



Flávio Henrique Nery

Identificação das Áreas Potenciais
para a Ocorrência de Incêndios
Florestais no Parque Nacional da
Serra da Canastra

XIII Curso de Especialização em
Geoprocessamento
2011



UFMG
Instituto de Geociências
Departamento de Cartografia
Av. Antônio Carlos, 6627 – Pampulha
Belo Horizonte
cartog@igc.ufmg.br

FLÁVIO HENRIQUE NERY

**Identificação de Áreas Potenciais para a Ocorrência de
Incêndios Florestais no Parque Nacional da Serra da
Canastra**

Monografia apresentada como requisito parcial à
obtenção do grau de Especialista em
Geoprocessamento. Curso de Especialização em
Geoprocessamento. Departamento de
Cartografia. Instituto de Geociências.
Universidade Federal de Minas Gerais.

Orientador: Prof. Dr. Sergio Donizete Faria

BELO HORIZONTE

2011

N456i Nery, Flávio Henrique.
2011 Identificação das áreas potenciais para a ocorrência de incêndios florestais no Parque Nacional da Serra da Canastra [manuscrito] / Flávio Henrique Nery. – 2011.
38 f. : il., mapas (color.), tabs.

Monografia (especialização) – Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências, 2011.

Orientador: Sergio Donizete Faria.

Bibliografia: f. 33-34.

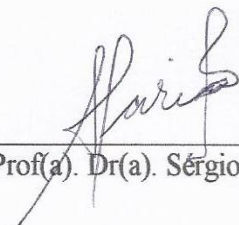
Inclui apêndices.

1. Incêndios florestais. 2. Parque Nacional da Serra da Canastra (MG). 3. Geoprocessamento. I. Faria, Sérgio Donizete. II. Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências. III. Título.

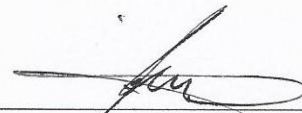
CDU: 614.841.42:630(815.1)

Aluno (a) Flávio Henrique Nery

Monografia defendida e aprovada em cumprimento ao requisito exigido para obtenção do título de Especialista em Geoprocessamento, em 23 de novembro de 2011, pela Banca Examinadora constituída pelos professores:



Prof(a). Dr(a). Sérgio Donizete Faria



Prof(a). Dr(a). Plínio da Costa Temba

"A Canastra tem, entre outros, o poder de transformar-se, reconstruir-se e, quando respeitada, fazer-se ainda mais bela. É no convívio que se compreende que a região é uma arapuca dessas deliciosas de se entrar, que nos torna reféns das artimanhas da natureza e nos faz depender da aprumada linguagem local para decifrá-la. A Canastra ensina o valor da paciência..."

Trecho do livro

Serra da Canastra: diversidade infinita, 2011
Autores: Gambarini, A.; Paula R.C.; Mota L.D.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao professor Sérgio Donizete Faria pelo apoio e orientação, prezando sempre pela qualidade do resultado final.

Agradeço ao Instituto Terra Brasilis por possibilitar o despertar.

Agradeço à bióloga Flávia Ribeiro Silva, do Instituto Terra Brasilis, por auxiliar nas buscas dos dados e encaminhamento dos questionários.

Agradeço à Geógrafa Amanda Alves dos Santos por contribuir com o seu conhecimento e proporcionar diálogos enriquecedores.

Por fim, agradeço a todos os profissionais que contribuíram com os preenchimentos dos questionários utilizados neste trabalho.

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo a identificação áreas potenciais para as ocorrências de incêndios florestais no Parque Nacional da Serra da Canastra utilizando técnicas de geoprocessamento. Com este estudo foi possível apontar quais os locais que apresentam condições favoráveis para iniciar o processo de incêndio, assim como seus principais agentes. Foram realizadas as junções das feições geográficas de relevância para a análise, utilizando a análise de multicritérios e álgebra de mapas. Os temas levantados para o estudo foram o uso do solo, a declividade, as estradas, as trilhas, atrações turísticas e focos de calor. Essas variáveis foram avaliadas por especialistas da área em estudo para a definição de pesos e notas para cada tema, onde, após a ponderação foram reclassificados no formato *raster*. Os mapas elaborados foram cruzados pela técnica de álgebra de mapas que gerou o mapa síntese deste estudo. O resultado seguiu a tendência dos últimos registros de focos no parque, onde as estradas tendem a ser um fator importante para analisar os incêndios dentro do parque nacional da Serra da Canastra.

Palavras chaves: Incêndios florestais, Serra da Canastra, Geoprocessamento, Análise Multicritério.

SUMÁRIO

	Pág.
LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE TABELAS	x
LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS	xi
CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO	12
1.1 Apresentação	12
1.2 Objetivos	13
CAPÍTULO 2 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	14
2.1. Incêndios florestais	14
2.1.1. Fatores de propagação dos incêndios florestais	15
2.1.2. Formas e tipos de incêndios florestais	15
2.1.3. Causas dos incêndios florestais	16
2.2. Incêndios florestais no Parque Nacional Serra da Canastra	16
2.3. Geoprocessamento	18
2.4. Análise dos dados espaciais	18
2.4.1. Análise de multicritério e álgebra de mapas	18
2.4.2. Superfície de Densidade kernel	19
CAPÍTULO 3 – MATERIAIS E METÓDOS	20
3.1. Caracterização da área de estudo	20
3.2. Materiais	21
3.3. Metodologia	22
3.3.1. Seleção das variáveis	22
3.3.2. Organização e tratamento dos planos temáticos	23
3.3.3. Ponderação das variáveis	23
3.3.4. Cruzamento dos dados	24
3.3.5. Elaboração dos mapas finais	26
CAPÍTULO 4 – RESULTADOS E DISCUSSÕES	27
4.1. Mapa com os fatores fisiográficos	27
4.2. Mapa com os fatores de ignição	28
4.3. Mapa com as áreas potenciais para a ocorrência de incêndios florestais	30
CAPÍTULO 5 - CONCLUSÃO	32
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	33
A APENDICE A – QUESTIONÁRIO	35
B APENDICE B - MAPAS FINAIS	36

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 - Mapa de localização do Parque Nacional Serra da Canastra.	21
Figura 2 - Árvore de decisão.	22
Figura 3 - Focos de calor.....	25
Figura 4 - Focos de calor reclassificado.....	25
Figura 5 - Mapa com os fatores fisiográficos.	28
Figura 6 - Mapa com os fatores de ignição	30
Figura 7 - Mapa das áreas potenciais para ocorrência de incêndios.	31

LISTA DE TABELAS

	Pág.
Tabela 1 - Média dos questionários entregues para elaboração do mapa de fatores fisiográficos.	27
Tabela 2 - Média dos questionários entregues para elaboração do mapa com os fatores de ignição.	28

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ICMBIO	- Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade
IEF	- Instituto Estadual de Florestas
INPE	- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
MDE	- Modelo Digital de Elevação
MDT	- Modelo Digital de Terreno
PARNA	- Parque Nacional
PDI	- Processamento Digital de Imagens
PNSC	- Parque Nacional Serra da Canastra
SRTM	- <i>Shuttle Radar Topography Mission</i>
UTM	- Universal Transversa de Mercator
WGS84	- <i>World Geodetic System 1984</i>

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1 Apresentação

A ocorrência de grandes incêndios florestais em Unidades de Conservação no Brasil pode ser considerada uma grave ameaça para a conservação da biodiversidade e manutenção de processos ecológicos. As causas dos incêndios florestais nas Unidades de Conservação se devem, principalmente, ao uso incorreto do fogo para renovação de pastagens e limpeza de restos de cultura nas propriedades vizinhas. Neste sentido, frequentemente não são realizados aceiros, as condições climáticas não são verificadas, o período da realização da queima é inadequado e há desconhecimento sobre equipamentos de controle do fogo e alternativas ao uso de queimadas. Além disso, temos as ações de incendiários, caçadores, pescadores e soltura de balões, entre outras.

