

De acordo com os registros de incêndios do Parque Estadual do Itacolomi a média de ocorrência de 7 incêndios por ano. Neste sentido, o estudo revela a fragilidade do Parque diante dos incêndios anuais que o atingem. O ano de 2017 e os meses de Agosto e Setembro foram os períodos com maior ocorrência de incêndios. De acordo com os Relatórios de Ocorrência de Incêndios, as possíveis causas das queimas estão ligadas à Ação Antrópica-Incendiário/Piromaníaco.

A caracterização da vegetação propícia à queima é um fator determinante para o planejamento do combate e prevenção do fogo. Segundo análise desse trabalho, o tipo de vegetação mais comprometido foi a Floresta Estacional Semidecidual Montana gerando impactos em grande parte da fauna e flora. O Bairro Cabanas, em Mariana, se destacou como a região com maior ocorrência de incêndio evidenciando a necessidade de maiores ações de conscientização nessa região.

O problema mais grave verificado pelos Brigadistas foi à falta de equipamentos de proteção individual para todos participantes de áreas de combate, gerando riscos de acidentes. A ação dos brigadistas é essencial para conservação ambiental. Porém, o ideal seria a prevenção, já que prevenir os incêndios permite poupar recursos financeiros.

Diante das evidências encontradas, se reconhece a importância da adoção de medidas preventivas e planejadas, para a redução dos incêndios no Parque. Para a prevenção contra incêndios nesta área destacam-se a necessidade de apoio dos moradores locais e o desenvolvimento de atividades específicas de educação ambiental para a comunidade local. Também é necessário o incentivo a atuação de assistência técnica em atividades que utilizam o fogo (como pirotécnicos) e palestras junto às comunidades, com o intuito de informar a população desta área sobre os prejuízos sociais e ambientais na incidência de incêndios.

O uso dos produtos do sensor MODIS auxilia nas ocorrências com fornecimento de dados, mas nem sempre é eficaz, pela resolução espacial e a presença de nuvens. Sobre o índice NDVI, não foi possível chegar a conclusões sobre valores desse índice que evidencie a suscetibilidade a incêndio com a abordagem que foi feita nesse estudo. Uma vez que se houver um monitoramento adequado o combate se torna mais ágil evitando a proliferação do incêndio em áreas sensíveis. Por isso, apesar desse estudo não ter concluído sobre a relação entre NDVI e a ocorrência dos incêndios, outros estudo com índices deverão ser incentivados.

Conclui-se que o aprimoramento de métodos para o monitoramento das áreas queimadas nas UCs poderá auxiliar na gestão e manejo do fogo na região e auxiliar nas estimativas dos impactos gerados por ele. Há urgência sobre a ampliação do sistema de prevenção dos incêndios, nos meses que antecedem o período crítico. Os dados desse trabalho podem ser usados para buscar formas mais eficientes de prevenção dos incêndios, a redução do tamanho das áreas queimadas, a capacitação da brigada com informações sobre as áreas mais suscetíveis e o possível preenchimento dos registros de ocorrência de todos os incêndios florestais no parque.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDERSON, L. O. *et al.* Detecção de cicatrizes de áreas queimadas baseada no modelo linear de mistura espectral e imagens índice de vegetação utilizando dados multitemporais do sensor MODIS. TERRA no estado do Mato Grosso, Amazônia brasileira. **Acta Amazonica**, v. 35, n. 4, p. 445-456, 2005.
- ANDRADE, L. M. S.; ROMERO, M. A. B. **A Importância das Áreas Ambientalmente Protegidas nas Cidades**. 2005.
- BATISTA, A. C. **Incêndios florestais**. Recife: UFRPE, 1990. 115 p.
- BOWMAN, D. Understanding a flammable planet – climate, fire and global vegetation patterns. **New Phytologist**, v. 165, n. 2, p. 341-345, 2005.
- BRASIL. **LEI Nº 6.938, DE 31 DE AGOSTO DE 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6938.htm. Acesso em: 06 jul. 2019.
- BRIGADA 1. **Combate voluntário a incêndios florestais**. Disponível em: <https://brigadab1.wixsite.com/brigada1>. Acesso em: 19 jul. 2019.
- CAMARGOS, J. A. A.; SOUZA, M. R.; CORADIN, V. T. R. **Catálogo de árvores do Brasil**. Brasília: IBAMA, 2001. 1 CD-ROM. CD-ROM Edition. Versão 1.0.
- CAMPANHARO, W. A. *et al.* Análise de similaridade entre produtos de monitoramento de áreas queimadas para o estado do Acre. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 19., Santos, SP, 2019. **Anais [...]**. Santos, SP, 2019.
- CHENEY, N. P. Predicting fire behavior with fire danger tables. **Australian Forestry, Queen Victoria**, v. 32, n. 2, p. 71-79, 1968.
- CHUVIECO, E.; CONGALTON, R. G. Application of remote sensing and geographic information systems to forest fire hazard mapping. **Remote sensing of environment**, v. 29, p. 147-159, 1989.
- CONSERVATION INTERNATIONAL. **Biodiversity Hotspots**. Human impacts. Disponível em: <http://www.biodiversityhotspots.org/xp/Hotspots/cerrado/Pages/impacts.aspx>. Acesso em: 17 abr. 2019.
- CRÓSTA, A. P. **Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto**. Campinas: IG/UNICAMP, 1992. 170 p.
- CRUZ, M. A. S.; SOUZA, A. M. B.; JESUS, J. S. Avaliação da cobertura vegetal por meio dos Índices de Vegetação SR, NDVI, SAVI e EVI na bacia do rio Japarutuba-Mirim em

