

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: GEOGRAFIA E GESTÃO DO TERRITÓRIO**

**GEOTECNOLOGIAS APLICADAS AO MAPEAMENTO DE RISCO DE INCÊNDIO
FLORESTAL NO PARQUE NACIONAL DA CHAPADA DOS VEADEIROS
E ÁREA DE ENTORNO**

TATIANA DINIZ PRUDENTE

**UBERLÂNDIA/ MG
2010**

TATIANA DINIZ PRUDENTE

**GEOTECNOLOGIAS APLICADAS AO MAPEAMENTO DE RISCO DE INCÊNDIO
FLORESTAL NO PARQUE NACIONAL DA CHAPADA DOS VEADEIROS
E ÁREA DE ENTORNO**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Geografia.

Área de Concentração: Geografia e Gestão do Território.

Orientador: Prof. Dr. Roberto Rosa

**Uberlândia/MG
INSTITUTO DE GEOGRAFIA
2010**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

P971g Prudente, Tatiana Diniz. 1984-
Geotecnologias aplicadas ao mapeamento de risco de incêndio florestal
no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros e área de entorno
[manuscrito] / Tatiana Diniz Prudente. - 2010.
114 f. : il.

Orientador: Roberto Rosa.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia,
Programa de Pós-Graduação em Geografia.
Inclui bibliografia.

1. Geotecnologia ambiental - Teses. 2. Mapeamento florestal - Teses.
3. Incêndios florestais - Prevenção e controle - Teses. I. Rosa, Roberto. II.
Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em
Geografia. III. Título.

CDU: 911.9:62

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

Programa de Pós-Graduação em Geografia

TATIANA DINIZ PRUDENTE

Geotecnologias Aplicadas ao Mapeamento de Risco de Incêndio Florestal no Parque
Nacional da Chapada dos Veadeiros e Área de Entorno



Prof(a). Dr(a). Roberto Rosa (Orientador) - UFU



Prof. Dr. Edson Eyji Sano - EMBRAPA



Prof. Dr. Washington Luiz Assunção - UFU

Data: 02/ 07 de 2010

Resultado: Aprovada com distinção

*Aos meus pais pelo apoio irrestrito em
todos os momentos de minha vida.*

AGRADECIMENTOS

“Se enxerguei mais longe, foi porque me apoiei nos ombros de gigantes”

Isaac Newton

Embora uma dissertação seja, pela sua finalidade acadêmica, um trabalho individual, houve contribuições de natureza diversa que não podem deixar de ser realçadas. Por essa razão, desejo expressar os meus sinceros agradecimentos:

Aos meus pais Hélio e Maria Aparecida, e irmãs Mariana e Luciana, que sempre me apoiaram e incentivaram de forma incondicional. Obrigada por me mostrarem sempre a importância da educação e também pela sólida formação. Não tenho palavras para agradecer a confiança e amor que sempre depositaram em mim.

Ao Daniel Henrique Superbi, por todo apoio, incentivo e preciosos ensinamentos sobre as geotecnologias.

Ao professor Dr. Roberto Rosa, pela competência com que orientou esta dissertação, sempre indicando a direção a ser tomada nos momentos de maior dificuldade. A disponibilidade que sempre manifestou e a empatia que sempre recebeu minhas idéias foram o estímulo que permitiu vencer as inseguranças deste processo. Agradeço ainda o apoio e confiança que sempre depositou em mim.

Aos professores Dr. Silvio Carlos Rodrigues e Dr. Washington Luiz Assunção, pelas excelentes sugestões por ocasião do Exame de Qualificação. E, novamente, ao Dr. Washington Luiz Assunção, pela ajuda no trabalho de campo e no tratamento e análise dos dados climatológicos.

Ao professor Dr. Edson Eyji Sano, pelos materiais fornecidos e gentileza em aceitar o convite para compor a banca examinadora desta dissertação.

Aos professores Dr. Jorge Luis Silva Brito e Ms. Eleusa Fátima de Lima, pelos conhecimentos e ajudas dispensadas e fornecimento de materiais cartográficos.

Ao professor Dr. Ivanilton José de Oliveira da UFG, pelos materiais fornecidos.

Ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Renováveis (IBAMA) e à Administração do Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros (PNCV), pelo fornecimento de dados e informações fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho.

Às secretárias do IG/UFU Lúcia, Janete, Mizmar, Cynara e Dilza, pela presteza e gentileza no esclarecimento de informações e apoio administrativo.

Aos laboratórios de Cartografia e Sensoriamento Remoto e de Climatologia e Recursos Hídricos da Universidade Federal de Uberlândia, pelos materiais e dados fornecidos.

Aos demais professores e funcionários do Instituto de Geografia da UFU, pelo aprendizado adquirido durante esses anos de graduação e mestrado.

Ao Arlei Teodoro de Queiroz, pela ajuda com o tratamento dos dados climatológicos.

Aos amigos da Geografia e do Laboratório de Geoprocessamento da UFU – Allan Gontijo, Aline Ferreira, Baltazar Casagrande, Beatriz Florêncio, Carla Rodrigues, Cristiane Dias, Djane Araújo, Eduardo Rozetti, Emerson Figueiredo, Jussara Rosendo, Mayara Rodrigues, Mirna Karla Amorim, Paula Almeida – pela preciosa ajuda e companhia; espontaneidade na troca de informações, experiências e materiais; pelos bons momentos de descontração como também pela divisão de problemas e aflições no decorrer de nossa trajetória acadêmica. Amizades que se construíram para além dos espaços da universidade e que certamente se estenderão por toda a vida.

Às meninas da república – Alcione Hermínia, Aline Roldão, Camila Lira, Josiele Santos e Tatiana Silva – não só pela companhia, mas por terem muito intimamente partilhado uma palavra amiga, uma história, um bom riso em nossos momentos de descontração, tornando grandes amigas.

Às queridas amigas Priscila Geórgia e Maria Luiza Ferreira, por todo carinho e bons momentos que se eternizaram na memória.

Ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Uberlândia.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pela concessão da bolsa de estudos.

À todos que incentivaram e colaboraram para a realização e finalização deste trabalho.

“O fogo tem uma natureza dual, sendo ao mesmo tempo perigoso e útil, belo e destruidor, mágico e intangível.”

Marcelo Gleiser

RESUMO

A pesquisa teve como objetivo utilizar geotecnologias no mapeamento de risco de incêndio florestal no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros (PNCV) e em sua área de entorno. A área de estudo apresenta 2376,73km² e está localizada na zona UTM 23S, entre as coordenadas 177422 – 248096mE e 8420578 – 8473325mN, à nordeste do estado de Goiás, englobando parte dos municípios de Alto Paraíso de Goiás, Cavalcante e Colinas do Sul. Para a realização desta pesquisa, foram utilizadas cartas topográficas, com escala 1:100.000 editadas pelo DSG; imagens TM/Landsat 5; imagens Ikonos; Modelo Digital de Elevação da missão SRTM; dados diários das coordenadas dos focos de calor detectados pelos satélites NOAA, GOES, AQUA, TERRA e METEOSAT, disponibilizados pela Divisão de Processamento de Imagens do INPE; e dados climatológicos da área de estudo. A metodologia utilizada foi fundamentada nas pesquisas de diversos autores, dentre eles, Chuvieco e Congalton (1989); Ferraz e Vettorazzi (1998); Oliveira et al. (2004); Santos (2007); Ribeiro et al. (2008), sendo adaptada de acordo com as características da área de estudo. Tendo como base os fatores preponderantes para risco de incêndio florestal, foram elaborados os seguintes mapas temáticos: uso da terra e cobertura vegetal, hipsometria, declividade, orientação das encostas, proximidade de estradas e de áreas urbanas, precipitação, temperatura média do ar, deficiência hídrica e evapotranspiração potencial. Para cada mapa temático, foi elaborado um mapa de suscetibilidade ao fogo, com classes variando entre alta, moderada e baixa. Foram consideradas como tendo alta suscetibilidade ao fogo as áreas do PNCV e entorno que apresentaram as seguintes condições: ocupadas com as categorias de uso da terra e cobertura vegetal Savana Parque, Savana Gramíneo-Lenhosa e Pastagem Cultivada; altitudes menores que 1200m; declividades maiores que 40%; vertentes com orientação voltada para o norte, nordeste e noroeste; áreas próximas a rodovias, trilhas fora do parque e áreas urbanas; precipitação mensal inferior a 25mm; temperatura média mensal superior a 26°C; deficiência hídrica mensal superior a 90mm e evapotranspiração potencial mensal superior a 120mm. Os mapas de suscetibilidade ao fogo foram integrados utilizando uma equação matemática para modelar o risco de incêndio na área de estudo, gerando mapas de risco de incêndio florestal referentes aos meses de junho a outubro. Os resultados obtidos mostraram que o PNCV e sua área de entorno apresentam maior risco de incêndio nos meses de agosto e setembro (risco extremo), sendo a região oeste a mais crítica. Além disso, deve-se também direcionar atenção especial às áreas que apresentam maior concentração e acesso de pessoas.

Palavras-chave: Geotecnologias, Cerrado, Suscetibilidade ao fogo, Incêndio florestal, Risco de incêndio.

ABSTRACT

The research aimed to use geotechnologies in the mapping of the forest fire risk in Chapada dos Veadeiros National Park (CVNP) and its surroundings area. The studied area has 2376,73km² and it is located in UTM 23S zone, between coordinates 177422 – 248096mE and 8420578 – 8473325mN, in the northeastern of Goiás State, encompassing part of the municipalities of Alto Paraíso de Goiás, Cavalcante and Colinas do Sul. To accomplish this research, we used topographic maps, with a scale of 1:100.000 edited by DSG; TM/Landsat 5 images; Ikonos images; Digital Elevation Model of the SRTM mission; daily data of the coordinates of the hotspots detected by the satellites NOAA, GOES, AQUA, TERRA and METEOSAT, available at the Image Processing Division of INPE; and climatological data of the studied area. The chosen methodology was based on studies of several authors, among them, Chuvieco and Congalton (1989); Ferraz and Vettorazzi (1998); Oliveira et al. (2004); Santos (2007); Ribeiro et al. (2008), adapted according to the characteristics of study area. Based on the most important factors to the forest fire risk, the following thematic maps were created: landuse and vegetation cover, hypsometry, slope, orientation of slopes, proximity of roads and urban areas, rainfall, average air temperature, water deficit and potential evapotranspiration. For each thematic map, we made a map of the fire susceptibility, with classes ranging from high, moderate and low. The areas of PNCV were considered with highly fire susceptibility and the surroundings area that presented the following conditions: occupied by the categories of landuse and vegetation cover Park Savanna, Grassy-Woody Savanna and Cultivated Pasture; altitudes lower than 1200m; slopes greater than 40%; hills with orientation towards the north, northeast and northwest; areas near roads, trails outside the park and urban areas; monthly precipitation less than 25mm; monthly average temperature above 26°C; monthly water deficit exceeding 90mm and monthly potential evapotranspiration exceeding 120mm. The fire susceptibility maps were integrated using a math equation to model the fire risk in the studied area, generating forest fire risk maps from June to October. The results obtained showed that the PNCV and its surrounding areas have a higher fire risk in the months of August and September (extreme risk), being the western part the most critical area. Furthermore, it is necessary to direct the attention to areas that present higher concentrations and access of people.

Keywords: Geotechnologies, Cerrado, Fire susceptibility, Forest fire, Fire risk.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Localização do PNCV e área de entorno.....	23
FIGURA 2 - Infraestrutura do PNCV.....	24
FIGURA 3 - Atrações turísticas do PNCV e área de entorno.....	25
FIGURA 4 - Distribuição do Bioma Cerrado no Brasil, representado em cor laranja...	34
FIGURA 5 - Fitofisionomias do Cerrado.....	35
FIGURA 6 - Influência da inclinação e exposição do terreno na propagação dos incêndios.....	49
FIGURA 7 - Tipos de incêndios florestais (A: incêndio subterrâneo; B: incêndio superficial; C: incêndio de copa).....	51
FIGURA 8 - Classes de uso da terra e cobertura vegetal.....	63
FIGURA 9 - Fluxograma metodológico.....	73
FIGURA 10 - Mapa de uso da terra e cobertura vegetal do PNCV e área de entorno.....	75
FIGURA 11 - Áreas com diferentes altitudes no PNCV e área de entorno.....	76
FIGURA 12 - Mapa de hipsometria do PNCV e área de entorno.....	77
FIGURA 13 - Relevo plano e relevo acidentado no PNCV e área de entorno.....	78
FIGURA 14 - Mapa de declividade do PNCV e área de entorno.....	79
FIGURA 15 - Área com orientação da encosta voltada para norte.....	80
FIGURA 16 - Mapa de orientação das encostas do PNCV e área de entorno.....	81
FIGURA 17 - Trechos de estradas, trilhas e área urbana.....	82
FIGURA 18 - Mapa das estradas e áreas urbanas do PNCV e área de entorno.....	83

FIGURA 19 - Mapas de suscetibilidade ao fogo para os fatores preponderantes ao risco de incêndio florestal do PNCV e área de entorno.....	85
FIGURA 20 - Mapas de risco de incêndio florestal do PNCV e área de entorno.....	97
FIGURA 21 - Rede de transmissão de energia elétrica da UHE Serra da Mesa.....	99
FIGURA 22 - Focos de calor detectados no PNCV e área de entorno de junho a outubro de 2007.....	100
FIGURA 23 - Áreas queimadas por incêndios florestais no PNCV e área de entorno de junho a setembro de 2007.....	102

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 - Número de ocorrências de incêndios florestais mensais, registrados no PNCV, entre 1979 e 2005.....	27
GRÁFICO 2 - Relação entre precipitação e incêndios detectados no período 1979 – 2005.....	86
GRÁFICO 3 - Relação entre precipitação e área queimada no período 1979 – 2005.....	87
GRÁFICO 4 - Relação entre temperatura média e incêndios detectados no período 1979 – 2005.....	88
GRÁFICO 5 - Relação entre temperatura média e área queimada no período 1979 – 2005.....	88
GRÁFICO 6 - Relação entre deficiência hídrica e incêndios detectados no período 1979 – 2005.....	89
GRÁFICO 7 - Relação entre deficiência hídrica e área queimada no período 1979 – 2005.....	90
GRÁFICO 8 - Relação entre evapotranspiração potencial e incêndios detectados no período 1979 – 2005.....	91
GRÁFICO 9 - Relação entre evapotranspiração potencial e área queimada no período 1979 – 2005.....	91
GRÁFICO 10 - Variação da estação seca em Alto Paraíso de Goiás (GO): 1975 – 2007.....	93
GRÁFICO 11 - Fotoperíodo mensal da área de estudo.....	95
GRÁFICO 12 - Distribuição percentual das classes de risco de incêndio no PNCV e área de entorno.....	96

GRÁFICO 13 - Distribuição percentual dos focos de calor em relação às classes de risco de incêndio no PNCV e área de entorno.....	101
GRÁFICO 14 - Distribuição percentual das áreas queimadas por incêndios florestais em relação às classes de risco de incêndio no PNCV e área de entorno.....	103

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - Características das fitofisionomias do Cerrado.....	35
QUADRO 2 - Classes de uso da terra e cobertura vegetal.....	62
QUADRO 3 - Estações pluviométricas.....	68

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 -	Conteúdo de umidade do combustível vivo (folhagem).....	44
TABELA 2 -	Classes, níveis de suscetibilidade ao fogo e coeficientes de uso da terra e cobertura vegetal.....	64
TABELA 3 -	Classes, níveis de suscetibilidade ao fogo e coeficientes de hipsometria.....	65
TABELA 4 -	Classes, níveis de suscetibilidade ao fogo e coeficientes de declividade.....	65
TABELA 5 -	Classes, níveis de suscetibilidade ao fogo e coeficientes de orientação das encostas.....	66
TABELA 6 -	Classes, níveis de suscetibilidade ao fogo e coeficientes de distância às estradas e áreas urbanas.....	67
TABELA 7 -	Classes, níveis de suscetibilidade ao fogo e coeficientes de precipitação mensal.....	70
TABELA 8 -	Classes, níveis de suscetibilidade ao fogo e coeficientes de temperatura média mensal.....	70
TABELA 9 -	Classes, níveis de suscetibilidade ao fogo e coeficientes de deficiência hídrica mensal.....	70
TABELA 10 -	Classes, níveis de suscetibilidade ao fogo e coeficientes de evapotranspiração potencial mensal.....	71
TABELA 11 -	Área ocupada pelas classes de uso da terra e cobertura vegetal.....	74
TABELA 12 -	Área ocupada pelas classes de hipsometria.....	76
TABELA 13 -	Área ocupada pelas classes de declividade.....	78
TABELA 14 -	Área ocupada pelas classes de orientação das encostas.....	80
TABELA 15 -	Área ocupada pelas classes de distância às estradas e áreas urbanas.....	84
TABELA 16 -	Médias pluviométricas mensais.....	86