Os incêndios florestais são particularmente graves para áreas pequenas, em ecossistemas muito sensíveis ao fogo, áreas isoladas por cidades ou monoculturas agrícolas e áreas com espécies raras e/ou ameaçadas de extinção. Nestas áreas, há maior possibilidade de grandes incêndios comprometerem a manutenção de populações de algumas espécies. Deve-se considerar ainda que grande parte das Unidades de Conservação no Brasil apresenta uma ou mais destas características vulneráveis.

Nas últimas décadas, com a crescente ocupação e conversão do cerrado em áreas agrícolas, as Unidades de Conservação localizadas neste bioma têm sido constantemente impactadas pela ação frequente de incêndios florestais. Portanto, o controle dos incêndios cada vez mais frequente em áreas protegidas é uma das grandes preocupações no manejo de Unidades de Conservação. Os incêndios provocam impactos aos ecossistemas, recursos hídricos e solos, muitas vezes irreversíveis, a exemplo da perda de indivíduos de espécies da flora/fauna e empobrecimento do solo.

O Parque Nacional da Serra da Canastra (PNSC), localizado no sul do Estado de Minas Gerais, apresenta uma propensão ao fogo por ser caracterizado pela predominância de vegetação de campos nativos e estar em uma área que durante vários anos utilizou práticas

de manejo de forma incorreta. A combinação desses fatores têm ocasionado incêndios de difícil controle nessa área

1.2 Objetivos

Este trabalho tem como objetivo geral identificar as áreas propícias às ocorrências de incêndios florestais na área do Parque Nacional da Serra da Canastra.

Os objetivos específicos são:

- avaliar a situação dos incêndios florestais na Serra da Canastra;
- apontar os principais atores associados que favorecem a ignição para a ocorrência dos incêndios.

CAPÍTULO 2

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo são apresentados uma breve descrição e conceitos gerais relacionados aos incêndios florestais e geoprocessamento, os quais fazem parte da metodologia de análise utilizada no presente trabalho.

2.1. Incêndios florestais

Segundo o manual de prevenção de incêndios florestais da Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG, 1995), o fogo é considerado um fenômeno que ocorre quando se aplica calor a um material em presença do ar (oxigênio), ocorrendo à combustão, elevando a temperatura deste até a liberação de gases.

Para a ocorrência do incêndio florestal é necessário a combinação de três fatores: calor, ar e combustível. Quando uma substância combustível é submetida à ação do calor, suas moléculas se movem mais rapidamente. Com o aumento da temperatura, haverá a liberação de gases que resultarão nas chamas, resultando no incêndio.

Portanto, as principais fases que ocorrem simultaneamente durante a ocorrência de um incêndio florestal são (CEMIG, 1995):

- preaquecimento do material combustível (110°C);
- combustão dos gases (200°C);
- queima do material combustível (300°C a 400°C).

Os tipos de combustíveis florestais se classificam em ligeiros (ervas, folhas, ramos), pesados (troncos, galhos, raízes) e verdes (plantas vivas com folhagem). Essa classificação corresponde à velocidade de combustão que reduz do primeiro para o último. O combustível ainda pode se apresentar com várias disposições: continuidade horizontal, separação horizontal, continuidade vertical, separação vertical. Estas disposições são determinantes para a propagação do calor (IBAMA, 1993).

2.1.1. Fatores de propagação dos incêndios florestais

Nas formas de propagação dos incêndios florestais se destacam quatro formas (CEMIG, 1995):

- condução: é a transferência de calor por uma contato através das moléculas de um corpo sólido;
- convecção: é a transferência de calor por uma coluna de partículas de ar quente que se move de forma circular e ascendente;
- radiação: é a transferência de calor através do espaço, por ondas em todas as direções;
- fagulhas: é a transferência de calor através de chispas provocadas pela convecção e pela topografia.

Dentre os principais fatores que influenciam na propagação dos incêndios florestais destacam-se (MOREIRA, 1992):

- topografia: em áreas com declividade mais acentuada, o fogo tende a avançar mais depressa ladeira acima, porque o ar quente tende a subir, secando antes os combustíveis situados na porção superior da área do incêndio;
- umidade e material combustível: a quantidade de combustível em uma área vegetada e sua distribuição são características importantes para a disseminação do fogo, assim como a umidade presentes na vegetação;
- condições climáticas: umidade relativa do ar, vento e precipitação controlam a umidade do material combustível. Se o ar é seco, a combustão é mais rápida, porque absorve o vapor de água liberado pelo combustível. O vento atua na velocidade da propagação porque direciona oxigênio para a combustão, transporta o ar aquecido, resseca os combustíveis e dispersa partículas em ignição.

2.1.2. Formas e tipos de incêndios florestais

Um incêndio sempre se inicia de um pequeno foco que tende a se propagar para todos os lados. Vários fatores definem a forma final dos incêndios que podem ser com forma circular, forma irregular e forma elíptica (influência do vento). O incêndio é formado pela

cabeça ou frente. A frente avança mais rapidamente queimando com mais intensidade do que a cauda ou base (situada na direção oposta).

Quanto aos tipos de incêndios, podem ser classificados em função dos estratos da vegetação afetada (CEMIG, 1995):

- incêndios superficiais: propagam-se na superfície do solo, queimando restos não decompostos até cerca de 2 metros de altura; possuem propagação rápida, abundância de chamas e liberação intensa de calor;
- incêndios subterrâneos: propagam-se lentamente através das camadas de húmus ou turfa existentes sobre o solo mineral; apresentam pouca fumaça, sendo de difícil detecção e combate;
- incêndios de copa: caracterizam-se pela propagação do fogo através das copas das árvores; geralmente ocorrem a partir de incêndios superficiais; propagam-se rapidamente e tem grande poder de destruição.

2.1.3. Causas dos incêndios florestais

De acordo com o relatório da CEMIG (1995) apresentando as principais causas dos incêndios, destacam-se as ocorrências naturais (raios), incendiários, queimas agrícolas ou florestais, estradas e turistas.

2.2. Incêndios florestais no Parque Nacional Serra da Canastra

O Parque Nacional Serra da Canastra (PNSC) foi criado em 3 de abril de 1972, por meio do Decreto nº 70.355/1972 (BRASIL, 1972), e está situado na região sudoeste do Estado de Minas Gerais compreendendo uma área de aproximadamente 200.000 hectares. Da área decretada do PNSC, 71.525 ha estão com a situação fundiária regularizada (chapadão da Canastra), ou seja, sob posse e domínio do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). O restante da área decretada e ainda não regularizada é constituído por propriedades privadas, sendo denominado Chapadão da Babilônia.