Sergipe. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 15., 2011, Curitiba, Brasil, p. 1357-1365. **Anais [...]**. São José dos Campos: INPE, 2011.

EMPREGO de um sistema de informações geográficas no mapeamento de risco de incêndios florestais. *In*: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE ECOSSISTEMAS FLORESTAIS, 4., Belo Horizonte, 1996, p. 45-46. **Anais [...]**. Belo Horizonte, 1996.

ESPARTEL, L. **Topografia**. Porto Alegre: Editora Globo, 1973. 655 p.

FAGUNDES, V. J. **Incêndios Florestais em Unidades de Conservação de Proteção Integral da região metropolitana de Belo Horizonte, MG**. 2016. 122 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologias e Inovações Ambientais)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2016.

FEAM - FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. **Plano de Manejo da Estação Ecológica do Tripuí-Ouro Preto-MG**. Vol. 1. 1995. 71 p. Disponível em: http://www.ief.mg.gov.br/images/stories/Plano_de_Manejo/EE_Tripui/pmvol1.pdf. Acesso em: 21 fev. 2019

FERREIRA, M. C. E.; HANAZAKI, N.; SIMÕES-LOPES, P. C. Conflitos ambientais e a conservação do boto-cinza na visão da comunidade da Costeira da Armação, na APA de Anhatomirim, Sul do Brasil. **Natureza & Conservação** v. 4, n. 1, p. 64-74, 2006.

FIEDLER, N. C; RODRIGUES, T. O; MEDEIROS, M. B. Avaliação das condições de trabalho, treinamento, saúde e segurança de brigadistas de combate a incêndios florestais em unidades de conservação do distrito federal - estudo de caso. **Revista Árvore**, v. 30, n. 1, p. 55-63, 2006. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622006000100008>

FLORENZANO, T. G. **Iniciação em Sensoriamento Remoto**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

FUJACO, M. A. G.; LEITE, M. G. P.; MESSIAS, M. C. T. B. Análise multitemporal das mudanças no uso e ocupação do Parque Estadual do Itacolomi (MG) através de técnicas de geoprocessamento. **Rev. Esc. Minas**, Ouro Preto, v. 63, n. 4, p. 695-701, 2010.

HEIKKILÄ, T. V.; GRONOVIST, R.; JURVÉLIUS, M. **Handbook on forest fire control**. Helsinki: [s.n.], 1993. 239 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. Disponível em: <https://www.ibama.gov.br/> Acesso em: 24 jun. 2019.

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE. **Série Legislação ICMBio**. Volume 1. Sistema Nacional de Unidades de Conservação. 2009. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/comunicacao/legislacaoambientalvolume1.pdf>. Acesso em: 21 de fev. 2019.

INMET – INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Normais Climatológicas 1981-2010**. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/-normaisClimatologicas>. Acesso em: 19 jul. 2019.

JACINTHO, L. R. C. **Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto como ferramentas na gestão ambiental de unidades de conservação**: o caso da Área de Proteção Ambiental (APA) do Capivari-Monos, São Paulo-SP. 2003. 121 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Minerais) – Universidade de São Paulo, 2003.

KEELEY, J. E.; RUNDEL, P. W. Fire and the Miocene expansion of C4 grasslands. **Ecology Letters**, v. 8, p. 683-690, 2005.

LEEUWEN, W. J. D.; HUETE, A. R.; LAING, T. W. MODIS vegetation index compositing approach: a prototype with AVHRR data. **Remote Sensing of Environment**, v. 69, p. 264-280, 1999.

LIU, W. T. H. **Aplicações de sensoriamento remoto**. Campo Grande: UNIDERP, 2006.

LUCON, T. N. **Análise Espacial das Áreas Verdes do Perímetro Urbano de Ouro Preto (MG)**. 2011. 171 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade de Ouro Preto, MG, 2011.

MEDEIROS, R. **A Proteção da Natureza**: das Estratégias Internacionais e Nacionais às demandas Locais. 2003. 391p. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2003.