TABELA 17 - Médias térmicas mensais.....	87
TABELA 18 - Médias mensais de deficiência hídrica.....	89
TABELA 19 - Médias mensais de evapotranspiração potencial.....	90
TABELA 20 - Distribuição dos períodos secos e chuvosos em Alto Paraíso de Goiás (GO): 1975 – 2007.....	92
TABELA 21 - Fotoperíodo da área de estudo.....	94

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AM/FM	<i>Automated Mapping/Facilities Management</i>
ANA	Agência Nacional de Águas
APA	Área de Proteção Ambiental
AVHRR	<i>Advanced Very High Resolution Radiometer</i>
CADD	<i>Computer-Aided Drafting and Design.</i>
CBERS	<i>China-Brazil Earth Resources Satellite</i>
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DMSP	<i>Defense Meteorological Satellite Program</i>
DSG	Divisão do Serviço Geográfico
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ENVISAT	<i>Environmental Satellite</i>
ERTS	<i>Earth Resources Technological Satellite</i>
GOES	<i>Geostationary Operational Environmental Satellites</i>
GPS	<i>Global Position System/ Sistema de Posicionamento Global</i>
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICMBio	Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade
IDW	<i>Inverse Distance Weighting</i>
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
JICA	<i>Japan International Cooperation Agency</i>
LANDSAT	<i>Land Remote Sensing Satellite</i>
LIS	<i>Land Information Systems</i>
MDT	Modelo Digital de Terreno

MODIS	<i>Moderate-resolution Imaging Spectroradiometer</i>
MSS	<i>Multispectral Scanner System</i>
NASA	<i>National Aeronautics and Space Administration</i>
NOAA	<i>National Oceanic and Atmospheric Administration</i>
ONU	Organização das Nações Unidas
PDI	Processamento Digital de Imagens
PNCV	Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros
PREVFOGO	Sistema Nacional de Prevenção e Combate aos Incêndios Florestais
PROARCO	Programa de Prevenção e Controle de Queimadas e Incêndios Florestais na Amazônia Legal
PROBIO	Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira
RESBIO	Reserva da Biosfera
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SNUC	Sistema Nacional de Unidades de Conservação
SPOT	<i>Sistem e Proboitoire de Obsservation de la Terre</i>
SRTM	<i>Shuttle Radar Topographic Mission</i>
TM	<i>Thematic Mapper</i>
UC	Unidade de Conservação
UFU	Universidade Federal de Uberlândia
UHE	Usina Hidrelétrica
UNESCO	<i>United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization</i>
USFS	United States Forest Service
UTM	Universal Transversa de Mercator

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	19
2	LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	22
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	28
3.1	Geoprocessamento.....	28
3.2	Sensoriamento Remoto.....	30
3.3	Cerrado.....	33
3.3.1	Cerrado e o fogo.....	39
3.4	Fatores que afetam o comportamento do fogo.....	43
3.4.1	Tipo de material combustível.....	43
3.4.2	Condições climáticas.....	45
3.4.3	Relevo ou topografia do terreno.....	48
3.5	Incêndios florestais: conceitos e legislação.....	50
3.5.1	Risco de incêndio florestal.....	56
3.6	Unidades de Conservação.....	58
4	MATERIAIS E PROCEDIMENTOS OPERACIONAIS.....	61
4.1	Materiais.....	61
4.2	Procedimentos operacionais.....	61
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	74
5.1	Análise dos fatores preponderantes ao risco de incêndio florestal.....	74
5.1.1	Condições climáticas.....	86
5.2	Risco de incêndio florestal.....	96
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	104
	REFERÊNCIAS.....	107

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, grande parte das Unidades de Conservação (UCs) vem sendo atingidas por incêndios florestais. A ocorrência de grandes incêndios pode ser considerada uma grave ameaça para a conservação da biodiversidade e manutenção de processos ecológicos.

Ainda que em alguns biomas brasileiros, em especial no Cerrado, grande parte das espécies depende do fogo para reprodução e crescimento, várias pesquisas indicam que a alta frequência de queimadas está além do limite de suporte dos ambientes naturais, e isso se caracteriza como um risco à conservação de áreas nativas, com implicações como perda de viabilidade de populações e extinções locais de espécies endêmicas (IBAMA, 2007).

Durante o período de estiagem é que se manifestam as condições mais propícias para queima da cobertura vegetal do Cerrado. Neste período, a parte aérea do estrato herbáceo, formado principalmente por gramíneas, desseca em consequência do déficit hídrico na camada superficial do solo. Sendo que, os estratos arbóreo e arbustivo são menos afetados devido à grande profundidade de suas raízes, as quais atingem a camada úmida do solo (OLIVEIRA, 1998).

IBAMA (2000) definiu incêndio florestal como sendo o fogo sem controle que incide sobre qualquer forma de vegetação, podendo ser provocado pelo homem (intencional ou negligência) ou por uma causa natural, como o ocasionado por raios.

Considera-se como risco de incêndio, ou expectativa de ocorrência de fogo, a medida da probabilidade de ocorrência de incêndios em uma determinada área, durante um período específico de tempo (PHILLIPS; NICKEY, 1978 apud VETTORAZZI; FERRAZ, 1998).

Neste contexto, de acordo com Ribeiro (2009), a melhor forma de atenuar as perdas causadas pelo fogo é gerar um conhecimento do grau de risco e elaboração de metodologias específicas de previsão, prevenção e controle para cada região.

O risco de incêndio pode ser abordado por meio de seu mapeamento, que tem como objetivo a identificação de áreas com riscos diferenciados em uma determinada região, usando fatores inerentes a área de estudo, como uso da terra, relevo, características das florestas, dados meteorológicos locais, etc. Esses dados são analisados de acordo com sua distribuição espacial na área, o que pode ser realizado mais eficientemente com auxílio de um SIG (VETTORAZZI; FERRAZ, 1998).

Assim, os mapas de risco de incêndios florestais são resultados da representação das áreas mais suscetíveis ao fogo em um mapa base, gerado através da integração dos fatores que influenciam na ignição ou na propagação do fogo. São nestas áreas que os esforços para a prevenção de incêndios devem ser concentrados (SILVA, 2004).

Por conseguinte, vale ressaltar que atualmente as geotecnologias têm sido ferramentas indispensáveis para qualquer pesquisador e planejador que age no espaço, permitindo a visualização e a distribuição de fenômenos, facilitando a tomada de decisões. Deste modo, a determinação do risco de incêndios com a utilização das geotecnologias torna-se um instrumento imprescindível para auxiliar no planejamento da prevenção e combate a incêndios.

Assim, esta pesquisa tem como objetivo geral utilizar geotecnologias no mapeamento de risco de incêndio florestal no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros (PNCV) e em sua área de entorno.

Dentre os objetivos específicos, tem-se:

- a) Elaborar a base cartográfica do PNCV e área de entorno;
- b) Analisar os fatores preponderantes à ignição ou propagação do fogo em áreas de Cerrado;
- c) Elaborar mapas temáticos da área de estudo relacionados com os fatores preponderantes ao risco de incêndio florestal: uso da terra e cobertura vegetal, hipsometria, declividade, orientação das encostas, proximidade de estradas e de áreas urbanas, precipitação, temperatura média do ar, deficiência hídrica e evapotranspiração potencial;
- d) Elaborar mapas de suscetibilidade ao fogo para cada tema;
- e) Elaborar mapas de risco de incêndio do PNCV e área de entorno, cruzando os mapas de suscetibilidade ao fogo através de um modelo matemático.

O PNCV foi escolhido por ser uma unidade de grande importância para conservação do Cerrado, e também porque tem sido atingida por incêndios florestais de grandes dimensões. Segundo dados do IBAMA (2009), o fogo vem consumindo grandes extensões do parque e seu entorno, sendo que em 2003, foram atingidos aproximadamente 85% do parque e, em 2007, 63% de sua área foram queimadas por incêndios florestais.

A grande importância do PNCV para a conservação do Bioma Cerrado foi enfatizada pela sua titulação como Sítio do Patrimônio Mundial Natural, conferido pela UNESCO em 2001. Sua importância também foi ressaltada pelo seu reconhecimento como zona de núcleo da reserva

da Biosfera (RESBIO) do Cerrado – Fase II, totalmente circundada pela APA Estadual do Pouso Alto (BARBOSA, 2008).

Além do PNCV, consideramos neste estudo, a área de entorno do parque, num raio de 10km. A Resolução nº 013 de 06 de dezembro de 1990 do CONAMA dispõe sobre normas referentes ao entorno das UCs, visando à proteção dos ecossistemas ali existentes. Essa resolução define uma faixa de 10km nas áreas circundantes das UCs, com a finalidade de protegê-las, sendo que as atividades desenvolvidas nesta zona que possam afetar a biota deverão ser licenciadas pelo órgão ambiental competente com parecer da equipe técnica da UC.

As informações contidas nos mapas de risco de incêndio florestal vão compor bases referenciais para ações de prevenção e de combate a incêndios, além de representar um instrumento eficiente aplicado à gestão do parque.

2 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo compreende o Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros (PNCV) e área de entorno, possui 2376,73km² e está localizada a nordeste do estado de Goiás, na zona UTM 23S, entre as coordenadas 177422 – 248096mE e 8420578 – 8473325mN, englobando parte dos municípios de Alto Paraíso de Goiás, Cavalcante e Colinas do Sul (Figura 1).

Segundo Pantoja (1998 apud ICMBio, 2009), o Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros é assim denominado devido ao topônimo “Veadeiros”, não relacionado ao veado, que já teve ocorrência expressiva na área, mas sim ao cão que o farejava e perseguia. De acordo com dados históricos da região, esse topônimo aplicou-se, inicialmente, à Fazenda do Sr. Francisco de Almeida, que ali se estabeleceu de forma pioneira a partir de 1750.

A origem do PNCV, segundo Silva (2003), está relacionada com uma iniciativa da Fundação Coimbra Bueno, que dirigiu uma carta ao Presidente da República, Juscelino Kubitschek, em 1º de dezembro de 1960, na qual sugeria a criação do PNCV, com base nos três argumentos seguintes: a) os excepcionais valores naturais que nele deverão ser preservados; b) a iminente valorização das terras em função da transferência da capital para Brasília e a possibilidade de a Organização das Nações Unidas (ONU) considerarem sua futura sede na região; c) a inoperância do Estado de Goiás em agir para a criação deste parque, apesar de solicitado há mais de dez anos. A carta ainda insistia na premência de ser realizada a imediata desapropriação das áreas não devolutas, pois a especulação imobiliária, que já se processava no Planalto Central, deveria em breve atingir a Chapada dos Veadeiros.

Neste sentido, o parque foi criado pelo decreto de nº 49.875 de 11 de janeiro de 1961 com o nome de Parque Nacional do Tocantins com cerca de 650.000ha. Sendo que seu nome foi modificado para Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros e seus limites sucessivamente alterados em 1972, por duas vezes em 1981, e em 1990, sendo drasticamente reduzido aos atuais 65.514ha (IBAMA, 2004).

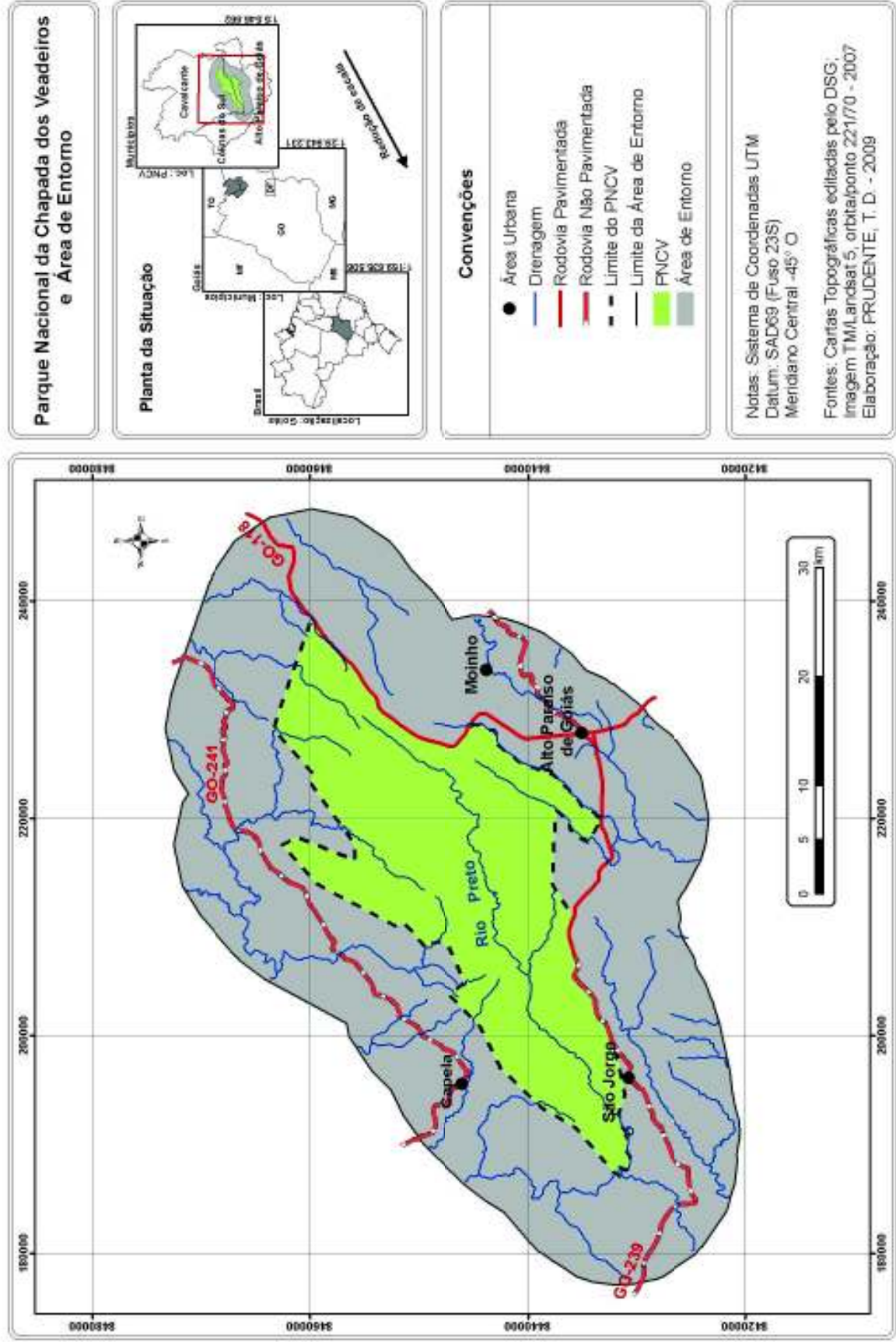


Figura 1 – Localização do PNCV e área de entorno

O Parque apresenta como infraestrutura um centro de visitantes (Figura 2a e b), com auditório, biblioteca, sanitários e salas administrativas, fruto da parceria do IBAMA com a Agência de Cooperação Internacional do Japão (JICA), além de uma guarita e uma edificação com escritórios e alojamento, situados próximos ao centro de visitantes. Existem residências de funcionários no interior do PNCV, próximo à rodovia que liga Alto Paraíso de Goiás a Vila de São Jorge, a aproximadamente 3km da vila. Existem ainda três casas que servem como postos de fiscalização, localizadas no perímetro do parque, uma próxima ao morro Ferro de Engomar (Morro da Baleia), outra próxima ao córrego Mulunga, e a terceira próxima às nascentes do rio Preto. Os limites do PNCV próximos às rodovias GO-118 (entre Alto Paraíso de Goiás e Teresina de Goiás) e GO-239 (entre Alto Paraíso de Goiás e a Vila de São Jorge) estão delimitados com postes de concreto e arame farpado, contendo placas indicativas da unidade de conservação (Figura 2d) (BARBOSA, 2008).