Segundo IBAMA (2005), os dados sobre a ocorrência de incêndios na região são coletados pelos funcionários do IBAMA sistematicamente desde 1987, elaborando relatórios de ocorrência de incêndios para a caracterização do regime de fogo no PNSC. No entanto, os

registros sobre ocorrência de incêndios disponíveis na sede da Unidade se referem apenas à área do Chapadão da Canastra (71.525 ha). Os dados analisados nos relatórios incluíram: causas de incêndios, área queimada e datas de ocorrência. A maior parte das causas de incêndios no PNSC, desde 1987, é de origem humana, apesar do grande número de incêndios causados por raios, os chamados incêndios naturais.

Estudos em Unidades de Conservação em áreas de cerrado verificaram frequência elevada de incêndios causados por raios (MEDEIROS, 2004), distúrbio este que, teoricamente, pode beneficiar a diversidade de espécies. Distúrbios naturais, como o fogo são eventos rápidos que causam mudanças em comunidades, espécies, populações e disponibilidade de recursos. Ocorrendo habitualmente em certas comunidades naturais, este tipo de distúrbio é fundamental para a ecologia de tais sistemas, estando as espécies que ocorrem nestes ambientes adaptadas a um “regime de distúrbio” específico, considerando frequência, intensidade e extensão dos eventos que ocorrem em uma área. De forma natural, estes distúrbios são pequenos e pouco destrutivos, enquanto eventos de grande magnitude são mais raros.

Ainda segundo Medeiros (2004), entre as causas humanas, a maior parte é criminosa, originada por incendiários. O grande número de incêndios desta natureza no Parque é problemático devido à complexidade de motivos que levam o indivíduo a cometer esses atos criminosos. O uso do fogo como ferramenta de manejo agropecuário também é causa importante de incêndios na região. Embora muitos fazendeiros da região declarem a realização de aceiros para controlar os incêndios, aparentemente esta prática não tem sido eficiente. Além disso, não há conhecimento, nas fazendas, de técnicas específicas de controle de queimadas, equipamentos adequados, horários mais favoráveis e um calendário de queima. De forma geral, técnicas alternativas ao uso do fogo também não são disponibilizadas na região.

No PNSC as estradas/aceiros no Chapadão da Canastra têm causado uma diminuição na velocidade de propagação do fogo em alguns trechos e, em alguns casos, barram a continuidade dos incêndios. No Chapadão da Canastra há uma estrada que atravessa a chapada ligando a Portaria São Roque até a Portaria Sacramento, com uma extensão de 60 km. Algumas estradas, perpendiculares a esta, seguem em direção ao norte do Parque, totalizando aproximadamente 30 km de extensão. Estas estradas não possuem uma faixa de

alargamento pelo uso do fogo, o chamado aceiro negro, reduzindo assim a eficiência na contenção da propagação de incêndios de alta velocidade (IBAMA et al, 2005).

Deve-se considerar também que praticamente não ocorre perícias nos incêndios que acontecem no Parque. Assim, entre os incêndios de causa humana indefinidos, provavelmente, há muitos com origem nas fazendas do entorno, considerando a prática disseminada do uso do fogo na região para renovação de pastagens, geralmente com frequência bienal em cada propriedade rural.

2.3. Geoprocessamento

Geoprocessamento é o conjunto de tecnologias destinadas à coleta e tratamento de dados e informações espaciais e georreferenciadas, assim como o desenvolvimento de novos sistemas e aplicações (ROSA, 1995; XAVIER-DA-SILVA e ZAIDAN, 2004). Os sistemas computacionais para geoprocessamento são denominados Sistemas de Informações Geográficas (SIG).

2.4. Análise dos dados espaciais

O método utilizado para análise dos dados espaciais segue explicitado abaixo.

2.4.1. Análise de multicritério e álgebra de mapas

A análise multicritério é uma forma de análise espacial que compreende no cruzamento de variáveis envolvidas em determinado fenômeno. Ela permite a criação de informações novas, servindo de apoio à tomada de decisões.

A análise multicritério compreende três métodos: especialista, Delphi e assinatura. No método especialista são escolhidos especialistas das áreas definidas na análise para que estes definam as variáveis, notas e pesos. A consulta, neste caso, acontece de forma direta. O método Delphi requer a opinião de especialistas em mais de uma rodada visando um consenso. O método assinatura requer o reconhecimento de pontos no território para o qual já se tenha uma resposta (MOURA, 2003).

Na análise multicritério é necessário a conversão dos vetores a serem utilizados para o formato *raster*.

De modo simples, a álgebra de mapas corresponde à matemática aplicada a mapas no formato *raster*. Isso é possível pelo fato dos mapas nesse formato serem representados por matrizes georreferenciadas de números. Dispondo várias camadas de dados raster, que representam diferentes informações, é possível realizar desde operações aritméticas simples até operações mais complexas.

2.4.2. Superfície de Densidade kernel

De acordo com Hengl (2007), o estimador de *kernel* foi originalmente desenvolvido para obter a estimativa de densidade de probabilidade univariada ou multivariada de uma amostra observada. Estimar a intensidade de um padrão de pontos é como estimar uma densidade de probabilidade bivariada. Pode-se adaptar a estimativa bivariada de *kernel* para se obter uma estimativa de intensidade do padrão de pontos.

Quando se estima o *kernel* sobre uma grade de localizações pode-se pensar em uma função tridimensional que visita cada ponto dessa grade. Calculam-se as distâncias de cada ponto aos eventos observados dentro da região de influência limitada por uma distância. Essas distâncias contribuem para o cálculo da intensidade estimada no ponto. Seu objetivo é obter uma estimativa suavizada da densidade de eventos por unidade de área.

CAPÍTULO 3

MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo é apresentada a caracterização da área de estudo, os materiais e a metodologia utilizada neste trabalho.

3.1. Caracterização da área de estudo

A região da Serra da Canastra está situada na porção sudoeste do estado de Minas Gerais, onde se localiza o Parque Nacional da Serra da Canastra, conforme ilustrado no mapa de localização da Figura 1. Abrangendo partes dos municípios de São Roque de Minas, Sacramento, Delfinópolis, Vargem Bonita e Capitólio. Essa unidade de conservação pode ser dividida em dois grandes espaços (IBAMA et al, 2005):

- Chapadão da Canastra é constituída da área consolidada, com 71.525 ha, onde a situação fundiária encontra-se regularizada, ou seja, sob posse e domínio do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) e da borda desta chapada ainda não regularizada.
- Chapadão da Babilônia é constituído de aproximadamente 130.000 ha da área decretada, mas ainda não regularizada.

Esta região está inserida no domínio fitogeográfico do Cerrado. Sua vegetação consiste, em grande parte, em formações campestres, que englobam o campo limpo, campo sujo e campo rupestre. Em menores proporções, há também formações savânicas (cerrado *sensu stricto*) e formações florestais (mata ciliar, mata de galeria, mata de encosta, mata seca e cerradão). Além destes, atualmente na região existem ambientes antropizados (áreas urbanizadas, estradas, acessos, lavras a céu aberto, culturas, pastagens e reflorestamentos homogêneos) (IBAMA, et all, 2005). O limite sul da área de estudo é uma área de transição do bioma Mata Atlântica, resultando em influência deste último na composição das espécies da região.