MORAES, E. C. INPE-8984-PUD/62 Capítulo 1 fundamentos de sensoriamento remoto. São José dos Campos. 2002. Disponível em : http://www.cavernas.org.br/anais34cbe/34cbe_335-344.pdf. Acesso em: 21 fev. 2019.

MASCARENHAS, L. M. A.; FERREIRA, M. E.; FERREIRA, L. G. Sensoriamento remoto como instrumento de controle e proteção ambiental: análise da cobertura vegetal remanescente na bacia do Rio Araguaia. **Revista Sociedade e Natureza**, v. 21, n. 1, 2008.

MIRANDA, H. S.; BUSTAMANTE, M. M. C.; MIRANDA, A. C. The fire factor. *In*: OLIVEIRA, P. S.; MARQUIS, R. J. (eds.). **The Cerrados of Brazil**: ecology and natural history of a Neotropical Savanna. Columbia: Columbia University Press, 2002. cap. 4, p. 51-68.

MIRANDA, H. S. *et al.* Fires in the Cerrado, the Brazilian savanna. *In*: COCHRANE, M. A. (Ed.). **Tropical Fire Ecology**: Climate Change, Land Use and Ecosystem Dynamics. Heidelberg: Springer-Praxis, 2009. p. 427- 450.

MITTERMEIER, A. R. *et al.* **Uma breve história da conservação da biodiversidade no Brasil**. *In*: SILVA, J. M. C. (Org.). **Megadiversidade**: desafios e oportunidades para a conservação da biodiversidade no Brasil. Conservação internacional. 2005. p. 14-21.

NEGRI, E. Introdução ao Sensoriamento Remoto. *In*: NEGRI, E. **Geografia e Sensoriamento Remoto**. Consórcio CEDERJ. Rio de Janeiro: CECIERJ, 2016. 189 p.

OLIVEIRA, L. M. M. *et al.* Análise quantitativa de parâmetros biofísicos de bacia hidrográfica obtidos por sensoriamento remoto. **Revista de Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 9, p. 1209 - 1217, Set. 2012.

PEREIRA, P. F.; SCARDUA, F. P. Espaços territoriais especialmente protegidos: conceito e implicações jurídicas. **Ambient. soc.**, Campinas, v. 11, n. 1, p. 81-97, 2008.

PHILLIPS, C.; NICKEY, B. The concept of spatial risk and its application to fire prevention. **Fire management notes**, v. 39, p. 4-19, 1978.

RAMOS, A. G. **Introdução Crítica à Sociologia Brasileira**. Rio de Janeiro: Editora UFRJ, 1995.

ROUSE, J.W. *et al.* **Monitoring vegetation systems in the great plain with ERTS**. *In*: SYMPOSIUM EARTH RESOURCES TECHNOLOGY SATELLITE, 3., Washington, p. 309-317, 1973. **Proc [...]**. Washington, 1973.

SANTOS, S.; FREITAS, H.; LUCIANO, E. M. **Dificuldades para o uso da Tecnologia da Informação**. São Paulo: RAE na web, 2004. 33 p.

SERRA, L. A. O. **O potencial dos UAV para atualização de cartografia municipal**. 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia Geográfica, Geofísica e Energia) - Universidade de Lisboa, 2014.

SILVA, D. C. **Evolution of Photogrammetry in Brazil**. 2015.

SILVA, J. C. *et al.* Avaliação das brigadas de incêndios florestais em unidades de conservação. **Revista Árvore**, v. 27, n. 1, p. 95-101. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622003000100013>

SOARES, R. V. **Prevenção e controle de incêndios florestais**. [S.l.]: ABEAS, 1984. 120 p.
SOARES, R. V. **Incêndios Florestais: controle e uso do fogo**. Curitiba: Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná, 1985. 213p.

USGS. United States Geological Survey – MOD13A2 v006. Disponível em: <https://lpdaac.usgs.gov/products/mod13a2v006/>. Acessado em 15 de julho de 2019.

VALIDAÇÃO de focos de calor utilizados no monitoramento orbital de queimadas por meio de imagens TM. 2019. Disponível em: <https://www.redalyc.org/html/744/74423522019/>. Acesso em: 21 de fev. 2019.

VETTORAZZI, C. A.; FERRAZ, S. F. B. Uso de sistemas de informações geográficas aplicados à prevenção e combate a incêndios em fragmentos florestais. **ESALQ- Série Técnica IPEF**, v. 12, n. 32, p. 111-115, dez. 1998.

VIEIRA, I. C. G.; BECKER, B. K. A revisão do Código Florestal e o desenvolvimento do país. **Revista Ciência Hoje**, Rio de Janeiro, v. 46, n. 274, p. 64-67, 2010.

WHELAN, R. J. **The Ecology of Fire**. Cambridge: Cambridge University Press, 1995. 346 p.