Figura 2 - Infraestrutura do PNCV
 Autor: PRUDENTE, T.D.; ROSA, R., 2009

De acordo com IBAMA (2009), o objetivo do PNCV seria a preservação do cerrado de altitude (estruturação geomorfológica), da fauna característica e endêmica, das belezas cênicas naturais e das nascentes de vários rios da bacia hidrográfica do Tocantins. Visa interpretação ambiental, ecoturismo e preservação de ecossistemas raros no Bioma Cerrado.

Dentre as principais atrações turísticas da região, destacam-se: os saltos de 80 metros (Figura 3a) e 120 metros (Figura 3b) do Rio Preto, os Canyons I (Figura 3c) e II (Figura 3d) do Rio Preto, Salto São domingos, Salto da Raizama, Cachoeira do Cordovil, Cachoeira das Carioquinhas, Vale da Lua (Figura 3e), Jardim de Maytrea (Figura 3f), etc.

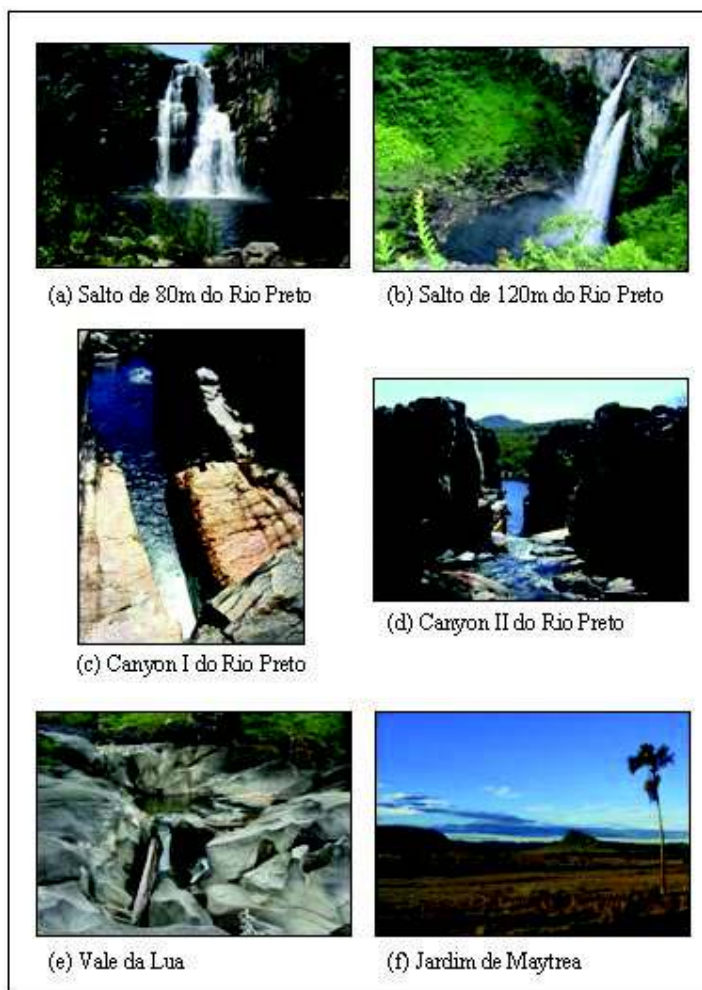


Figura 3 - Atrações turísticas do PNCV e área de entorno
Autor: PRUDENTE, T.D.; MAGRINI, A. V., 2009

O PNCV está inserido na porção norte da Faixa de Dobramentos e Cavalgamentos Brasília, na província Estrutural do Tocantins. Dentro dos limites do parque predominam, amplamente, metassedimentos de baixo grau metamórfico atribuídos ao Grupo Araí e rochas de composição granítica que compõe o embasamento da região. Sobrepondo o Grupo Araí em discordância erosiva, ocorre, ao sul da região do PNCV, uma seqüência psamo-pelito-

carbonática, atribuída ao Grupo Paranoá, que se estende ao longo da Serra Geral do Paranã, ocupando áreas nas regiões de Alto Paraíso, São João d' Aliança, São Gabriel e Distrito Federal (DARDENE; CAMPOS, 2002; FARIA, 1995 apud SAMPAIO, 2007).

Na região da Chapada dos Veadeiros, há o predomínio de rochas metamórficas e parametamórficas antigas, com alguns pequenos trechos encobertos por sedimentos cenozóicos (coberturas detrito-lateríticas indiferenciadas). Essa área localiza-se na unidade Planalto Central Goiano e na subunidade Planalto Dissecado do Alto Tocantins-Paranaíba, elaborados em estruturas sedimentares dobradas, sob a ação de paleoclimas que esculpiram vastas superfícies de aplanamento (OLIVEIRA, 2007).

A região da Chapada, além da antiguidade de suas rochas, é marcada por estruturas geológicas ligadas aos movimentos tectônicos antigos como dobramentos, falhamentos e fraturas. Como ocorre em quase todo o território goiano, essas estruturas têm marcante papel na elaboração das feições de relevo. Do ponto de vista altimétrico, a Chapada dos Veadeiros é uma região singular no contexto da geografia goiana, já que apresenta a maior extensão de terras elevadas do estado e também o seu ponto culminante, na chamada “Serra do Pouso Alto”, que atinge 1.676m de altitude (OLIVEIRA, 2007).

Na Chapada dos Veadeiros predominam Cambissolos, Solos Litólicos e Latossolos Vermelho-Amarelo (FELFILI; REZENDE; SILVA JÚNIOR, 2007).

A unidade está inserida nos domínios do Cerrado e apresenta várias fitofisionomias, como: campo cerrado, campo sujo, campo limpo, campo rupestre, cerrado arbóreo e cerrado rupestre.

Como mostra estudo realizado por Felfili; Rezende e Silva Júnior (2007), o PNCV não inclui toda a diversidade de plantas da Chapada dos Veadeiros. Sendo que para a proteção efetiva do patrimônio genético da Chapada dos Veadeiros há necessidade da inclusão, em unidades de conservação de áreas significativas de todas as fitofisionomias presentes na chapada.

De acordo com ICMBio (2009), existe no PNCV grande diversidade de fauna e, em termos de proteção de espécies ameaçadas de extinção, o parque abriga as seguintes espécies de mamíferos: *Lonchophylla dekeyseri* (morcego-beija-flor), *Monodelphis rubida* (catita), *Myrmecophaga tridactyla* (tamanduá-bandeira), *Blastocerus dichotomus* (cervo-do-pantanal), *Chrysocyon brachyurus* (lobo-guará), *Leopardus pardalis* (jaguaririca), *Leopardus tigrinus* (gato-do-mato - pequeno), *Oncifelis colocolo* (gato-palheiro), *Panthera onça* (onça-pintada), *Puma concolor* (onça-parda) *Speothos venaticus* (cachorro-do-mato-vinagre). As duas

espécies do gênero *Leopardus* encontradas no Parque (jaguaririca e gato-do-mato) também ocorrem em baixas densidades, mas isto se dá por serem espécies associadas aos ambientes florestais. Outras espécies ameaçadas estão em boas condições no PNCV, ocorrendo em densidades razoáveis, como o tamanduá-bandeira, o gato-palheiro, a onça parda e o lobo-guará, além do veado-campeiro, considerado “próximo de estar ameaçado”. O *Lonchophylla dekeyseri* (morcego-beija-flor) e o *Monodelphis rubida* (catita), merecem uma atenção especial, pois além de estarem em risco de extinção, essas espécies são endêmicas para o Bioma Cerrado. Outras espécies endêmicas que estão em perigo de extinção menos agravante, mas não menos importantes são *Monodelphis Kunzi* (catita-terrestre-marrom), *Calomys tener* (rato), *Pseudoryzomys simplex* (rato-do-mato), *Lycalopex vetulus* (raposinha-do-campo).

A região da Chapada dos Veadeiros é considerada um divisor de águas das bacias dos rios Paranã e Maranhão. O principal curso d' água do parque é o rio Preto, que verte no sentido leste-oeste. Este rio forma belas cachoeiras, que se constituem nos principais atrativos para a visitação do parque. Na época de chuvas fortes, ocorre com frequência cabeças d' água nos trechos do rio marcados por topografia mais acidentada (ZIMMERMANN, 2006).

A área de estudo apresenta clima tropical sazonal caracterizada por duas estações bem definidas: uma seca e outra chuvosa. O período das chuvas inicia-se em outubro e vai até o mês de abril e a estação seca tem duração de quatro a cinco meses e predomina nos meses de maio a setembro. O clima seco neste período favorece a ocorrência de incêndios, como ilustra o Gráfico 1.

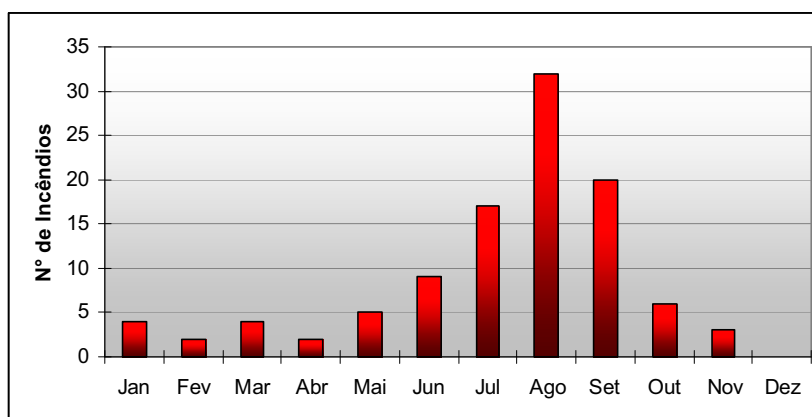


Gráfico 1 - Número de ocorrências de incêndios florestais mensais, registrados no PNCV, entre 1979 e 2005

Fonte: IBAMA (2007)

Verifica-se, no gráfico acima, que a maioria dos incêndios no PNCV se concentra entre os meses de maio a outubro, uma vez que são os meses que apresentam maior deficiência hídrica na região.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Geoprocessamento

Geoprocessamento, pelo significado do próprio nome (geo = terra; processar = executar, realizar, mudar), processa informações sobre a superfície terrestre através de ferramentas computacionais ou não. Estes processos auxiliam o homem no monitoramento, administração e planejamento do espaço geográfico em que vive. Neste sentido, os sistemas computacionais com estes propósitos são conhecidos como Sistemas de Informação Geográfica - SIG (THOMÉ, 1998).

“O geoprocessamento pode ser definido como sendo o conjunto de tecnologias destinadas à coleta e tratamento de informações espaciais, assim como o desenvolvimento de novos sistemas e aplicações, com diferentes níveis de sofisticação” (ROSA; BRITO, 1996, p. 7).

Rocha (2000), em seus estudos, definiu geoprocessamento como uma tecnologia transdisciplinar, que, através da axiomática da localização e do processamento de dados geográficos, integra várias disciplinas, equipamentos, programas, processos, entidades, dados, metodologias e pessoas para coleta, tratamento, análise e apresentação de informações associadas a mapas digitais georreferenciados.

Sendo assim, o termo geoprocessamento pode ser aplicado à cartografia digital, processamento digital de imagens (PDI) e sistemas de informações geográficas (SIG). A cartografia digital, conforme Rosa e Brito (1996), é a tecnologia destinada à captação, organização e desenho de mapas, enquanto que o processamento digital de imagens (PDI) pode ser entendido como sendo o conjunto de procedimentos e técnicas destinadas à manipulação numérica de imagens, cujo intuito é corrigir distorções das mesmas e melhorar o poder de discriminação dos alvos. Já os sistemas de informações geográficas (SIG) são sistemas destinados à aquisição, armazenamento, manipulação, análise e apresentação de dados referenciados espacialmente.

O geoprocessamento procura abstrair o mundo real, transferindo ordenadamente as suas informações para o sistema computacional. Esta transferência é feita sobre bases cartográficas, através de um sistema de referência apropriado (ROCHA, 2000).

De acordo com Rosa (2005), o geoprocessamento envolve pelo menos quatro categorias de técnicas relacionadas ao tratamento da informação espacial:

1. Técnicas para coleta de informação espacial (cartografia, sensoriamento remoto, GPS, topografia, levantamento de dados alfanúmericos);
2. Técnicas de armazenamento de informação espacial (bancos de dados – orientados a objetos, relacional, hierárquico, etc.);
3. Técnicas para tratamento e análise de informação espacial (modelagem de dados, geoestatística, aritmética lógica, funções topológicas, redes, etc.);
4. Técnicas para o uso integrado de informação espacial, como os sistemas GIS – Geographic Information Systems, LIS – Land Information Systems, AM/FM – Automated Mapping/Facilities Management, CADD – Computer-Aided Drafting and Design.

Silveira (2000) destacou que a revolução digital passou a permitir a análise da natureza de uma forma mais global. O raciocínio, decorrente de novas formas de análise, invade tanto o microcosmo biológico como o macrocosmo da biosfera. Os sentidos humanos são potencializados por essas novas ferramentas e o raciocínio sobre os fenômenos ambientais tem potencial para ser em grande parte digital, auxiliado por essa nova capacidade cibernética. O instrumento que melhor expressa essa espécie de matemática espacial é o Sistema de Informação Geográfica (SIG). Qualquer dado que possua um componente espacial, uma localização determinável, pode ser manuseado, armazenado e analisado por um SIG.

Ressalta-se que, dentre os sistemas desenvolvidos para uso integrado de informação espacial, os SIGs têm evoluído e ampliado a sua aplicação para variados estudos agro-ambientais (ASSAD; SANO, 1998).

Os SIGs possibilitam a geração de um banco de dados codificados espacialmente, promovendo ajustes e cruzamentos simultâneos de um grande número e variedade de informações, facilitando o acompanhamento e a evolução espaço-temporal dos diferentes temas de caráter geográfico. Permite diagnosticar, avaliar e zonear áreas de forma mais rápida, adequada e eficiente, substituindo os métodos tradicionais normalmente mais morosos, onerosos e com alto grau de subjetividade (ROSA; BRITO, 1996).

É importante salientar que um SIG é utilizado mais corretamente como extensão do pensamento analítico. O sistema em si não possui respostas prontas. Assim, como o campo do conhecimento da estatística, esse sistema é somente uma ferramenta auxiliar para descrever e inferir; devendo ser usado após o problema ambiental ter sido cuidadosamente delimitado, para daí se verificar as possibilidades de solução. De outra maneira, corre-se o risco de utilizar a tecnologia sem um objetivo definido (SILVEIRA, 2000).

3.2 Sensoriamento Remoto

O sensoriamento remoto pode ser definido como sendo a

utilização conjunta de modernos sensores, equipamentos para processamento de dados, equipamentos de transmissão de dados, aeronaves, espaçonaves etc., com o objetivo de estudar o ambiente terrestre através do registro e da análise das interações entre a radiação eletromagnética e as substâncias componentes do planeta Terra em suas mais diversas manifestações (NOVO, 1998, p.2).

O desenvolvimento da técnica de sensoriamento remoto via satélite pode ser dividido em duas épocas: uma antes do lançamento do primeiro satélite pelos russos em 04 de outubro de 1957, em que a técnica de fotografia aérea era a única opção e a outra, após essa data, em que os diversos sensores de satélites foram desenvolvidos com o rápido avanço do programa espacial (LIU, 2007).

Assim, as técnicas de sensoriamento remoto foram largamente utilizadas durante a I e II Guerras Mundiais no planejamento de missões com fins militares. Contudo, até então, apenas fotografias aéreas obtidas à média e baixa altitude mereciam destaque (ROSA, 2005).

Em 1972, os Estados Unidos colocaram em órbita o primeiro satélite de sensoriamento remoto com finalidade civil, destinado à obtenção de dados de forma rápida, confiável e freqüente dos alvos terrestres. A partir de então, inúmeros outros sistemas de obtenção de dados passivos ou ativos, orbitais ou sub-orbitais foram desenvolvidos e, atualmente, a grande quantidade de informações fornecidas por estes sensores nos permite conhecer melhor o nosso planeta, sendo ferramenta indispensável ao inventário, mapeamento e monitoramento dos recursos naturais. O sensoriamento pode ser orbital, neste caso, informações obtidas por satélite ou sub-orbital, quando as informações são obtidas por aeronaves (ROSA, 2005).

Nesse contexto, o surgimento das imagens de satélite possibilitou, além da criação de um nível de percepção mais global, complementar as fotografias aéreas e os levantamentos de campo, com a obtenção de informações radiométricas digitais de grandes extensões da superfície terrestre (COUTINHO, 1997).