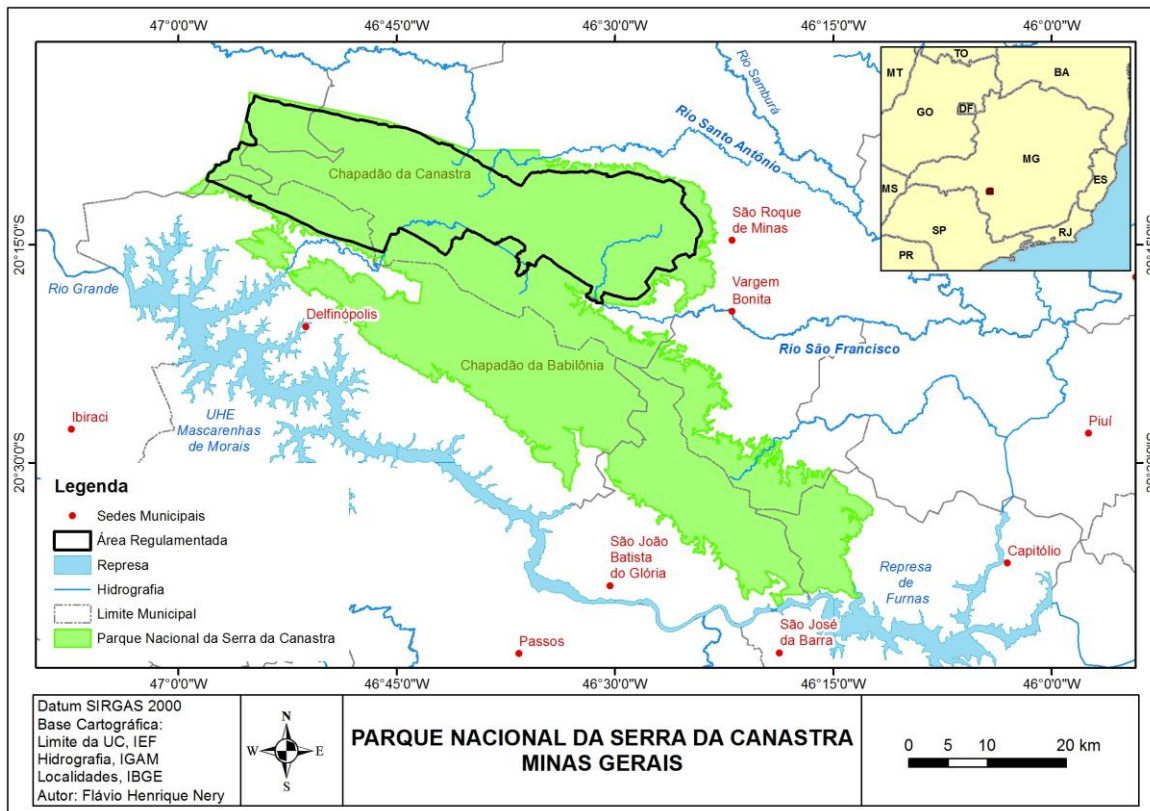


Figura 1 – Mapa de localização do Parque Nacional Serra da Canastra.

O clima é o tropical sazonal, de inverno seco. As temperaturas médias anuais oscilam entre 22-23°C, sendo que as médias mensais apresentam pequena estacionalidade. A precipitação média anual varia entre 1.200 e 1.800 mm, concentrando-se nos meses de primavera e verão (outubro a março), que é a estação chuvosa (MEDONÇA, 2007).

O sistema hidrográfico da região abrange as porções de cabeceiras das bacias dos rios São Francisco e Paraná, estando este representado pelas bacias do rio Grande, ao sul, e a do rio Paranaíba, ao norte, a qual recebe os aportes das cabeceiras do rio Araguari. As características mais marcantes da região são a densa rede de drenagem com inúmeros tributários e centenas de nascentes que alimentam os diversos cursos d'água (AB'SÁBER, 2003).

3.2. Materiais

Os materiais utilizados no presente trabalho são:

- *Softwares* ArcGis 10 e Envi Ex;
- Base de dados do ICMBio, IEF e CPTEC-INPE;

- Imagem de satélite Landsat 5, INPE;
- Modelo Digital de Elevação SRTM, Embrapa.

3.3. Metodologia

A metodologia para definir as áreas potenciais para a ocorrência dos incêndios florestais se apresenta da seguinte forma:

3.3.1. Seleção das variáveis

As variáveis foram selecionadas de acordo com os principais fatores para a ocorrência de incêndios florestais citados no plano de manejo do parque (IBAMA, et all, 2005) e no manual da CEMIG (1995). Algumas variáveis não foram possíveis de utilizar devido à dificuldade de obtenção dessas informações. As variáveis selecionadas foram: uso do solo, estradas, atrativos turísticos, focos de calor, trilhas e declividade. Essas variáveis foram arranjadas em uma estrutura de árvore decisão (Figura 2).

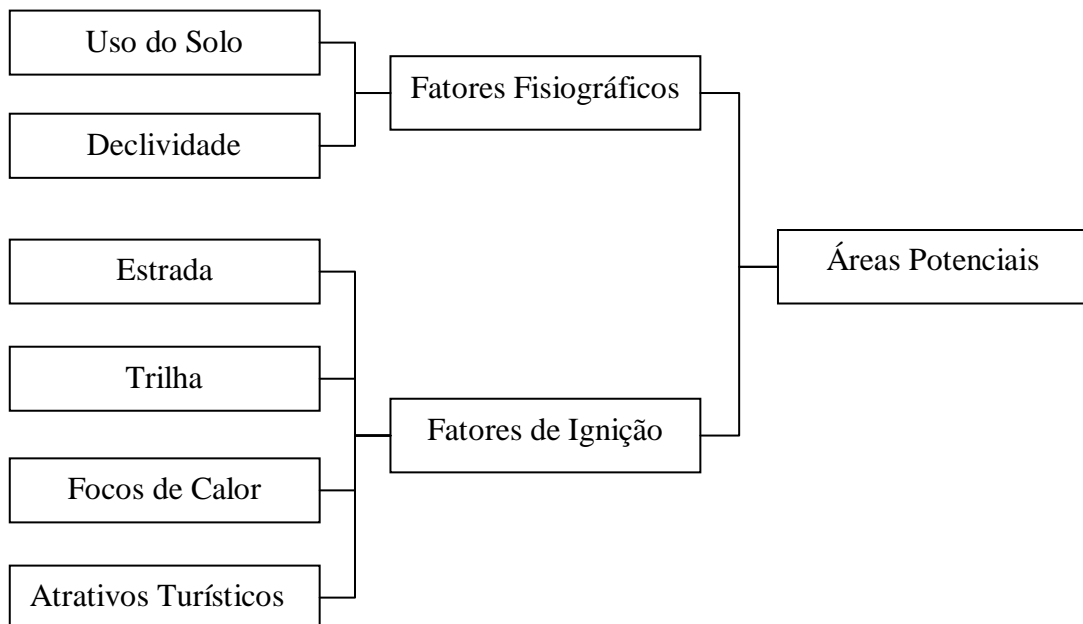


Figura 2 - Árvore de decisão.

3.3.2. Organização e tratamento dos planos temáticos

Os dados referentes ao uso e ocupação do solo foram adquiridos através da classificação de imagens Landsat 5, em escala 1:150.000, utilizando o *software* ENVI.

As variáveis fisiográficas consistem do mapa de uso e ocupação do solo que é composto pelas unidades campestres, mata e água. Para o mapa de uso do solo tomou-se como referência a tipologia vegetacional do inventário florestal do Instituto Estadual Florestal para definição das unidades de vegetação. Este mapa foi confeccionado a partir da classificação das cenas do Landsat 5 obtidas por meio do catálogo de imagens do INPE.

As cenas utilizadas foram mosaicadas e recortadas de acordo com o limite do parque. Para delimitação das unidades do mapa de uso e ocupação foi realizado processo de classificação supervisionada, por meio do algoritmo MaxVer (máxima verossimilhança), com correção manual de algumas classes e feições.

O mapa de declividade foi construído a partir de um modelo digital de elevação (MDE), *Shuttle Radar Topography Mission*, com curvas de nível com equidistância de 90 m.

As fontes de ignição foram definidas em função da incidência de incêndio causada pelo fator antrópico e também pela ocorrência de focos de calor registrados. Foram considerados os seguintes dados: estradas, trilhas, atrativos turísticos e focos de calor.

Os dados referentes às estradas, trilhas e atrativos turísticos foram obtidas pelas informações presentes no plano de manejo do parque (IBAMA, 2005) e posteriormente adensados por meio de digitalização de feições da imagem Landsat.

Os focos de calor utilizados são referentes ao período de 2001 a 2010. É importante ressaltar que os focos de calor disponibilizados pelo INPE, não representam, necessariamente, a ocorrência de incêndio. Para utilização dos dados de focos de calor optou-se por considerar a densidade de ocorrência espacialmente. Para isso, foram gerados mapas de densidade do tipo *kernel*, onde a influência da feição decresce em função da distância e estipulando-se um raio de influência para cada tipo de dado.

3.3.3. Ponderação das variáveis

A análise multicritérios por meio do modelo “*knowledge-driven*” foi a técnica de ponderação escolhida para o estudo.

Foi elaborado um questionário utilizando a metodologia “especialista”, em formato de tabela (Apêndice A), com as variáveis selecionadas, distribuídas por atributos ou áreas de influência.

Nesse método os especialistas definem valores de 0 a 10 para os atributos das variáveis e também estabelecem uma hierarquia entre eles, distribuindo pesos de 0 a 100%, de acordo com a influência dos temas para o fenômeno estudado. Os valores dos pesos e das notas são maiores quanto mais altas a propensão ao incêndio do atributo ou da faixa de influência analisada. Os resultados obtidos através da aplicação do questionário foram submetidos ao cálculo de média ponderada para gerar uma única informação.

3.3.4. Cruzamento dos dados

As bases vetoriais foram organizadas de acordo com as consultas feitas aos especialistas, definindo as áreas de influencias para cada variável. Com isso foi feita a conversão de vetor (Figura 4) para *raster* para possibilitar a reclassificação dos valores de cada componente da legenda (Figura 5). Neste momento foi definido o número de classes para cada tema, seguindo a hierarquia dos valores gerados pelo cálculo da média dos questionários aplicados.

Os dados reclassificados da ponderação das variáveis (Figura 5) foram submetidos ao processo de álgebra de mapas por meio da equação de soma. Para a realização do cruzamento espacial de variáveis através dessa técnica é necessário a utilização da estrutura de representação computacional de campos. Para Barbosa (1998) esse tipo de representação “apresenta o mundo real como uma superfície contínua, sobre a qual entidades geográficas variam continuamente segundo diferentes distribuições”. A utilização desse tipo de representação não implica na não utilização das informações obtidas por uma estrutura de objetos, na qual “a realidade é vista como uma superfície ocupada por entidades identificáveis e cada posição (X,Y) do espaço poderá estar ou não ocupada” mas sim na transformação dessas, quando possível, para estruturas de campos (BARBOSA, 1998). O objetivo desse processo é realizar o cruzamento das variáveis obtendo como resultado os dois mapas intermediários e posteriormente o mapa síntese (Apêndice B).

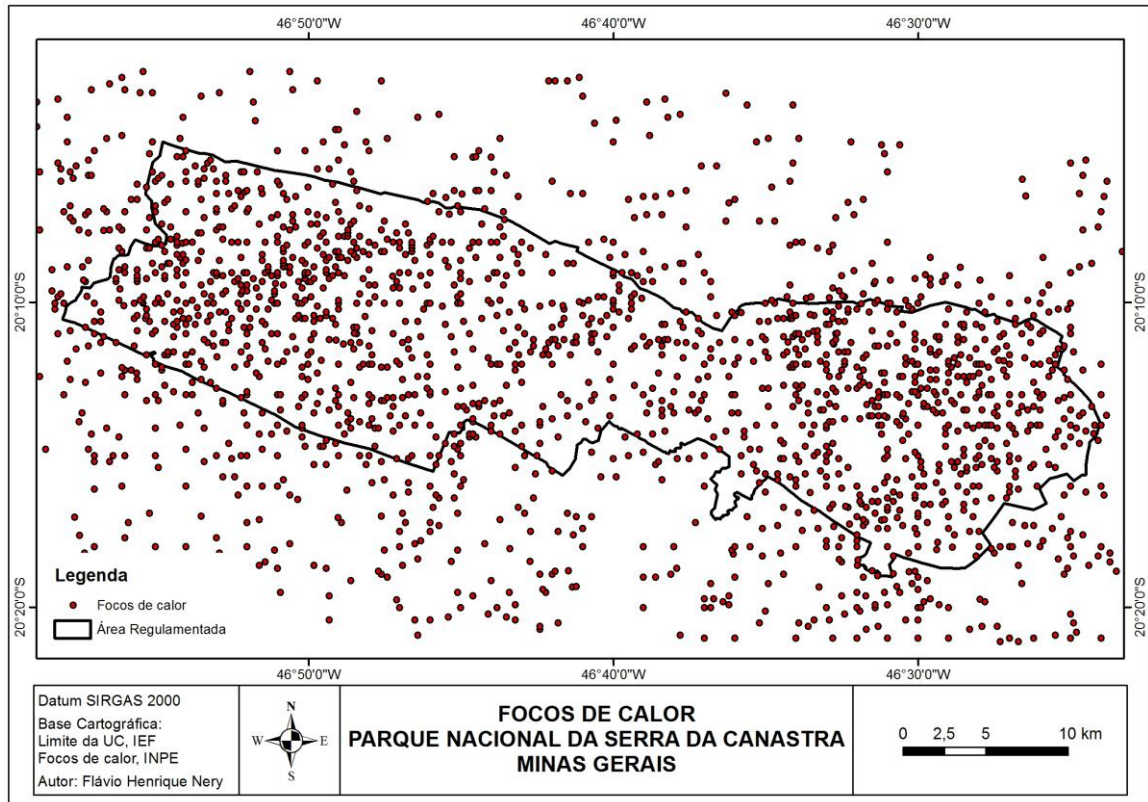


Figura 3 - Focos de calor.