Segundo Florenzano (2002), as imagens obtidas por sensores remotos, qualquer que seja o seu processo de formação, registram a energia proveniente dos objetos da superfície observada. Independente da resolução e da escala, as imagens apresentam os elementos básicos de análise e interpretação, a partir dos quais se extraem informações de objetos, áreas, ou fenômenos. Esses elementos são: tonalidade/cor, textura, tamanho, forma, sombra, altura, padrão e localização.

Rocha (2000) destacou que os sistemas de processamento ou tratamento de imagens são sistemas destinados à extração de informações a partir de dados de Sensoriamento Remoto. Sendo assim, essa extração pode ser qualitativa, através da observação de imagens realçadas pelo sistema, ou quantitativas, através da utilização de procedimento de classificação automática, cujas saídas são imagens temáticas e tabelas de área associadas a cada classe discriminada na imagem.

Atualmente, com os softwares de processamento digital de imagens, podem-se realçar as características espaciais e/ou espectrais da imagem bruta, através de processos como classificação digital de imagens, correção geométrica, ortorretificação, filtragens, composições coloridas, variações de escala (zoom), edição vetorial sobre a imagem, análise e visualização do terreno, extração de Modelos Digitais do Terreno (MDT), correção atmosférica, análise de dados hiperespectrais e diversos outros processamentos, visando à extração da informação que se busca (ROCHA 2000).

O sensoriamento remoto, através do uso de imagens orbitais, pode fornecer dados de cobertura do solo de grandes áreas, em intervalos regulares, com maior rapidez na coleta e análise de dados a um custo menor, se comparado com métodos convencionais (por exemplo, o uso de redes de guardas florestais ou levantamento de campo), sendo uma tecnologia que permite monitorar mudanças ambientais (FERREIRA, 2004).

Dessa forma, as imagens de sensores orbitais podem ser utilizadas no mapeamento de uso da terra e cobertura vegetal, de áreas queimadas e na detecção de focos de calor.

“A expressão uso da terra pode ser compreendida como a forma pela qual o espaço está sendo ocupado pelo homem” (LOSCH, 1989, p.51).

O estudo do uso da terra e ocupação do solo consiste em buscar conhecimento de toda a sua utilização por parte do homem ou, quando não utilizado pelo homem, a caracterização dos tipos de categorias de vegetação natural que reveste o solo, como também suas respectivas localizações (ROSA, 2007).

Neste sentido, o mapeamento de uso da terra e cobertura vegetal é imprescindível para se analisar a forma pela qual determinado espaço está sendo ocupado, podendo este servir para planejadores e legisladores, pois, ao verificar a utilização do solo em determinada área, pode-se elaborar uma melhor política de uso da terra para o desenvolvimento da região.

Assim, o mapeamento de uso da terra e cobertura vegetal torna-se um importante instrumento na medida em que o conhecimento da distribuição e quantificação da área ocupada pela

vegetação natural, pastagem, agricultura, entre outros, permite que se compreenda melhor a organização do espaço facilitando tomadas de decisões.

De acordo com Assad e Sano (1998, p.351)

o monitoramento da paisagem de uma dada região é fator primordial no planejamento racional de utilização da terra, face principalmente a velocidade de ocupação do espaço físico e ao pouco conhecimento dos recursos naturais nela existentes. Diante desse quadro, os produtos de sensoriamento remoto orbital têm sido importantes não só na aquisição primária de informações como no inventário e gerenciamento da paisagem agroflorestal em países de dimensões continentais, como o Brasil.

A detecção de fogos via satélite é controlada por vários fatores, incluindo ângulos de visada dos sensores, iluminação, propriedades da superfície e subsuperfície (heterogeneidade de relevos, emissividade, cobertura de vegetação, umidade, condutividade e capacidade calorífica do solo e atenuações atmosféricas) (LIU, 2007).

A detecção de incêndios florestais, por meio do sensoriamento remoto, iniciou-se por volta de 1961, por entidades ligadas ao USFS (United States Forest Service), Serviço Florestal dos Estados Unidos, em um programa experimental que teve a duração de dez anos e desenvolveu estudos sobre imageadores biespectrais no infravermelho termal em aeronaves, fazendo testes sobre as características espectrais de queimadas e de sensores (FERREIRA, 2004).

Atualmente, as práticas utilizadas para monitoramento de queimadas empregam técnicas de sensoriamento remoto em plataformas orbitais, incluindo os satélites de alta a média resolução de 0,61m a 30m e de baixa frequência temporal de 16 a 26 dias, tais como QuickBird, IKONOS, SPOT, CBERS e LANDSAT, que permitem detectar as fumaças e as áreas de queimadas ativas e recentes e os de baixa resolução espacial e alta frequência temporal, tais como ENVISAT, DMSP, NOAA e MODIS, que permitem a localização de focos de queimadas, e observar pontos de ignição ocorrida. Os satélites de alta a média resolução espacial têm a vantagem de detectar fumaças e o avanço do fogo e estimar as áreas queimadas. Entretanto, por causa das imagens que cobrem a mesma área, só serão disponíveis acima de 16 dias (LIU, 2007).

O sistema Landsat foi desenvolvido pela NASA com o objetivo de permitir aquisição de dados espaciais, espectrais e temporais da superfície terrestre, de forma global, sinóptica e repetitiva (ROSA, 2007).

O Landsat foi colocado em órbita em 1972, com o nome de ERTS-1 (*Earth Resources Technological Satellite – 1*), com um desempenho tão significativo que foi transformado na série Landsat. As imagens de satélite utilizadas nesta pesquisa foram do Landsat 5, que já está

operando desde 1984, muito além da vida útil prevista na época do lançamento. Trabalha com sensores TM (*Thematic Mapper*) e MSS (*Multispectral Scanner System*), com, respectivamente, sete e quatro bandas em cada. A melhor resolução espacial obtida é de 30 m (ROCHA, 2000).

Florenzano (2002) ressaltou que, como os ambientes da superfície terrestre sofrem mudanças, a data da imagem é uma informação extremamente importante, pois a imagem é uma representação de parte da superfície da Terra no momento da passagem do satélite. A data nos indica, por exemplo, se é uma imagem antiga ou recente, se foi tomada em época seca ou de chuva, no inverno ou verão, antes ou depois de um fenômeno como desmatamento, incêndios, deslizamento de encostas (terra), inundação, entre outros.

Cabe enfatizar que os dados de Sensoriamento Remoto constituem um dos maiores mananciais de informações para os SIGs. A montagem da base de dados espaciais é realizada através de cartas temáticas obtidas direta ou indiretamente por este processo. As vantagens oferecidas pelo uso das informações de Sensoriamento Remoto para corrigir, atualizar e manter bases de dados para SIG é inquestionável. Os Sistemas de Gestão e Monitoramento não sobrevivem sem um módulo de atualização periódica das informações, que pode ser implementado pelas técnicas de Sensoriamento Remoto (ROCHA, 2000).

Por conseguinte, podemos afirmar que as imagens de satélites proporcionam uma visão sinóptica (de conjunto) e multitemporal (de dinâmica) de extensas áreas da superfície terrestre. Elas mostram os ambientes e a sua transformação, destacando os impactos causados por fenômenos naturais e pela ação do homem através do uso e da ocupação do espaço. Assim, com o uso de imagens de satélites é possível identificar, calcular e monitorar o crescimento de áreas desmatadas, atingidas pelo fogo (queimadas), impermeabilizadas, submetidas a processos de erosão, inundadas, entre outros (FLORENZANO, 2002).

3.3 Cerrado

Cerrado é uma palavra de origem espanhola que significa fechado. Este termo busca traduzir a característica geral da vegetação arbustivo-herbácea densa que ocorre na formação savânica. O termo Cerrado tem sido comumente utilizado em três acepções, a saber. A mais abrangente delas faz referência ao bioma predominante no Brasil Central, ou seja, a área correspondente ao Bioma Cerrado. A segunda acepção, o cerrado sentido amplo (*lato sensu*) diz respeito às formações savânicas e campestres do bioma, sendo definido pela composição florística e fisionomia da vegetação. E, por fim, o cerrado sentido restrito (*stricto sensu*) corresponde à

formação savânica definida pela composição florística, fisionomia e considerando, ainda, a estrutura quanto às formas de crescimento dominantes (RIBEIRO; WALTER, 1998).

A área core do Cerrado está localizada basicamente no Planalto Central do Brasil e é o segundo maior bioma do país em área, ficando atrás apenas do bioma amazônico. Abrange áreas contínuas dos estados de Goiás, Tocantins e do Distrito Federal, parte dos estados da Bahia, Ceará, Maranhão, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Piauí, Rondônia e São Paulo e também ocorre em áreas disjuntas ao norte, nos estados do Amapá, Amazonas, Pará e Roraima, e ao sul em pequenas ilhas no Paraná (SANO; ALMEIDA, 1998).

De acordo com PROBIO (2009), o Cerrado possui uma área de 205,9 milhões de hectares, sendo que apenas 0,85% são integralmente protegidos na forma de unidades de conservação (por exemplo, Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros e Parque Nacional das Emas no estado de Goiás). O Cerrado se limita com quase todos os biomas brasileiros, Amazônia, Caatinga, Mata Atlântica e Pantanal (Figura 4).

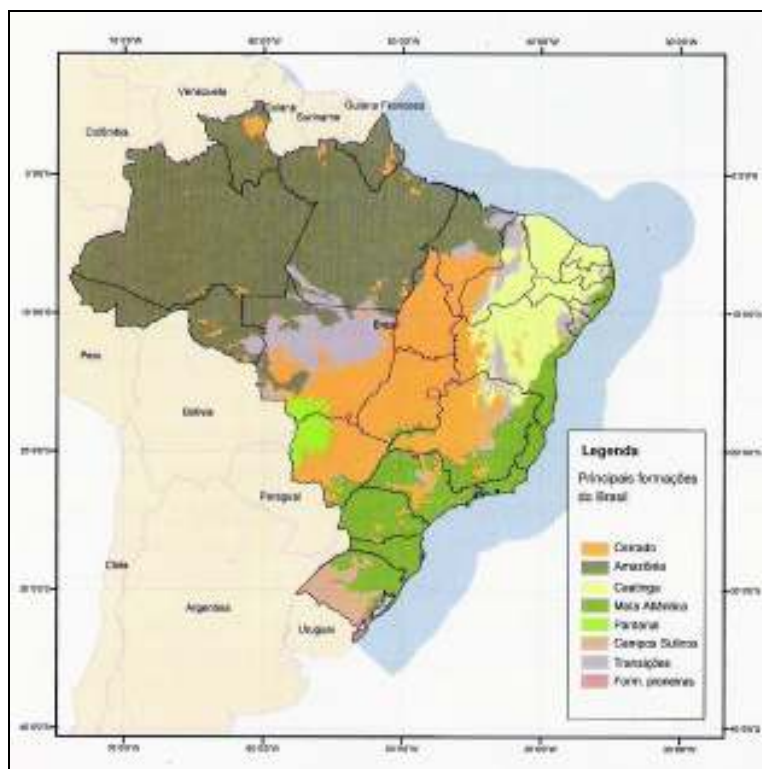


Figura 4 – Distribuição do Bioma Cerrado no Brasil, representado em cor laranja
Fonte: IBGE (1993) apud Aguiar e Camargo (2004)

A vegetação do Bioma Cerrado apresenta uma diversidade de fisionomias que englobam formações florestais, formações savânicas e formações campestres (Figura 5). De acordo com Ribeiro e Walter (1998), a fisionomia “floresta” é caracterizada por áreas com predominância de espécies arbóreas, com formação de dossel, seja contínuo ou descontínuo. A fisionomia “savana”, por sua vez, se caracteriza por áreas com a presença de árvores e arbustos espalhados em um estrato graminoso, sem a presença de formação de um dossel contínuo. E, ainda, a fisionomia “campo” caracteriza aquelas áreas onde há a predominância de espécies herbáceas e algumas arbustivas.

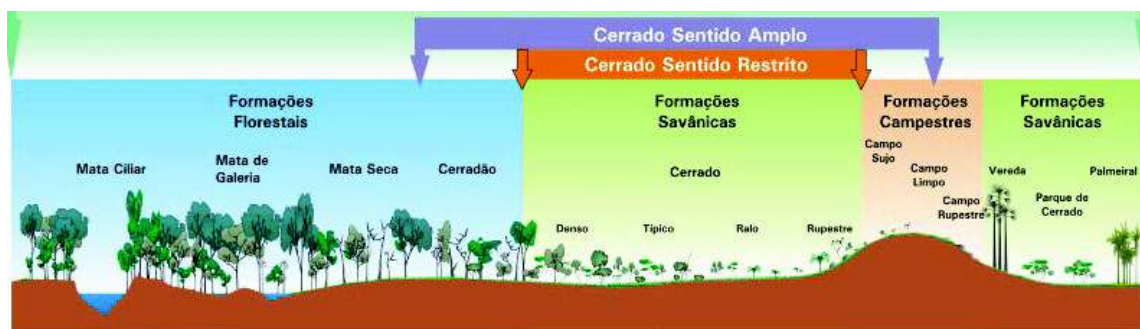


Figura 5 - Fitofisionomias do Cerrado

Fonte: Ribeiro e Walter (2008)

Ribeiro e Walter (1998) consideraram que a identificação dos tipos fitofisionômicos constituintes do Bioma Cerrado é fundamentada basicamente pela fisionomia (forma), pelos fatores edáficos e pela composição florística da vegetação.

No Quadro 1 estão apresentadas as características dos principais tipos fisionômicos do Cerrado, definidos por Ribeiro e Walter (1998).

FITOFISIONOMIAS DO CERRADO		
TIPO	CARACTERÍSTICAS	FORMAÇÃO
Mata Ciliar	Acompanha rios de médio e grande porte, em que a vegetação arbórea não forma galerias. Solos podem ser rasos – Cambissolos, Plintossolos ou Neossolos litólicos, profundos como os Latossolos e Argissolos, ou ainda serem Neossolos flúvicos. Árvores de altura entre 20 e 25 metros com cobertura arbórea de 50 a 90%.	Florestal
Mata de Galeria	Acompanha rios de pequeno porte e os córregos dos planaltos do Brasil central formando corredores fechados (galerias). Ocorre nos fundos dos vales ou nas cabeceiras de drenagem. Solos geralmente são Cambissolos, Plintossolos, Argissolos, Gleissolos ou Neossolos Flúvicos. Altura média do estrato arbóreo varia entre 20 a 30 metros com cobertura de 70 a 95%.	Florestal

FITOFISIONOMIAS DO CERRADO		
TIPO	CARACTERÍSTICAS	FORMAÇÃO
Mata Seca	Apresenta diferentes níveis de caducifolia durante a estação seca em função das condições químicas, físicas e principalmente da profundidade do solo. Podem ocorrer em solos desenvolvidos em rochas básicas de alta fertilidade (Nitossolos Vermelho e Chernossolo Ebânico ou Cambissolos) e em Latossolos Vermelho e Vermelho-Ácrico, de média fertilidade. Também em solos de origem calcária ocorre a Mata Seca Decídua em regiões mais acidentadas. Altura média do estrato arbóreo entre 15 e 25 metros com cobertura variante na estação seca menos de 50% e na estação chuvosa de 70 a 95%.	Florestal
Cerradão	Formação florestal com aspectos xeromórficos (condições de seca). Do ponto de vista fisionômico é uma floresta, mas floristicamente é mais similar a um cerrado. Dossel com cobertura arbórea que oscila entre 50 e 90% e altura média de 8 a 15 metros. Os solos em geral são profundos, bem drenados, de média e baixa fertilidade, ligeiramente ácidos, pertencentes às classes Latossolo Vermelho-Ácrico, Latossolo Vermelho-Amarelo-Ácrico ou Latossolo Vermelho. Também pode ocorrer em proporção menor Cambissolos.	Florestal
Cerrado Sentido Restrito	Formação savânica com presença de árvores baixas, inclinadas, tortuosas e retorcidas, geralmente com evidências de queimadas. Arbustos e subarbustos encontram-se espalhados. Os troncos das plantas em geral possuem cascas com cortiça grossa, fendida ou sulcada e as folhas são rígidas e coriáceas, caracterizando um aspecto de xeromorfismo. Entretanto, espécies arbóreas que possuem raízes profundas não sofrem restrição hídrica na estação seca, destacando-se desse quadro. Grande parte dos solos é das classes Latossolo Vermelho-Ácrico, Latossolo Vermelho-Amarelo-Ácrico e Latossolo Vermelho que apesar das boas características físicas, são solos forte ou moderadamente ácidos (pH entre 4,5 a 5,5), com carência generalizada de nutrientes essenciais e altas taxas de alumínio. Apresenta ainda uma sub-divisão em função dos fatores físicos condicionantes em: Cerrado Denso, Cerrado Típico, Cerrado Ralo e Cerrado Rupestre.	Savânica
Parque Cerrado	Formação savânica presente em pequenas elevações do terreno denominadas “murunduns”. Apresenta árvores de altura média de 3 a 6 metros formando uma cobertura arbórea de 5 a 20%. Os solos são Gleissolos e mais drenados nos murunduns que nas áreas planas adjacentes. A flora é semelhante ao Cerrado sentido restrito, no entanto com melhor tolerância à saturação hídrica do perfil do solo.	Savânica
Palmeiral	Formação savânica formada pela presença de uma só espécie de palmeira arbórea. Em geral as palmeiras do Cerrado encontram-se em terrenos bem drenados, embora também ocorram em terrenos mal drenados onde ocorrem galerias que acompanham as linhas de drenagem. Em solos bem drenados ocorrem as espécies Macauba, Gueroba e Babaçua. Em solos mal drenados (brejos) as palmeiras se caracterizam pelo Buritizal que formam um dossel de 40 a 70% de cobertura arbórea e têm altura média entre 12 e 20 metros.	Savânica