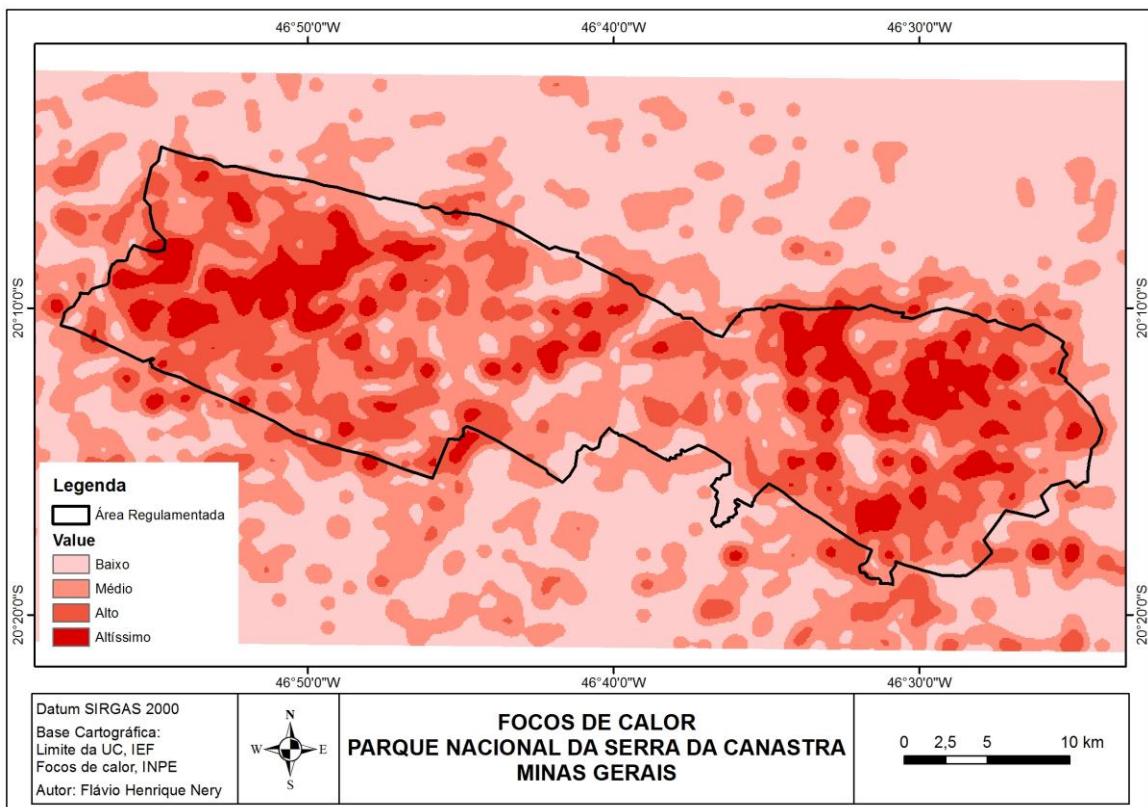


Figura 4 – Focos de calor reclassificado.

3.3.5. Elaboração dos mapas finais

Os mapas resultantes do processo de álgebra são classificados pelo método de quebra natural com cinco classes de análise denominadas alto, médio a alto, médio, baixo a médio e baixo. Para cada um dos temas é elaborado um *layout* contendo o mapa temático resultante do processo de álgebra.

CAPÍTULO 4

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo são apresentados os resultados da aplicação da análise multicritérios e álgebra de mapas para geração dos mapas das áreas potenciais para ocorrência de incêndios florestais no Parque Nacional Serra da Canastra.

4.1. Mapa com os fatores fisiográficos

O mapa com os fatores fisiográficos foi elaborado a partir das variáveis uso do solo e declividade (Apêndice A). As notas foram estabelecidas de acordo com o conhecimento de especialistas que atribuíram a relação dos componentes da legenda com a temática do trabalho.

Os pesos foram estabelecidos segundo a seguinte hierarquia 60% declividade e 40% uso do solo (Tabela 1).

Tabela 1 - Média dos questionários entregues para elaboração do mapa de fatores fisiográficos.

Tema	Peso (%)	Legenda	Nota (0 a 10)
Uso do Solo	40	Campo Limpo	10
		Campo Sujo	7
		Campo Rupestre	8
		Mata	5
		Água	0
Declividade (graus)	60	0 a 20	5
		20 a 40	7
		40 a 60	8
		acima de 60	10

Para a representação espacial dos dados utilizou-se os valores apresentados no questionário (Apêndice A) para reclassificar, ponderar e somar pixel a pixel as variáveis. O mapa da Figura 5 apresenta a representação dos dados.

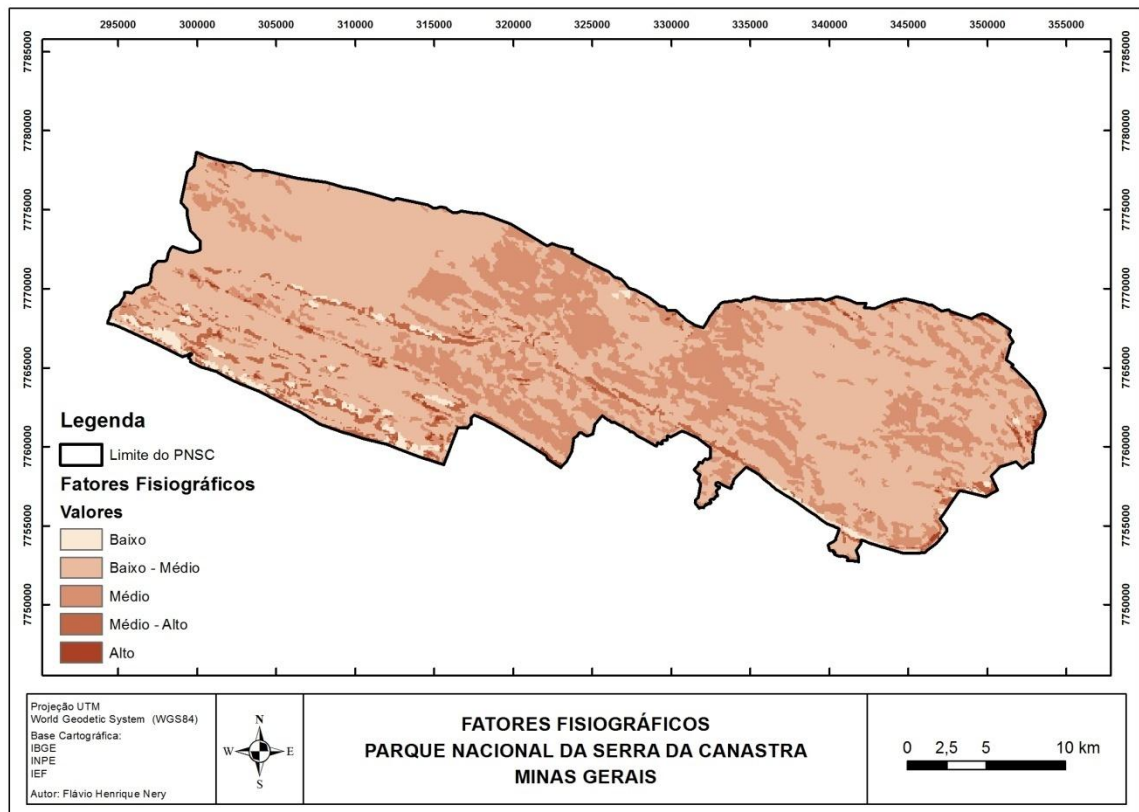


Figura 5- Mapa com os fatores fisiográficos.

4.2. Mapa com os fatores de ignição

O mapa com os fatores de ignição foi elaborado a partir das variáveis estradas, trilhas, focos de calor e atrativos turísticos. As notas foram estabelecidas de acordo com o conhecimento de especialistas que atribuíram a relação dos componentes da legenda com a temática do trabalho (Apêndice A).

Os pesos foram estabelecidos segundo a seguinte hierarquia, 50% estradas, 25% trilhas, 20% focos de calor e 5% atrativos turísticos (Tabela 2).

Tabela 2 - Média dos questionários entregues para elaboração do mapa com os fatores de ignição.

Tema	Peso (%)	Legenda	Nota (0 a 10)
Proximidade das Estradas (em metros)	50	0 a 300	10
		300 a 600	8
		600 a 900	6
		acima de 900	4
Proximidade de Trilhas (em metros)	25	0 a 100	10
		100 a 200	8
		200 a 300	5
		acima de 300	2
Focos de Calor (em metros)	20	0 a 100	10
		100 a 200	7
		200 a 300	4
		acima de 300	1
Proximidade dos Atrativos Turísticos (em metros)	5	0 a 100	10
		100 a 200	9
		200 a 300	4
		acima de 300	1

Para a representação espacial dos dados utilizou-se os valores apresentados no questionário (Apêndice A) para reclassificar, ponderar e somar pixel a pixel as variáveis. O mapa da Figura 5 apresenta os dados.

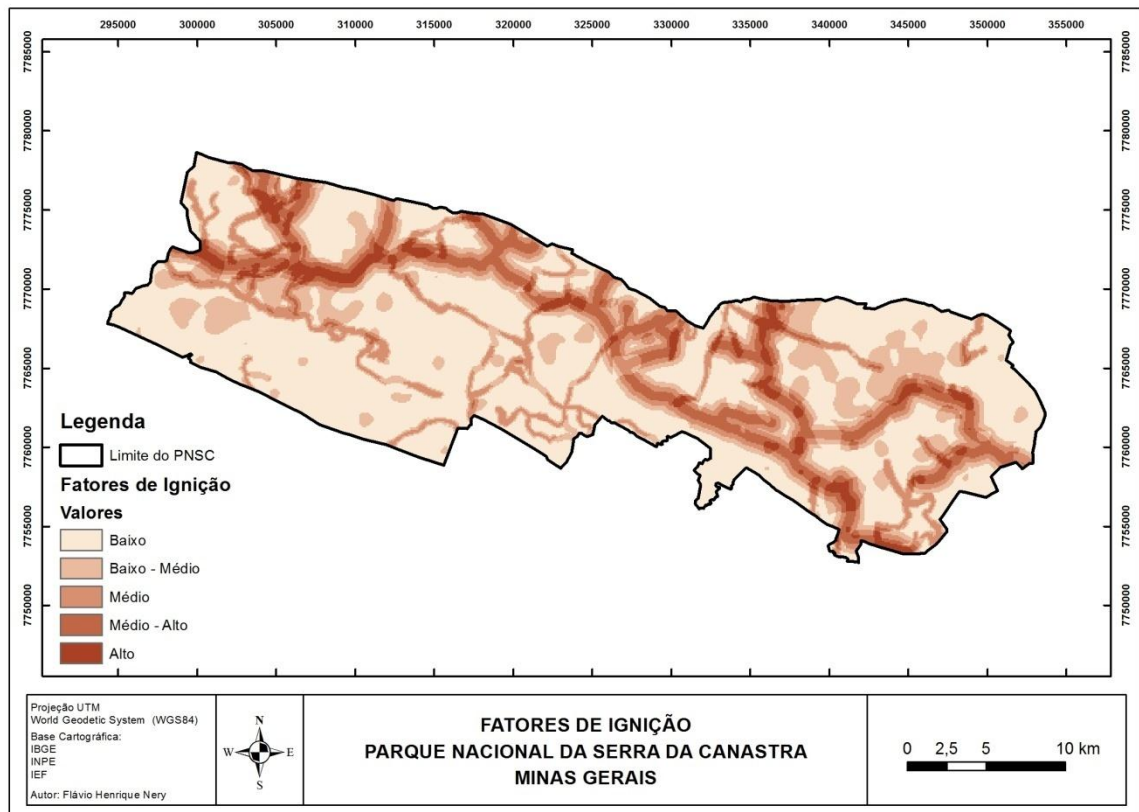


Figura 6 - Mapa com os fatores de ignição

4.3. Mapa com as áreas potenciais para a ocorrência de incêndios florestais

O mapa com as áreas potenciais para a ocorrência de incêndios florestais é o resultado de uma sobreposição ponderada dos mapas apresentados nas Figuras 5 e 6. Através dele foi possível obter uma análise integrada das áreas com os maiores riscos de incêndios.

A ponderação foi realizada através do conhecimento de especialistas que hierarquizaram as variáveis da seguinte forma: 60% para os fatores de ignição e 40% para os fatores fisiográficos.

A análise deste mapa permite destacar o papel das estradas e trilhas na definição das áreas propícias aos incêndios. Pode observar o traçado das faixas de risco, apesar de não ser contínua. Isso se deve aos outros temas e componentes, principalmente a variação da declividade e uso do solo. Observa-se a maior intensidade na porção oeste do parque, principalmente em direção ao município de Sacramento (Apêndice B).