FITOFISIONOMIAS DO CERRADO		
TIPO	CARACTERÍSTICAS	FORMAÇÃO
Vereda	Caracterizada pela presença da palmeira arbórea <i>Mauritia flexuosa</i> (Buriti) emergente em meio a agrupamentos mais ou menos densos de espécies arbustivo-herbáceas e circundadas por Campo Limpo, geralmente úmidos e os buritis não formam um dossel. A altura média dos buritis varia de 12 a 15 metros. A ocorrência de vereda condiciona-se ao afloramento do lençol freático. Serve de refúgio, abrigo, fonte de alimento e local de reprodução da fauna terrestre e aquática do Cerrado.	Savânica
Campo Sujo	Tipo fisionômico herbáceo-arbustivo, com arbustos e subarbustos esparsos cujas plantas são constituídas por indivíduos menos desenvolvidos das espécies arbóreas do Cerrado sentido restrito. Ocorre em solos rasos como os Neossolos litólicos, Cambissolos ou Plintossolos, eventualmente com pequenos afloramentos rochosos de pouca extensão, ou ainda em solos profundos e de baixa fertilidade (álco ou distrófico) como os Latossolos de textura média, e os Neossolos Quartzarenos. Quando o solo é bem drenado, caracteriza-se o Campo Sujo Seco e, quando o solo é pouco drenado, ocorre o Campo Sujo Úmido ou com Murundus.	Campestre
Campo Rupestre	Ocorre geralmente em Neossolos Litólicos ou nas frestas dos afloramentos rochosos. São solos ácidos, pobres em nutrientes e a disponibilidade de água é restrita. A fitofisionomia é herbáceo-arbustiva, com presença eventual de arvoretas pouco desenvolvidas de até 2 metros de altura. O ambiente propício é em altitudes superiores a 900 metros, em áreas onde há ventos constantes, dias quentes e noites frias. A composição florística varia em função do substrato (profundidade do solo, fertilidade, disponibilidade de água, etc.). Indivíduos lenhosos concentram-se nas fendas das rochas, enquanto que outras espécies podem crescer diretamente sobre as rochas, sem que haja solo, como é o caso de algumas Aráceas e Orquídeas.	Campestre
Campo Limpo	Fitofisionomia predominantemente herbácea, com raros arbustos e ausência completa de árvores. Ocorre em diversos ambientes de diferente topografia, variação no grau de umidade, profundidade e fertilidade do solo. Entretanto, é encontrada com mais frequência nas encostas, nas chapadas, nos olhos d'água, circundando as veredas e na borda das Matas de Galeria, geralmente em Neossolos Litólicos, Cambissolos ou Plintossolos. Quando ocorrem em áreas planas contíguas aos rios e inundadas periodicamente, também é chamado de "Campo de Várzea", "Várzea" ou "Brejo".	Campestre

Quadro 1 - Características das fitofisionomias do Cerrado
 Fonte: Sampaio (2007) adaptado de Ribeiro e Walter (1998)

Além do sistema de classificação de vegetação do Cerrado proposta por Ribeiro e Walter (1998), existe o Sistema Brasileiro de Classificação da Vegetação Brasileira proposta pelo IBGE (1992), em que o Cerrado foi subdividido em quatro subgrupos de formação: Savana Florestada (Sd), Savana Arborizada (Sa), Savana Parque (Sp) e Savana Gramíneo-Lenhosa (Sg).

A Savana Florestada (Sd) é um subgrupo de formação com uma fisionomia típica e característica, restrita das áreas areníticas lixiviadas com solos profundos, ocorrendo em clima tropical eminentemente estacional. Apresenta sinúsias lenhosas de micro e nanofanerófitos tortuosos com ramificação irregular, providas de macrofilos esclerofilos perenes ou semidecíduos, ritidoma esfoliado corticoso rígido ou córtex maciamente suberoso, com órgãos de reserva subterrâneos ou xilopódio. Não apresenta uma sinúcia nítida de caméfitos, mas sim um relevo hemicriptófitico, de permeio com plantas lenhosas raquíticas e palmeiras anãs. Já a Savana Arborizada (Sa) é um subgrupo de formação natural e/ou antrópico que se caracteriza por apresentar uma fisionomia nanofanerofítica rala e outra hemicriptofítica graminóide, contínua (IBGE, 1992).

Ainda de acordo com IBGE (1992), Savana Parque (Sp) é um subgrupo de formação essencialmente constituído por um estrato graminóide, integrado por hemicriptófitos e geófitos de florística natural e/ou antropizada, entremeado por nanofanerófitos isolados. E a Savana Gramíneo-Lenhosa (Sg) apresenta predominantemente gramados entremeados por plantas lenhosas raquíticas, que ocupam extensas áreas dominadas por hemicriptófitos e que, aos poucos, quando manejados através do fogo ou pastoreio, vão sendo substituídas por geófitos que se distinguem por apresentar colmos subterrâneos, portanto, mais resistentes ao pisoteio do gado e ao fogo.

Nascimento (2002) considerou que uma das hipóteses da origem do Cerrado está na combinação da estacionalidade climática, o baixo nível nutricional dos solos e a ocorrência do fogo, sendo a variação destes fatores no espaço e no tempo os responsáveis pela diferenciação de vegetação.

O clima predominante do Cerrado é tropical sazonal, com precipitação média variando em torno de 750-2000mm/ano e Aw, segundo a classificação de Köppen. A estação seca é marcada pela duração de quatro ou cinco meses (maio a setembro) sendo o mês mais seco com média de 30mm de chuva, enquanto que a estação chuvosa (outubro a abril) apresenta precipitação média anual de 1500mm (EITEN, 1994).

O Cerrado destaca-se com relação à alta biodiversidade por diversas razões: sua vasta extensão, aliada à posição geográfica central, compartilhando espécies com quatro outros biomas – Amazônia, Caatinga, Mata Atlântica e Pantanal; sua heterogeneidade vegetal; e por conter trechos das três maiores bacias hidrográficas da América do Sul, dos rios Tocantins, São Francisco e Prata (ALHO; MARTINS, 1995).

Cabe ressaltar que o Cerrado está incluído na atual lista de *hotspots*. Com uma flora considerada como uma das mais ricas dentre as savanas, este bioma possui alto grau de endemismo, já que suas 10 mil espécies de plantas, 44% são endêmicas, incluindo quase todas as gramíneas. O Cerrado e a Mata Atlântica são os ecossistemas brasileiros que mais sofreram alterações com a ocupação humana. Sendo que, atualmente, a destruição e a fragmentação de habitats consistem na maior ameaça à integridade dessa região (PEREIRA JÚNIOR, 2002).

Partindo para um contexto histórico, pode-se dizer que a ocupação intensa do Cerrado teve início na década de 60, com a construção de Brasília, abertura de novas estradas e com os incentivos governamentais aplicados no setor agropecuário, que expandiram a ocupação da região com agricultura e pecuária.

Hoje a região do Cerrado é responsável por cerca de um terço da produção de grãos do país (soja, milho, sorgo, arroz, trigo, café, etc.), metade da produção de carnes e a maior parte da de algodão, parte da qual se destina ao mercado externo. Dispõe de boa infra-estrutura logística e um agronegócio bem organizado, gerando benefícios econômicos e sociais relevantes para a sociedade e para o país. Contudo, enormes desafios ainda precisam ser enfrentados para se atingir um desenvolvimento equilibrado (GOEDERT; WAGNER; BARCELLOS, 2008).

Assim, o Cerrado foi sendo devastado, restando hoje apenas remanescente de sua antiga cobertura vegetal. As transformações ocorridas no Cerrado causaram grandes danos ao ambiente, dentre eles a fragmentação de habitats, redução da biodiversidade, erosão e perda de solos, uso abusivo da água, alterações no regime de queimadas, etc.

Por conseguinte, ressalta-se que o Cerrado é suscetível a incêndios especialmente durante a estação seca, pois é quando a camada rasteira, dominada por gramíneas, seca. A intensidade do fogo varia com a quantidade de combustível acumulado na superfície do solo desde a última queimada, a produção primária da camada rasteira e a quantidade de serrapilheira produzida por arbustos e árvores (MIRANDA; SILVA; MIRANDA, 1996).

3.3.1 Cerrado e o fogo

Na estação seca, que compreende o período de maio a setembro, são comuns os relatos de queimadas de origem antrópica e natural, que, juntamente com a sazonalidade das chuvas e com o solo pobre em nutrientes, contribuem com a existência do Cerrado no Brasil Central (NEVES; MIRANDA, 1996).

Segundo Pereira Júnior (2002), três condições simultâneas são necessárias para a ocorrência de incêndios em vegetação do Cerrado: disponibilidade de combustível vegetal; condições meteorológicas propícias e existência de fonte de ignição. Assim, a “suscetibilidade ao fogo” é a possibilidade de atendimento a estas três condições.

Neste sentido, dentre as causas mais comuns de incêndios florestais, podem-se citar: incêndios criminosos; focos de incêndios causados por cigarros; prática de fogueiras; balões; queima de lixo; queima de terreno para limpeza com fins agrícolas ou pecuários; raios, etc. Alguns incêndios florestais têm causa acidentais, como por exemplo, os incêndios causados por fagulhas de máquinas e de grandes veículos ou pelo rompimento de cabos de eletricidade.

Desse modo, verifica-se que a maioria dos incêndios são provocados acidentalmente ou não, por atividades antrópicas, exceto as causadas por raios.

Segundo dados do IBAMA, 93% dos incêndios ocorridos em Unidades de Conservação Federais nos anos de 1979 a 2005 foram de causas antrópicas e apenas 7% foram causados por descargas elétricas (causas naturais).

No que concerne ao fogo provocado pelo homem, conseguem-se minimizar essas ações por meio da educação, de leis rigorosas e de outros meios, ou pela redução do período de risco de incêndios florestais, mediante a retirada prévia do material combustível e uso de técnicas como: construção de estradas, aceiros, proibição de acesso público a áreas consideradas de risco, etc. Dessa maneira, um plano de prevenção de incêndios florestais deve ser cuidadosamente elaborado de modo a proteger o patrimônio natural (LIU, 2007).

Segundo Ross (2005), apesar do fogo ser um agente importante para o Cerrado, ele não é extensivo a todas as formações vegetais desse bioma. Queimadas de grandes proporções, como as que são empregadas por fazendeiros, prejudicam a fauna de mamíferos como os tamanduás-bandeira, que são rapidamente incinerados devido à pelagem espessa e longa, muito inflamável. Consequentemente, o fogo também destrói as matas-galerias que protegem as drenagens. As queimadas de pequenas extensões são, no entanto integradas ao ecossistema dos cerrados. As gramíneas, na ausência de fogo, podem dominar a diversidade dos cerrados e tornar as áreas impróprias para a rica fauna do Cerrado. O fogo promove o rebrotamento de várias espécies do estrato herbáceo, criando habitats para a ema e o veado-campeiro.

Ressalta-se que a completa supressão do fogo também acarreta efeitos ambientais no Cerrado, como a redução de biodiversidade e aumento da densidade de plantas lenhosa com alteração na composição florística e fisionômica da vegetação (PEREIRA JÚNIOR, 2002).

Pode-se dizer que o efeito de fogo na fisionomia afeta principalmente a camada arbustiva, especialmente os arbustos de caule fino, e depende da densidade e altura das gramíneas da camada rasteira, porque quando estas secam, se tornam a fonte principal de combustível. Se outro fogo não ocorre por alguns anos, a camada arbustiva reassume sua densidade normal, a qual depende do solo. Se o fogo ocorre somente duas vezes por década em média ou menos, a fisionomia básica do Cerrado não se altera. Assim, esta variação nas características do solo, ação de fogo e corte e recuperação produz um contínuo de formas do Cerrado (PINTO, 1994).

Deve-se salientar que o efeito dos incêndios sobre a vegetação depende basicamente da intensidade do fogo. Um incêndio de rápida propagação, ocorrendo em áreas onde existe grande quantidade de material combustível, provocará danos sensíveis mesmo em espécies resistentes ao fogo. Por outro lado, em uma queima controlada de baixa intensidade, os efeitos daninhos serão mínimos e, inclusive, alguns benefícios serão alcançados (SOARES; BATISTA, 2007).

A adaptação da vegetação ao fogo está relacionada a vários fatores como tipo de queimada, o regime de queima (frequência e época do ano) e também ao comportamento do fogo (velocidade de propagação, tempo de residência e a intensidade da frente do fogo, temperaturas do ar e do solo). Alterações nesses fatores podem resultar em danos severos na estrutura e na dinâmica da vegetação (WHELAN, 1995 apud AGUIAR; CAMARGO, 2004).

No entanto, o acúmulo anual de biomassa seca acaba criando condições tão favoráveis à queima que qualquer descuido com o uso do fogo, ou a queda de raios no início da estação chuvosa, acabam por produzir incêndios tremendamente desastrosos para o ecossistema como um todo, sendo que estes ficam impossíveis de serem controlados pelo homem. Neste caso é preferível prevenir tais incêndios, realizando queimadas programadas, em áreas limitadas e sucessivas, cujos efeitos poderão ser até mesmo benéficos. Tudo depende de se saber manejar o fogo adequadamente, levando em conta uma série de fatores, como os objetivos do manejo, a direção do vento, as condições de umidade e temperatura do ar, a umidade da palha combustível e do solo, a época do ano, a frequência das queimadas, etc. (COUTINHO, 2008).

Nesse sentido, o manejo adequado do fogo em reservas de Cerrado pode constituir-se em eficiente meio para a preservação da flora e da fauna. Queimadas em rodízio, com parcelas pequenas e com regimes próprios, reduziriam os riscos de grandes incêndios acidentais, permitindo às plantas completar seus ciclos biológicos, acelerando a ciclagem dos nutrientes minerais e aumentariam a produtividade dos ecossistemas, além de suprir os animais com alimentos durante os difíceis meses de seca. A mortalidade também se reduziria, uma vez que

os animais dispõem de áreas não queimadas, onde poderiam se refugiar (COUTINHO, 2008).

Fatores como clima, vegetação, tipo de solo e a própria atividade humana criam condições divergentes a respeito da influência do fogo sobre a resposta do solo e microclima a longo prazo. A extensão da influência do fogo sobre as propriedades do solo depende da sua intensidade, da natureza da vegetação, do aumento da temperatura e da frequência de queimadas. Além disso, a duração do pulso de calor afeta a sobrevivência dos organismos, a quantidade de nutrientes e as propriedades físicas e químicas do solo (RAISON, 1979 apud NEVES; MIRANDA, 1996).

Vários efeitos do fogo na vegetação do Cerrado têm sido estudados, principalmente sobre a produção primária, florescimento, dispersão de sementes, ciclagem de nutrientes, biomassa após o fogo e danos em plantas lenhosas (COUTINHO, 1990 apud SILVA; MIRANDA, 1996).

Um incêndio florestal pode acarretar várias consequências. Primeiro, e talvez mais óbvio, ele consome material lenhoso. Segundo, ele cria calor, que mata ou danifica a vegetação, mata ou causa injúrias aos animais e danifica ou altera o solo. Terceiro, os constituintes minerais residuais do combustível podem causar diversos efeitos sobre a química do solo e a nutrição das plantas (SOARES; BATISTA, 2007).