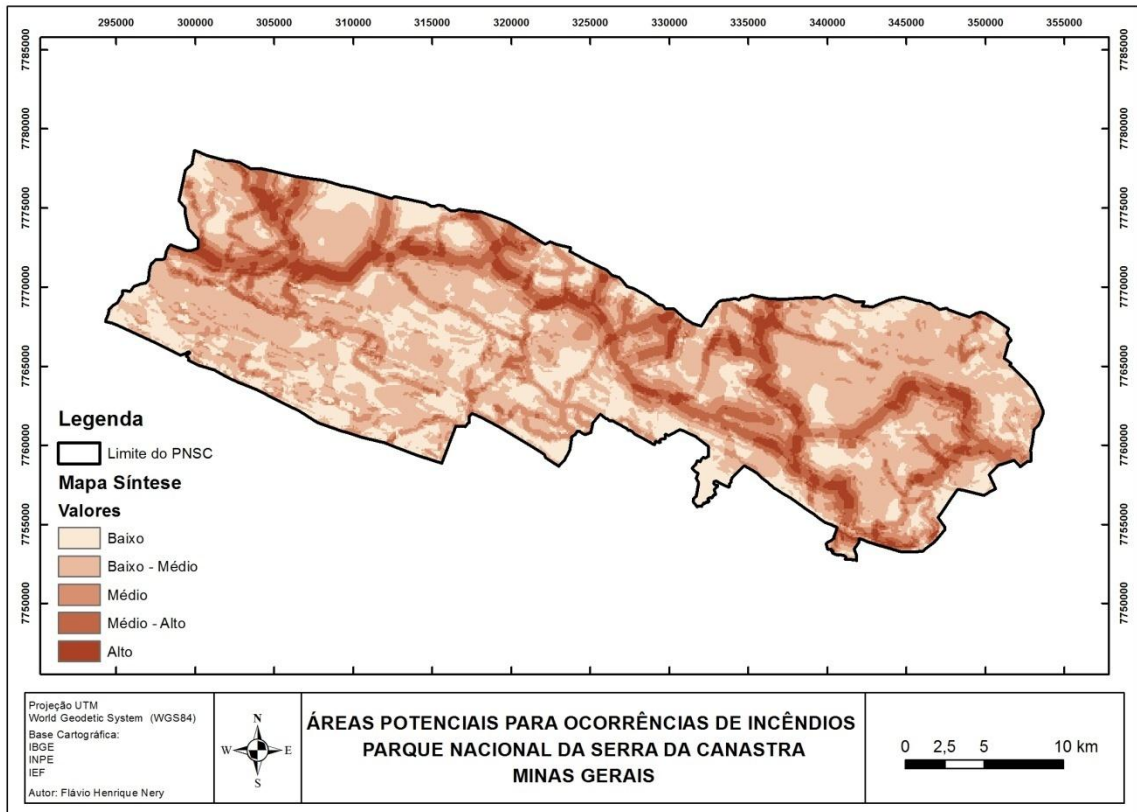


Figura 7 - Mapa das áreas potenciais para ocorrência de incêndios.

CAPÍTULO 5

CONCLUSÃO

Diante dos resultados e análises apresentadas, não há apenas um fator predominante sobre as características dos incêndios florestais, mas um conjunto de fatores geográficos que atuam simultaneamente cada um com sua parcela de contribuição. De acordo com as características do parque os incêndios podem ser mais fortemente influenciados por fatores de ignição, principalmente pelas estradas e trilhas.

Os resultados encontrados através das técnicas utilizadas reforçam os conhecimentos de campo apresentados por profissionais que trabalham no combate dos incêndios neste parque, o que demonstra a aplicabilidade e as vantagens de se utilizar o geoprocessamento.

Apesar dos resultados da pesquisa ter sido satisfatórios, devem-se ressaltar as limitações e as dificuldades que ainda existem para a realização de análises desta temática. O número de especialistas é pouco frente à dimensão e complexidade do assunto. A dificuldade de obter dados geográficos com qualidade também foi um obstáculo.

O uso do geoprocessamento foi imprescindível em todas as etapas desenvolvidas na pesquisa. Sem a sua aplicação não seria possível trabalhar com os dados presentes neste trabalho de forma tão eficiente.

A partir das técnicas apresentadas, novos trabalhos poderão ser desenvolvidos cuja finalidade enfatize a avaliação da origem e o comportamento desse fenômeno.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AB'SÁBER, A.N. **Os Domínios de natureza no Brasil**. 6º ed. São Paulo: Ateliê Editorial, 2010. 160 p.

BARBOSA, C. C; CÂMARA, G; MEDEIROS, J. S; CREPANI, E; NOVO. E. M. M.; CORDEIRO, J. P. C. **Operadores zonais em álgebra de mapas e suas aplicações a zoneamento ecológico–econômico**. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 1998, Santos. Anais IX. São José dos Campos: INPE, 1998, p. 487-500. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/papers/sbsr98.pdf>. Acesso em: novembro/2011

BRASIL. Decreto nº 70.355, de 3 de abril de 1972. Cria o Parque Nacional da Serra da Canastra, no Estado de Minas Gerais, com os limites que especifica, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**. 4 de abr. 1972. Disponível em: <http://www2.camara.gov.br/legin/fed/decret/1970-1979/decreto-70355-3-abril-1972-418800-publicacaooriginal-1-pe.html> Acesso em: 10/10/2011 .

COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS (CEMIG). **Manual de prevenção de incêndios florestais em instalações da CEMIG**. Belo Horizonte: CEMIG, 1995. 42 p.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo: Edgard Blücher, 1999. 236 p.

DRUMMOND, G. M. . **Biodiversidade em Minas Gerais**. 2. ed. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas, 2005. 222 p.

HENGL, T. **A practical guide to geostatistical mapping of environmental variables**. Itália: European Commission, 2007. 165 p.

IBAMA, 1993. **Plano de Ação Emergencial do Parque Nacional da Serra da Canastra**. Brasília: IBAMA.

IBAMA.(et al);. **Plano de manejo do Parque Nacional da Serra da Canastra**. 1.ed. Belo Horizonte. Instituto Terra Brasilis, 2005.

MENDONÇA, F., (et al);. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

MOREIRA, A. G. 1992. **Fire Protection and Vegetation Dynamics in the Brazilian Cerrado**. Harvard: Harvard University. Ph. D. Thesis.

MOURA, A. C. M. **Geoprocessamento na gestão e planejamento urbano**. 2. ed. Belo Horizonte: A autora, 2005. 272p.

_____. **Reflexões metodológicas como subsídio para estudos ambientais baseado em análise de multicritérios**. In: Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Florianópolis – SC, Brasil, 2007. v.1, p. 2899-2906.

ROSA, R. **O uso de SIG's para o zoneamento: uma abordagem metodológica**. 1995. 212f. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas, Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995.

SOARES-FILHO, B. S. **Modelagem de dados espaciais**. In: Curso de especialização: textos didáticos e monografias. v.1, n.3, Belo Horizonte, 2000.

XAVIER-DA-SILVA; ZAIDAN, R. T. **Geoprocessamento e análise ambiental: aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004. 363 p.

A APENDICE A – QUESTIONÁRIO

Mapa com os Fatores Fisiográficos			
Tema	Peso (%)	Legenda	Nota (0 a 10)
Uso do Solo		Campo Limpo	
		Campo Sujo	
		Campo Rupestre	
		Mata	
		Água	
Declividade (graus)		0 a 20	
		20 a 40	
		40 a 60	
		acima de 60	
Mapa com os Fatores de Ignição			
Tema	Peso (%)	Legenda	Nota (0 a 10)
Proximidade das Estradas (em metros)		0 a 300	
		300 a 600	
		600 a 900	
		acima de 900	
Proximidade de Trilhas (em metros)		0 a 100	
		100 a 200	
		200 a 300	
		acima de 300	
Focos de Calor (em metros)		Altíssimo	
		Alto	
		Médio	
		Baixo	
Proximidade dos Atrativos Turísticos (em metros)		0 a 100	
		100 a 200	
		200 a 300	
		acima de 300	

B APENDICE B - MAPAS FINAIS