A exposição da superfície do solo através da destruição da cobertura vegetal, principalmente em terrenos acidentados, depois de repetidos incêndios ou queimadas, pode provocar um acelerado escoamento superficial da água e, conseqüentemente, rápida erosão. Este é geralmente, o mais sério e duradouro efeito do fogo sobre o solo. Vários autores confirmam que os incêndios florestais se constituem numa das principais causas de erosão, embora as práticas agrícolas inadequadas e a devastação florestal, que expõe o solo em áreas de relevo acidentado, possam causar resultados similares (SOARES; BATISTA, 2007).

Conclusões definitivas acerca dos efeitos do fogo sobre o solo são difíceis, pois a produtividade dos solos depende de vários fatores, sendo influenciados de modo diverso pelo fogo. O escoamento superficial e a erosão, por exemplo, são geralmente acelerados pelo fogo, com o conseqüente arrastamento de nutrientes. Entretanto, sob certas condições, esses aspectos daninhos podem ser compensados pelo feito benéfico das cinzas no crescimento das plantas, que por sua vez recobrem o solo, reduzindo o escoamento superficial e a erosão (SOARES; BATISTA, 2007).

Um dos efeitos imediatos do fogo sobre o solo é a alteração do pH. Uma das diferenças observadas entre as queimadas de campo sujo e cerrado stricto sensu foi a maior variabilidade nos valores de pH, um dia depois da queima, em relação à distribuição das cinzas. O pH variou de 5,1 a 9,1 no cerrado stricto sensu depois da queima, enquanto no campo sujo, a variação foi de 5,0 a 7,8. Os maiores valores de pH podem estar relacionados à contribuição das cinzas resultantes da combustão de caules e de ramos de árvores mortas (AGUIAR; CAMARGO, 2004).

De acordo com Coutinho (1990), em áreas de Cerrado, queimadas com intervalos de três anos estabelecem um equilíbrio entre entradas e saídas de nutrientes. Neste caso, o fogo não afeta as propriedades nutricionais do solo.

Para alguns animais, a falta de abrigo após um incêndio pode representar uma ameaça maior do que as próprias chamas, pois eles ficam expostos aos olhos dos predadores. Por isto, em locais onde incêndios naturais ocorrem com frequência, parece que alguns animais desenvolveram uma coloração camuflante, como por exemplo, alguns animais dos Cerrados e das Savanas (SOARES; BATISTA, 2007).

3.4 Fatores que afetam o comportamento do fogo

Diversas características do ambiente têm forte influência sobre o início, a propagação e a intensidade dos incêndios florestais. Os fatores mais relacionados com os incêndios são: material combustível, condições climáticas, a topografia e o tipo de cobertura vegetal (SOARES; BATISTA; NUNES, 2008).

Esses fatores influem de forma diferente na ocorrência de incêndios florestais de acordo com a região e época do ano. Dessa forma, eles devem ser analisados de acordo com a sua distribuição espacial na área, o que pode ser realizado mais eficientemente com o emprego de um SIG.

3.4.1 Tipo de material combustível

O material combustível, por ser um dos componentes do triângulo do fogo, é básico e indispensável para ocorrência e propagação dos incêndios florestais. Não poderá haver fogo se não houver combustível para queimar (SOARES; BATISTA, 2007).

Neste sentido, material combustível florestal pode ser definido como qualquer material orgânico, vivo ou morto, no solo ou acima deste, capaz de entrar em ignição e queimar.

Dentre as características dos combustíveis que mais influenciam a ignição e a propagação dos incêndios destaca-se: a quantidade, a umidade, a inflamabilidade, a continuidade e a compactação (RIGOLOT, 1990).

A inflamabilidade está associada às características do combustível como estrutura, teor de umidade, composição mineral, presença de substâncias inflamáveis e estado fisiológico (RIGOLOT, 1990). Normalmente, à medida que aumenta a proporção de combustível fino morto, tais como folhas, acículas e pequenos ramos, aumentam a inflamabilidade do material combustível. Isto ocorre porque, quanto mais fina a partícula de combustível, mais rápida é a troca de calor e umidade entre o combustível e o ambiente (BATISTA, 2000).

A umidade do material combustível é geralmente expressa em termos de porcentagem de água contida no mesmo, em relação ao seu peso seco (SOARES, BATISTA, 2007). O conteúdo de umidade é a mais importante propriedade que controla a inflamabilidade dos combustíveis vivos e mortos. Ela é o reflexo do clima e das condições atmosféricas e pode variar rapidamente. Os combustíveis vivos e mortos têm diferentes mecanismos de retenção de água e diferentes respostas às variações do clima, sendo que conteúdo de umidade do material vivo é mais estável do que do material morto. Deste modo, o material morto é mais seco e responde mais rapidamente às variações meteorológicas, sendo, portanto o principal responsável pela propagação dos incêndios. O conteúdo de umidade do material morto pode apresentar uma grande variação, raramente descendo abaixo de 2%, mas podendo exceder 200% após longos períodos de precipitação. Já nos combustíveis verdes é um pouco menos variável, geralmente situando-se entre 75 e 150%. A variação da umidade na vegetação viva é devida principalmente aos estágios estacionais de crescimento (SOARES; BATISTA; NUNES, 2008).

A seguir, na Tabela 1, apresentam-se as variações da umidade em função dos estágios de desenvolvimento da vegetação.

Tabela 1 - Conteúdo de umidade do combustível vivo (folhagem)

Estágio de desenvolvimento da vegetação	Umidade (%)
Brotação nova, no início do ciclo de crescimento	300
Folhagem em maturação, ainda crescendo com vigor	200
Folhagem madura, completado o novo estágio de crescimento	100
Entrando em dormência, começando a amarelar	50
Completamente seca (considerada material combustível)	< 30

Fonte: Soares, Batista e Nunes (2008)

Org.: PRUDENTE, T. D., 2009

Segundo Torres (1979), as partes da vegetação de florestas podem ser classificadas da seguinte forma: combustíveis ligeiros (ervas, folhas, acículas e ramos); combustíveis pesados (troncos, galhos e raízes) e combustíveis verdes (plantas vivas como folhagem). Essa classificação é importante em relação à rapidez do processo de combustão, que diminui do primeiro para o último.

O tipo de cobertura florestal influencia o comportamento do fogo de várias formas, pois a variação na cobertura vegetal implica em mudanças de diversos aspectos relacionados com o comportamento do fogo, principalmente combustível e condições climáticas. As propriedades dos combustíveis variam consideravelmente com o tipo de floresta. E as variações no combustível podem causar mudanças pronunciadas no comportamento do fogo. Uma floresta densa e fechada proporciona um microclima mais ameno e os combustíveis apresentam um conteúdo de umidade maior e mais estável do que uma floresta rala ou aberta. Deste modo, pode-se afirmar que o fogo propaga com mais facilidade na floresta aberta do que na densa (SOARES; BATISTA; NUNES, 2008).

Dessa forma, uma floresta aberta ou rala permite a penetração mais livre dos raios solares e do vento, produzindo aumentos na temperatura do combustível e na taxa de evaporação. Isto contribui para o maior potencial de propagação do fogo (SOARES; BATISTA, 2007). Assim sendo, a incidência do fogo está diretamente relacionada com as características do estrato rasteiro, uma vez que esta é a fonte de combustível predominante no Cerrado (EITEN, 1994).

3.4.2 Condições climáticas

A frequência e distribuição dos incêndios florestais estão fortemente associadas às condições climáticas. Elementos como a temperatura, umidade relativa, vento e precipitação têm efeitos característicos sobre o comportamento do fogo.

Soares e Batista (2007) consideraram que a temperatura do ar influi direta e indiretamente na combustão e propagação dos incêndios. Diretamente porque a quantidade de calor necessária para elevar o combustível à temperatura de ignição depende da própria temperatura inicial do combustível e também da temperatura do ar em volta do mesmo. Indiretamente, através da sua influência sobre outros fatores que controlam a propagação do fogo, como por exemplo, o vento, a umidade do combustível e a estabilidade atmosférica. Assim, considerando-se que é praticamente impossível se medir a temperatura dos combustíveis durante um incêndio florestal, vale a pena citar algumas regras gerais das inter-relações entre combustíveis e temperatura do ar:

- a) Os combustíveis finos são mais fácil e rapidamente aquecidos pela temperatura do ar e pela insolação direta;
- b) Durante a parte mais quente do dia, os combustíveis das encostas voltados para o norte e oeste apresentam temperaturas mais altas do que os das faces sul e leste;
- c) Combustíveis maiores respondem mais lentamente do que os finos aos efeitos da temperatura do ar e à insolação direta;
- d) Combustíveis maiores apresentam menor temperatura do que os finos durante o dia, ocorrendo o inverso à noite;
- e) Dos combustíveis expostos diretamente à radiação solar, os superficiais geralmente apresentam maior temperatura do que os aéreos.

As precipitações são importantes porque ao manter o material florestal úmido, dificultam ou tornam impossível o início e a propagação do fogo. Existe uma forte correlação entre incêndios e prolongados períodos de seca, visto que, nos períodos de seca prolongada o material cede umidade ao ambiente, tornando as condições extremamente favoráveis às ocorrências de incêndios. Na avaliação do efeito da precipitação, deve-se considerar não apenas a quantidade de chuvas que cai, mas também sua distribuição estacional. Se a distribuição das chuvas em um determinado local é uniforme durante todo o ano, sem uma estação seca definida, o potencial de ocorrência e propagação dos incêndios é menor do que um local onde a estação chuvosa está concentrada em alguns meses, com longos períodos de estiagem durante os outros meses. Assim, a distribuição da precipitação é fator fundamental na definição do início, término e duração da estação de perigo do fogo (SOARES, 1985).

Neste sentido, ressalta-se que a umidade atmosférica é um dos fatores mais importantes na propagação dos incêndios florestais. Existe uma troca contínua de vapor d'água entre a atmosfera e o combustível depositado no piso da floresta. O material seco absorve umidade de uma atmosfera úmida e libera água quando o ar está seco, sendo que a quantidade de vapor d'água (umidade) que o material morto pode absorver do ar e reter dependem basicamente da umidade do ar. A umidade atmosférica é também um elemento importante na avaliação do grau de dificuldade de combate aos incêndios. Quando a umidade relativa do ar diminui a níveis inferiores a 30%, torna-se extremamente difícil combater um incêndio (BATISTA, 1984).

Umidade é o termo usado para descrever a quantidade de vapor d'água contida na atmosfera. A quantidade de vapor d'água no ar é um importante fator que influencia a taxa de

evaporação e evapotranspiração. A atmosfera recebe umidade da superfície terrestre, através da evaporação da água do solo nu, das superfícies aquáticas e da transpiração das plantas. A taxa de evaporação ou de evapotranspiração em uma dada área é determinada por dois principais fatores. Um é disponibilidade de umidade na superfície onde há evaporação, e o outro é a capacidade da atmosfera de vaporizar a água, remover ou transportar o vapor para cima (AYOADE, 2002).

Conforme Varejão-Silva (2006), o termo evapotranspiração é empregado para exprimir a transferência de vapor d'água para a atmosfera proveniente de superfícies vegetadas. A evapotranspiração engloba a evaporação da umidade existente no substrato (solo ou água) e a transpiração resultante da atividade biológica dos seres vivos que o habitam.

Já o termo evapotranspiração potencial (ETP), segundo Camargo e Camargo (2000), representa a chuva necessária e pode ser definida como o processo de perda de água para a atmosfera, através de uma superfície natural gramada, padrão, sem restrição hídrica para atender às necessidades da evaporação do solo e da transpiração. E a evapotranspiração real (ETR) constitui a perda de água de uma superfície natural, em qualquer condição de umidade e de cobertura vegetal.

Outra maneira de estimar a umidade do material combustível é analisar a deficiência hídrica, que, de acordo com Embrapa (2003), é o resultado (negativo) do balanço hídrico em que o total de água que entra no sistema via precipitação é menor que a quantidade total de água perdida pela evaporação e pela transpiração pelas plantas.

Liu (2007) chamou atenção para o fato que as descargas elétricas dos raios podem dar origem a uma porcentagem relativamente pequena de incêndios florestais que ocorrem na estação chuvosa. Por serem seguidos normalmente de chuvas, os incêndios florestais causados por raios não queimam grandes áreas.

Este mesmo autor ressaltou que o vento é um dos fatores principais na facilidade de queimadas, uma vez que este afeta a taxa de vaporização e de suprimento de oxigênio durante a queima do combustível. O grau de secagem do combustível é acelerado por meio do transporte da alta concentração de vapor de água na camada próxima às superfícies dos materiais para fora das superfícies evaporativas. Ao mesmo tempo, o oxigênio consumido pelo fogo é renovado pelo vento turbulento, resultando em aumento da chama do fogo. O vento impele as chamas a conduzir o calor para as partículas adjacentes de combustível, acelerando o grau de propagação em povoamentos de árvores. Os ventos fortes podem

aumentar a disseminação do incêndio, transportando fagulhas e pedaços de madeiras em chamas a maiores distâncias, o que transforma o fogo em incêndios perigosos e de controle difícil (LIU, 2007).

O vento é talvez o elemento de maior importância na forma e direção de propagação da maioria dos incêndios, marcante na transferência de calor por radiação e convecção. Em terrenos montanhosos, tanto o vento como o relevo influem no padrão inicial e direção da propagação. No período imediatamente após a ignição, o vento talvez seja o fator dominante, mas à medida que a intensidade do fogo aumenta, o relevo assume o caráter dominante, especialmente em áreas de declive acentuado (SOARES; BATISTA, 2007).

3.4.3 Relevo ou topografia do terreno

Outro fator a ser considerado é a topografia que condiciona os ventos e conseqüentemente a propagação do fogo. O relevo exerce grande influência sobre o clima e, em menor escala, sobre a vegetação e conseqüentemente sobre o material combustível das diversas regiões terrestres, criando uma tendência do fogo de se propagar mais rapidamente nos aclives e mais lentamente nos declives (RIBEIRO et al., 2008).

Segundo Soares e Batista (2007), um incêndio se propagando em um aclive acentuado, por exemplo, se assemelha a um incêndio se propagando no plano, sob efeito de forte vento, sendo que à medida que o grau de inclinação aumenta a velocidade de propagação também aumenta. A rápida propagação do fogo montanha acima (aclives) se explica por vários motivos:

- a) O fogo seca e aquece o material combustível localizado na parte superior do aclive com maior intensidade, não apenas pelo fato da inclinação aproximar a chama do material, mas também pela exposição de uma superfície maior às ondas de calor, transmitidas tanto por radiação como por convecção;
- b) A corrente de ar quente originada pelo fogo encaminha-se para a parte superior da montanha; como conseqüência, o ar fresco é aspirado pela parte inferior, renovando o suprimento de oxigênio na zona de combustão;
- c) Recebendo maior quantidade de calor e secando-se mais rapidamente, o material combustível da parte superior entra em combustão mais violentamente, causando uma propagação mais intensa do fogo (Figura 6).

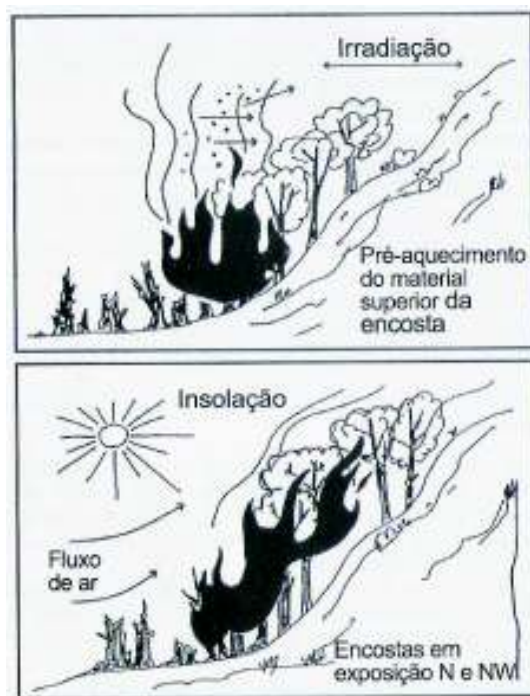


Figura 6 - Influência da inclinação e exposição do terreno na propagação dos incêndios
 Fonte: Soares e Batista (2007), adaptado de Goldammer (1982)

Ainda segundo o autor supracitado, altas elevações na superfície da terra apresentam ar rarefeito e temperaturas mais baixas, de acordo com as leis naturais, como por exemplo, o gradiente adiabático. Tanto as elevações acima do nível do mar como as elevações relativas de regiões vizinhas apresentam efeitos sobre o comportamento do fogo. Baixas elevações têm a tendência de apresentar estações de risco de incêndios mais longas do que as altas elevações.

A exposição, ou direção do lado da montanha em relação aos pontos cardeais, apresenta também um efeito direto na possibilidade de ocorrência de um incêndio. No Hemisfério Sul, os raios solares incidem mais diretamente sobre faces voltadas para o norte e, conseqüentemente, transmitem mais calor para essa exposição do que para qualquer outra. A face oeste é a segunda a receber maior quantidade de energia seguida da leste e, finalmente, a que menos se aquece é a sul (SOARES; BATISTA, 2007).

Como o comportamento do fogo é fortemente influenciado pelo clima e pelo material combustível, a importância da topografia sobre a propagação dos incêndios torna-se evidente (SOARES, 1985).

Tendo em vista que a maioria dos incêndios são provocados acidentalmente ou não, por atividades humanas, a proximidade de estradas e de núcleos urbanos também devem ser considerados fatores preponderantes ao risco de incêndio em áreas florestais.

Dentre os fatores analisados, foram selecionados os mais propícios para área de estudo, sendo eles: uso da terra e cobertura vegetal, hipsometria, declividade, orientação das encostas, proximidade de estradas e de áreas urbanas, precipitação, temperatura média do ar, deficiência hídrica e evapotranspiração potencial.

3.5 Incêndios florestais: conceitos e legislação

IBAMA (2000) definiu incêndio florestal como sendo o fogo sem controle que incide sobre qualquer forma de vegetação, podendo ser provocado pelo homem (intencional ou negligência) ou por uma causa natural, como o ocasionado por raios.

De acordo com Soares, Batista e Nunes (2008), incêndio florestal pode ser definido como uma combustão não controlada que se propaga livremente, consumindo os combustíveis naturais de uma floresta, tais como: o “litter”, gramíneas, folhas, troncos e galhos mortos e até mesmo a vegetação viva, dependendo da intensidade. A principal característica de um incêndio florestal é não estar confinado e se propagar livremente. É um fogo que queima livremente, respondendo às variações do ambiente. Devido às diferentes combinações dos combustíveis naturais, clima e topografia, esse fogo pode permanecer somente como um pequeno ponto de combustão lenta ou pode rapidamente se desenvolver num fogo de grandes proporções. Nos dois casos está respondendo livremente ao ambiente local.

Os incêndios são classificados em razão do estrato do combustível afetado. Há três tipos de incêndios: de superfície ou superficial, subterrâneo e de copas (Figura 7). De maneira geral, os superficiais propagam-se na superfície do solo, queimando restos vegetais não decompostos até cerca de dois metros de altura. Estes incêndios possuem propagação rápida, abundância de chamas e liberação intensa do calor. Os subterrâneos propagam-se lentamente através das camadas de húmus ou turfas existentes sobre o solo mineral, apresentam pouca fumaça, sendo, portanto, difícil de detecção e combate. Os incêndios de copas caracterizam-se pela propagação do fogo através das copas das árvores. Geralmente ocorrem a partir dos incêndios superficiais. Propagam-se rapidamente e tem grande poder de destruição (SARDINHA; MACEDO, 1993).

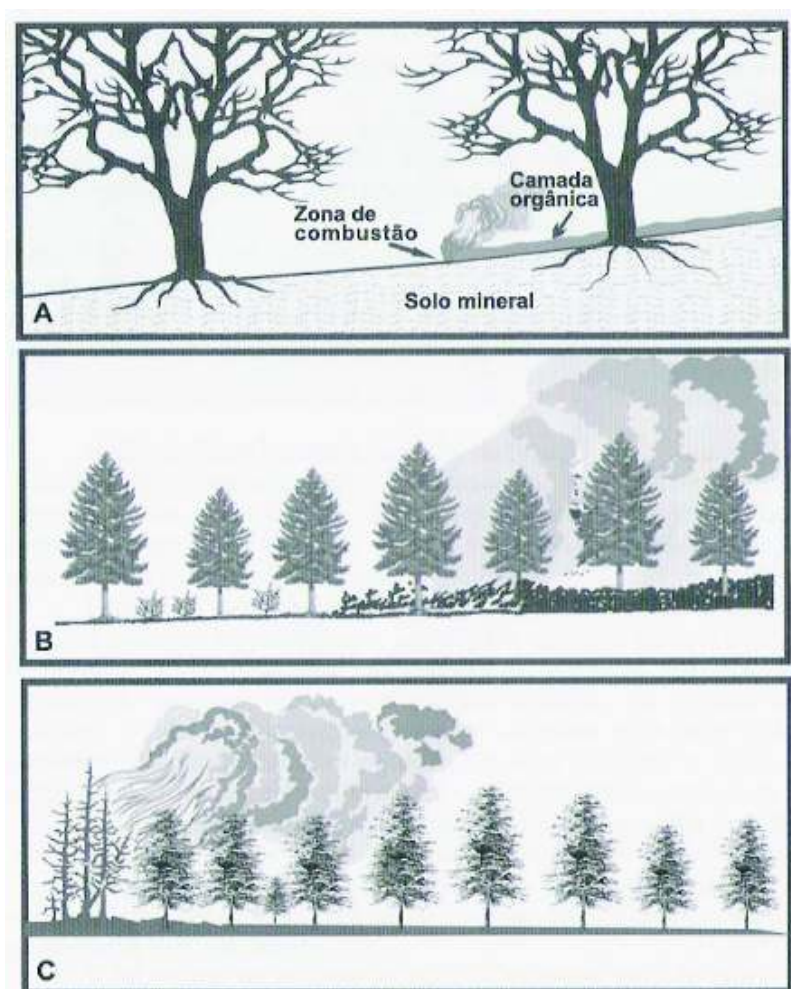


Figura 7 - Tipos de incêndios florestais (A: incêndio subterrâneo; B: incêndio superficial; C: incêndio de copa)

Fonte: Soares e Batista (2007)

Em qualquer incêndio florestal é necessário haver combustível para queimar, oxigênio para manter as chamas e calor para iniciar e continuar o processo de queima. Essa inter-relação entre os três elementos básicos da combustão é conhecida como “triângulo do fogo”. A ausência ou redução abaixo de certos níveis de qualquer um dos seus componentes do triângulo do fogo inviabiliza o processo da combustão (SOARES; BATISTA, 2007).

Neste sentido, o princípio básico do combate aos incêndios é remover um ou mais desses elementos, da maneira mais rápida e eficiente possível. O combustível pode ser removido através de um aceiro; o oxigênio pode ser reduzido temporariamente com o uso de abafadores ou aplicação de terra; e o calor pode ser reduzido através do resfriamento com água (SOARES; BATISTA, 2007).

Os incêndios florestais são tratados em diversas leis, tanto em nível nacional como regional. O Código Florestal Brasileiro (lei nº 4.771 de 15 de setembro de 1965) apresenta alguns

artigos referentes a incêndios. Dentre eles, destaca-se o artigo 26º que, entre outros assuntos, trata que fazer fogo por qualquer modo, em florestas e demais formas de vegetação, sem tomar as precauções adequadas; fabricar, vender, transportar ou soltar balões que possam provocar incêndios nas florestas e demais formas de vegetação; e empregar, como combustível, produtos florestais ou hulha, sem uso de dispositivo que impeça a difusão de fagulhas, suscetíveis de provocar incêndios nas florestas, constituem contravenções penais, puníveis com três meses a um ano de prisão simples ou multa de uma a cem vezes o salário-mínimo mensais, do lugar e da data da infração ou ambas as penas cumulativamente.

O artigo 27º proibiu o uso de fogo nas florestas e demais formas de vegetação, sendo feita a seguinte ressalva: se peculiaridades locais ou regionais justificarem o emprego do fogo em práticas agropastoris ou florestais, a permissão será estabelecida em ato do Poder Público, circunscrevendo as áreas e estabelecendo normas de precaução.

O decreto nº 97.635 de 10 de Abril de 1989 regula o artigo 27 do Código Florestal e dispõe sobre a prevenção e combate a incêndio florestal e dá outras providências.

A Resolução do CONAMA nº 011 de 14 de Dezembro de 1988, delibera sobre procedimentos e medidas preventivas referentes a incêndios florestais em Unidades de Conservação.

A lei nº 9.605, de 12 de Fevereiro de 1998, que dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, estabelece penas mais severas para danos provocados por incêndio florestais.

Por conseguinte, o decreto nº 2.661, de 8 de Julho de 1998, revogou o decreto nº 97.635/89, citado anteriormente, e atualmente regulamenta o parágrafo único do art. 27 da Lei nº 4.771/65 (código florestal), mediante o estabelecimento de normas de precaução relativas ao emprego do fogo em práticas agropastoris e florestais, e dá outras providências. O artigo 1º define que:

É vetado o emprego do fogo:

I - nas florestas e demais formas de vegetação

II - para queima pura e simples, assim entendida aquela não carbonizável de:

a) aparas de madeira e resíduos florestais produzidos por serrarias e madeireiras, como forma de descarte desses materiais;

b) material lenhoso, quando seu aproveitamento for economicamente viável;

III - numa faixa de:

a) quinze metros dos limites das faixas de segurança das linhas de transmissão e distribuição de energia elétrica;

b) cem metros ao redor da área de domínio de subestação de energia elétrica;

c) vinte e cinco metros ao redor da área de domínio de estações de telecomunicações;

d) cinquenta metros a partir de aceiro, que deve ser preparado, mantido limpo e não cultivado, de dez metros de largura ao redor das Unidades de Conservação;

e) quinze metros de cada lado de rodovias estaduais e federais e de ferrovias, medidos a partir da faixa de domínio;

IV- no limite da linha que simultaneamente corresponda:

a) a área definida pela circunferência de raio igual a onze mil metros, tendo como ponto central o centro geométrico da pista de pouso e decolagem de aeródromo;

b) à área cuja linha perimetral é definida a partir da linha que delimita a área patrimonial de aeródromo, dela distanciando no mínimo dois mil metros, externamente, em qualquer de seus pontos.

Parágrafo único. Após o transcurso de cinco anos da data de publicação deste Decreto, ficará proibido o uso do fogo, mesmo sob a forma de Queima Controlada, para queima de vegetação contida numa faixa de mil metros de aglomerado urbano de qualquer porte, delimitado a partir do seu centro urbanizado ou de quinhentos metros a partir do seu perímetro urbano, se superior.

O artigo 18 dispõe sobre a criação do Sistema Nacional de Prevenção e Combate a Incêndios Florestais PREVFOGO, no âmbito do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA.

O PREVFOGO foi criado pelo Decreto nº 97.635, de 10/04/1989 e, atualmente, é regulado pelo Decreto nº 2.661, de 08/07/1998. Será coordenado pelo IBAMA e terá por finalidade o desenvolvimento de programas, integrados pelos diversos níveis de governo, destinados a ordenar, monitorar, prevenir e combater incêndios florestais, cabendo-lhe, ainda, desenvolver e difundir técnicas de manejo controlado do fogo, capacitar recursos humanos para difusão das respectivas técnicas e para conscientizar a população sobre os riscos do emprego inadequado do fogo.

O IBAMA/PREVFOGO tem o histórico da ocorrência dos incêndios florestais em Unidades de Conservação Federais, desde 1979, pelo seu programa de Registro de ocorrência de Incêndios (ROI). O PREVFOGO atua em 184 Unidades de Conservação (UCs) federais, com atenção especial para 72 que sofrem a maior incidência de incêndios. A responsabilidade de elaborar e de executar a política nacional de prevenção e de combate aos incêndios florestais tem sido compartilhada com as coordenações estaduais do Prevfogo, que vêm trabalhando em estreita ligação com as superintendências do Ibama e, até 2008, com as equipes das unidades de conservação federais. Desde janeiro de 2009, o Prevfogo atua em cooperação com o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), apoiando em atividades como realização de cursos de formação de brigadistas e dando suporte a eventos de combate ampliado. O monitoramento das unidades de conservação federais e de outras áreas de floresta é realizado por imagens de satélite, recebidas do Instituto Nacional de Pesquisas

Espaciais (INPE). Através dessas informações, são identificadas as áreas ameaçadas pela ocorrência de incêndios e definidas as melhores formas de intervenção (IBAMA, 2009).

Diariamente, o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) disponibiliza pela Internet os dados com as coordenadas dos focos de calor detectados em todo o país, no sítio www.dpi.inpe.br/proarco/bdqueimadas. A expressão “focos de calor” é utilizada para interpretar o registro de calor captado na superfície do solo pelo sensor do satélite. Esse sensor capta e registra qualquer temperatura acima de 47° C e a interpreta como sendo um foco de calor, sendo que um foco de calor não é necessariamente um foco de fogo ou incêndio (IBAMA, 2000).

A partir de 1998, o trabalho passou a ser feito em conjunto com o Proarco – Programa de Prevenção e Controle de Queimadas e Incêndios Florestais na Amazônia Legal. As atividades desenvolvidas por este Programa, devido ao término de seu financiamento, foram absorvidas pelo PREVFOGO. Todas as manhãs, a equipe do Monitoramento de Queimadas do IBAMA obtém os dados com as coordenadas dos focos de calor disponibilizados pelo INPE. São processados dados de diferentes satélites e sensores como os NOAA/AVHRR-12,14 e 16, GOES-12, EOS/MODIS TERRA e AQUA, e DMSP. No entanto, os dados do satélite NOAA-12 são utilizados como principal referência por possuírem uma série histórica mais extensa. Para evitar problemas causados pelo aquecimento da superfície terrestre pelo sol, entre outros, apenas os dados de imagens geradas em passagens noturnas são processados na rotina de monitoramento (IBAMA, 2007).

Em seguida, de acordo com IBAMA (2007), os dados de focos de calor são inseridos num sistema de informações geográficas, onde são cruzados com o mapa das Unidades de Conservação Federais. Dependendo da localização do foco de calor em relação à Unidade de Conservação, esta entra num determinado estado de alerta. Finalmente, as coordenadas dos focos são repassadas aos responsáveis pelas unidades em que houve a detecção. Eles verificam então o que está ocorrendo nos locais dos focos de calor e confirmam ou modificam o estado de alerta de acordo com a verdade de campo.

O decreto nº 84.017, de 21 de setembro de 1979, que aprovou o regulamento dos Parques Nacionais Brasileiros, em seu artigo 23 diz que é expressamente proibida a prática de qualquer ato que possa provocar a ocorrência de incêndio nas áreas dos Parques Nacionais. No parágrafo único, é ressalvado que o fogo só será usado como técnica de manejo, quando indicado no Plano de Manejo.

O regimento interno do PNCV, que estabelece as normas que definem e caracterizam a gestão do parque, em seu artigo 6º define a estrutura administrativa do PNCV, sendo composta por uma coordenação de prevenção a incêndio, que entre suas funções, devem coordenar as atividades de prevenção e controle de incêndios no PNCV e sua zona de amortecimento.

O Capítulo VI desse regimento dispõe sobre a fiscalização e controle de incêndio no PNCV, sendo que a fiscalização será realizada permanentemente com base em rotinas programadas e atendimento a denúncias em consonância com a Divisão de Controle e Fiscalização da Gerência Executiva de Goiás e nos seis municípios abrangidos pela setorial do Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros, a saber: Alto Paraíso de Goiás, Cavalcante, Colinas do Sul, Nova Roma, São João D’Aliança e Teresina de Goiás. Ficam estabelecidos os seguintes setores de fiscalização para o Parque:

- I. Setor de Fiscalização Áreas de Uso Público
- II. Setor de Fiscalização GO-239
- III. Setor de Fiscalização GO-118
- IV. Setor de Fiscalização Capela
- V. Setor de Fiscalização Alto Paraíso
- VI. Setor de Fiscalização Nova Roma
- VII. Setor de Fiscalização Cavalcante Norte
- VIII. Setor de Fiscalização São João D’ Aliança
- IX. Setor de Fiscalização Teresina de Goiás

§ 1º – A ronda nas áreas de Uso Público será feita três vezes por semana.

§ 2º – Os limites do Parque junto à GO-239 serão percorridos diariamente.

§ 3º – Os limites do Parque junto à GO-118 serão percorridos diariamente.

§ 4º – Todo o perímetro do Parque será percorrido uma vez por mês. Intensificando no período de estiagem

§ 5º - O sistema de fiscalização deverá considerar o emprego de estratégias que evitem que as rotinas da equipe sejam detectadas pelos possíveis invasores.

O artigo 127 define que serão desenvolvidas atividades preventivas de incêndios no interior e na Zona de Amortecimento do Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros.

§ 1º – Anualmente, a partir da segunda quinzena de maio, serão iniciados os trabalhos de limpeza dos aceiros do Parque Nacional.

§ 2º – Quinzenalmente, nos meses de maio a outubro, serão realizadas vistorias no perímetro do Parque Nacional com vistas à avaliação de riscos de incêndios advindos das áreas contíguas.

§ 3º – Nos períodos de elevado risco de incêndios deverão ser montados postos de observação em pontos estratégicos para vigilância de incêndios, conforme definido no Plano de Manejo do Parque.

§ 4º – Deverão ser mantidos kits de combate a incêndios nos pontos estratégicos para um combate inicial mais efetivo.

§ 5º – Serão realizados periodicamente treinamentos dos funcionários para o uso dos equipamentos de combate a incêndios.

§ 6º – Periodicamente serão realizados cursos de prevenção e combate a incêndios, assim como estimulada a formação de brigadas de combate na Zona de Amortecimento do Parque, que serão treinadas pelo IBAMA.

§ 7º – Os agricultores e pecuaristas serão orientados sobre a prática das queimadas, enfatizando os danos que a mesma acarreta ao Meio Ambiente, reiterando a necessidade de solicitarem licença com antecedência ao IBAMA, para procederem às queimadas.

§ 8º – Serão desenvolvidos trabalhos no sentido de divulgar os procedimentos necessários para o uso das queimadas, bem como outras técnicas alternativas ao uso do fogo na Zona de Amortecimento e Área de Influência.

O plano de manejo do PNCV ressalta, em suas orientações básicas ao manejo dos recursos naturais, que se devem construir aceiros de proteção nos limites do parque onde sejam maiores os perigos de incêndio provenientes de propriedades vizinhas; contatar os fazendeiros que ainda detêm propriedades dentro do Parque e alertá-los quanto aos cuidados a serem tomados por ocasião do uso do fogo, autorizado e controlado conforme as instruções de PREVFOGO; e desenvolver o Projeto de Cooperação Mútua, já esboçado pelo chefe de Parque, em caso de fogo na Unidade de Conservação e/ou fogo descontrolado nas propriedades limítrofes.

Soares e Batista (2007) chamaram atenção para o fato que existe uma legislação forte e bem atualizada sobre a questão dos incêndios e queimadas. Entretanto, é necessário um trabalho de educação ambiental eficiente e constante para que essa legislação seja conhecida e implementada em toda sua extensão. Contudo, a aplicação da legislação, principalmente nos casos de processo judicial, nem sempre é fácil. Em primeiro lugar, é necessário descobrir a causa do incêndio, em seguida deve-se estabelecer a identidade da pessoa responsável pelo fogo e finalmente, é necessário provar legalmente o envolvimento da pessoa no incêndio.

3.5.1 Risco de incêndio florestal

Existe uma distinção conceitual entre vulnerabilidade, perigo e risco de incêndio. De acordo com Macedo e Sardinha (1987), o conceito de vulnerabilidade se refere aos combustíveis e às condições ambientais que os tornam suscetíveis à ignição e o conceito de risco se refere ao perigo de ignição.

De acordo com Cheney (1968), perigo de incêndio pode ser definido como o resultado dos fatores constantes e variáveis que contribuem para o início e propagação de um incêndio, extensão de danos, bem como a dificuldade de controlá-lo.

Segundo Castañeda (1997), o risco de incêndio é composto pela vulnerabilidade e pelo fator de ameaça ao qual o ambiente está submetido. A vulnerabilidade depende do material combustível, da topografia, das condições climáticas e do tipo de solo. O fator de ameaça diz respeito à existência de agentes naturais e antrópicos que possibilitam o início do processo de combustão.

Na definição adotada neste trabalho, o risco de incêndio abrange o conceito de perigo e de vulnerabilidade e está associado aos fatores vulneráveis (material combustível, da topografia, das condições climáticas, etc.) e os agente de ignição (naturais ou antrópicos).

Pode-se dizer que a probabilidade do fogo ocorrer e se propagar em um determinado local é função da probabilidade de haver uma fonte de ignição e da probabilidade de haver condições favoráveis para esse fogo se propagar (SOARES, 1985).

A análise criteriosa desses dois grupos de fatores – fonte de ignição e condições favoráveis de propagação – possibilita avaliar o potencial de risco de incêndios de uma região, isto é, permite estabelecer potencialmente aonde e como o fogo vai se propagar (BATISTA, 2000).

Segundo Vettorazzi e Ferraz (1998), de forma geral, o risco de incêndio pode ser entendido como o risco potencial de início e propagação de incêndio florestais, podendo ser avaliado através dos diversos índices de risco, propostos por vários autores, levando-se em conta principalmente fatores meteorológicos como pluviosidade, umidade relativa, temperatura do ar, etc.

Para Batista (2000), o mapa de risco é o resultado da sobreposição dos vários mapas temáticos desenvolvidos, sendo que na realidade, o mapa não consiste da simples superposição dos mapas, mas da delimitação de áreas de acordo com o nível de risco em função da somatória ponderada dos riscos parciais de cada variável analisada. Para isso, é necessário desenvolver algoritmo ou um modelo matemático que expresse numericamente a interação de todas as variáveis analisadas na influência que exercem sobre o início e a propagação do fogo.

O mapeamento de risco de incêndio florestal foi realizado inicialmente por Chuvieco e Congalton (1989), elaborado a partir da superposição dos mapas temáticos (vegetação, declividade, orientação das encostas, altitude e proximidade às estradas) e em função da somatória ponderada dos riscos parciais de cada variável previamente analisada. Os resultados encontrados mostraram que os pixels que apresentavam risco de incêndio alto eram seis vezes mais afetados pelo fogo do que os pixels de baixo risco de incêndio.

Silva, Machado e Freitas (2005) realizaram o mapeamento de risco de incêndio florestal no Parque Estadual do Itacolomi, em Ouro Preto – MG, utilizando os seguintes fatores preponderantes ao risco de incêndio: tipo de vegetação, relevo, proximidade de estradas e áreas urbanas. No final, o mapa de risco gerado foi comparado com o mapa de localização dos focos de incêndio. Foi observado que a maioria dos focos estavam localizados em áreas próximas às rodovias e áreas urbanas, estando concentrados em áreas classificadas como risco muito alto, alto e moderado de incêndio. Os autores ressaltaram que o estudo pode ser melhorado com a inclusão de novas variáveis, como os dados climáticos.

Comparando-se o sistema de prevenção baseado no mapa de risco com o sistema atualmente mais utilizado de cálculo do índice de risco, pode-se dizer que a utilização do primeiro deverá ganhar em objetividade, pois mostra a espacialização do risco e permite ações de prevenção nas áreas críticas, aumentando a eficiência das medidas tomadas e otimizando a utilização dos recursos (FERRAZ; VETTORAZZI, 1998).

Os prejuízos diretos e indiretos que os incêndios causam com a destruição das florestas e matas, assim como os riscos decorrentes da eliminação de cobertura vegetal nas regiões vulneráveis, justificam plenamente qualquer esforço no sentido da prevenção contra esses danos. É muito difícil a completa prevenção dos incêndios florestais, principalmente quando se trata de fogo causado por raio ou combustão espontânea (LIU, 2007).

Segundo Batista (2000), definir os níveis de risco de incêndios para cada variável analisada é a parte mais importante e também a que oferece maior dificuldade na elaboração do mapeamento de risco de incêndio.

3.6 Unidades de Conservação

A primeira área natural protegida foi criada em 1872 nos Estados Unidos, o Parque Nacional de Yellowstone, oficialmente a primeira Unidade de Conservação do mundo. No Brasil, a primeira Unidade de conservação criada foi o Parque Nacional do Itatiaia, em 1937 no Rio de Janeiro (COSTA, 2002).

Atualmente, o Brasil possui 64 parques nacionais. Issa (2009) descreveu que dois anos depois da criação de Itatiaia, foi criado o Parque Nacional de Iguaçu (PR), numa área particular que, em 1916, o aviador Santos Dumont havia conseguido sensibilizar o governo do estado a declarar de utilidade pública. Seguiu-se, no mesmo ano, a criação do Sete Quedas, desaparecido no fim do século XX debaixo das águas do reservatório da hidrelétrica de Itaipu;

e Serra dos Órgãos, próximo de Petrópolis (RJ), onde ficava a residência de verão do imperador.

Ainda de acordo com Issa (2009), passaram-se quase 20 anos para que fossem criados novos parques – Araguaia (TO), Ubajara (CE), e Aparados da Serra (RS), destinados a proteger belezas cênicas excepcionais. A inauguração de Brasília demonstrou a necessidade de criar áreas protegidas no Cerrado – os parques de Brasília, Chapada dos Veadeiros e Emas, em Goiás. Seguiram-se Caparaó, Monte Pascoal, Tijuca, Sete Cidades e São Joaquim. Só na década de 70 foi criada a primeira dessas áreas protegidas na Região Norte, o Parque Nacional da Amazônia (PA). Seguiram-se outras: Picaás Novos (RO), Pico da Neblina e Jaú (AM) e Cabo Orange (AP). Nas décadas de 80 e 90, o país começou a se preocupar em conservar áreas de caatinga no Nordeste, como Serra da Capivara e a Serra das Confusões, além de ecossistemas marinhos nos arquipélagos de Abrolhos e Fernando de Noronha. A partir do ano 2000, novos parques foram criados em áreas pouco conhecidas e isoladas, como as Montanhas de Tumucumaque (AP) e Campos Amazônicos, estabelecido em 2006, tendo o objetivo de conter o avanço agrícola na região.

A Lei Federal nº 9985 que institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação – SNUC define Unidade de Conservação (UC) como 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.

De acordo com o art. 7º desta lei, as unidades de conservação integrantes do SNUC dividem-se em dois grupos: Unidade de Proteção Integral e Unidade de Uso Sustentável. O objetivo básico de Proteção Integral é preservar a natureza, sendo admitido apenas o uso indireto dos seus recursos naturais, com exceção dos casos previstos nesta Lei. O objetivo básico das Unidades de Uso Sustentável é compatibilizar a conservação da natureza com o uso sustentável de parcela de seus recursos naturais.

O PNCV é uma unidade de conservação da categoria de proteção integral. O propósito da sua criação e dos demais parques nacionais é definido pelo art. 11 do SNUC:

O Parque Nacional tem como objetivo básico a preservação de ecossistemas naturais de grande relevância ecológica e beleza cênica, possibilitando a realização de pesquisas científicas e o desenvolvimento de atividades de educação e interpretação ambiental, na recreação em contato com a natureza e de turismo ecológico.

§ 1º O Parque Nacional é de posse e domínio públicos, sendo que as áreas particulares incluídas em seus limites serão desapropriadas, de acordo com o que dispõe a lei.

O PNCV fez parte de uma “segunda geração” de parques nacionais, formada por onze unidades, criadas entre 1959 e 1961. Essa geração de parques teve duas características notáveis: (a) incidiu pela primeira vez em trechos então mais remotos do interior brasileiro, no caso, a região Centro-Oeste (acompanhando a política de interiorização pela construção de Brasília e pela sua inauguração como capital nacional); e (b) incluiu as primeiras unidades de conservação a proteger em trechos do Bioma Cerrado, juntamente com os Parques Nacionais das Emas, do Araguaia e de Brasília.

4 MATERIAIS E PROCEDIMENTOS OPERACIONAIS

4.1 Materiais

Para a realização desta pesquisa foram utilizados os seguintes materiais:

- Trabalhos acadêmicos, livros, artigos, tutoriais, entre outros;
- Cartas topográficas SD.23-V-C-IV (Araí), SD.23-V-C-V (Cavalcante), SD.23-Y-A-I (Alto Paraíso de Goiás), SD.23-Y-A-II (Flores de Goiás), escala 1:100.000, levantadas e editadas pela Diretoria de Serviço Geográfico do Ministério do Exército - DSG;
- Imagens do satélite TM/Landsat 5, órbita/ponto 221/70, bandas 2, 3 e 4, obtidas em 27/06, 29/07, 30/08 e 01/10 do ano de 2007;
- Imagens Ikonos obtidas em junho e julho de 2003;
- Dados diários das coordenadas dos focos de calor detectados pelos satélites NOAA, GOES, AQUA, TERRA e METEOSAT, no período de 01/06 a 31/10 de 2007, disponibilizados pela Divisão de Processamento de Imagens do INPE.
- Dados climatológicos (precipitação, temperatura média do ar, deficiência hídrica e evapotranspiração potencial) da área de estudo.
- Modelo Digital de Elevação da missão SRTM;
- GPS;
- Softwares: Word, Excel, Cartalinx, ENVI 4.0, ArcGIS 9.3;

4.2 Procedimentos operacionais

Inicialmente foi realizada revisão de literatura referente à área de estudo e aos temas: geotecnologias, Cerrado, fogo, fatores preponderantes ao risco de incêndio, entre outros.

Posteriormente elaborou-se a base cartográfica do PNCV e área de entorno, contendo o limite do parque, drenagem, estradas e trilhas, com auxílio do software Cartalinx, sendo que a partir do limite do parque foi feito um buffer de 10km referente à área de entorno.

A metodologia utilizada para o mapeamento de risco de incêndio florestal foi fundamentada nas pesquisas de diversos autores, dentre eles, Chuvieco e Congalton (1989); Ferraz e Vettorazzi (1998); Oliveira et al. (2004); Santos (2007); Ribeiro et al. (2008), e adaptada segundo as características da área de estudo.

Tendo como base os fatores preponderantes para risco de incêndio florestal, foram produzidos os seguintes mapas temáticos: uso da terra e cobertura vegetal, hipsometria, declividade, orientação das encostas, proximidade de estradas e de áreas urbanas, precipitação, temperatura média do ar, deficiência hídrica e evapotranspiração potencial.

O mapa de uso da terra e cobertura vegetal foi elaborado a partir de imagem de satélite Landsat 5, obtida em 2007. A imagem foi georreferenciada com auxílio das ferramentas do software ENVI 4.0.

Assim, o georreferenciamento foi feito pelo ajuste da imagem a um espaço definido por um sistema de coordenadas de referência, coletando pontos de controle. Os pontos de controle são locais que oferecem uma feição física perfeitamente identificável na imagem a ser georreferenciada e na imagem base. A seleção dos pontos de controle é decisiva para a qualidade da correção geométrica, quanto mais bem distribuídos e precisos eles estiverem, melhor será o georreferenciamento.

Após aquisição e análise dos erros dos pontos de controle, aplicou-se a transformação na imagem original, sendo assim produzida uma nova imagem, corrigida segundo a projeção cartográfica da imagem base, a partir da qual foram obtidos os pontos de controle. Em seguida, foi gerada a composição colorida 2B3G4R e recorte com o limite da área de estudo.

A interpretação e mapeamento foram realizados no *software* ArcGIS 9.3, levando em consideração os elementos básicos de análise e interpretação: tonalidade/cor, textura, tamanho, forma, sombra, altura, padrão e localização. As classes mapeadas estão relacionadas no Quadro 2, de acordo com a legenda do Sistema Brasileiro de Classificação da Vegetação do Brasil (IBGE, 1992) e a classificação de Ribeiro e Walter (1998).

Região Fitoecológica	Nível de Formação	Descrição (Ribeiro e Walter, 1998)	Classes
Floresta Estacional Semidecidual (F)	Aluvial	Mata-de-galeria Mata ciliar	Fa
Savana (S)	Arborizada	Cerrado Denso Cerrado Típico	Sa
	Parque	Cerrado Ralo Cerrado Rupestre Campo Sujo Campo Rupestre Vereda	Sp
	Gramíneo-lenhosa	Campo Limpo Campo Rupestre Vereda	Sg
Áreas Antrópicas	Agropecuária	Pastagem Cultivada	Ap
	Outras áreas antrópicas	Influência Urbana	Iu

Quadro 2 - Classes de uso da terra e cobertura vegetal
Fonte: IBGE (1992) e Ribeiro e Walter (1998)

A Figura 8 ilustra uma amostra de cada classe de uso da terra e cobertura vegetal mapeada.

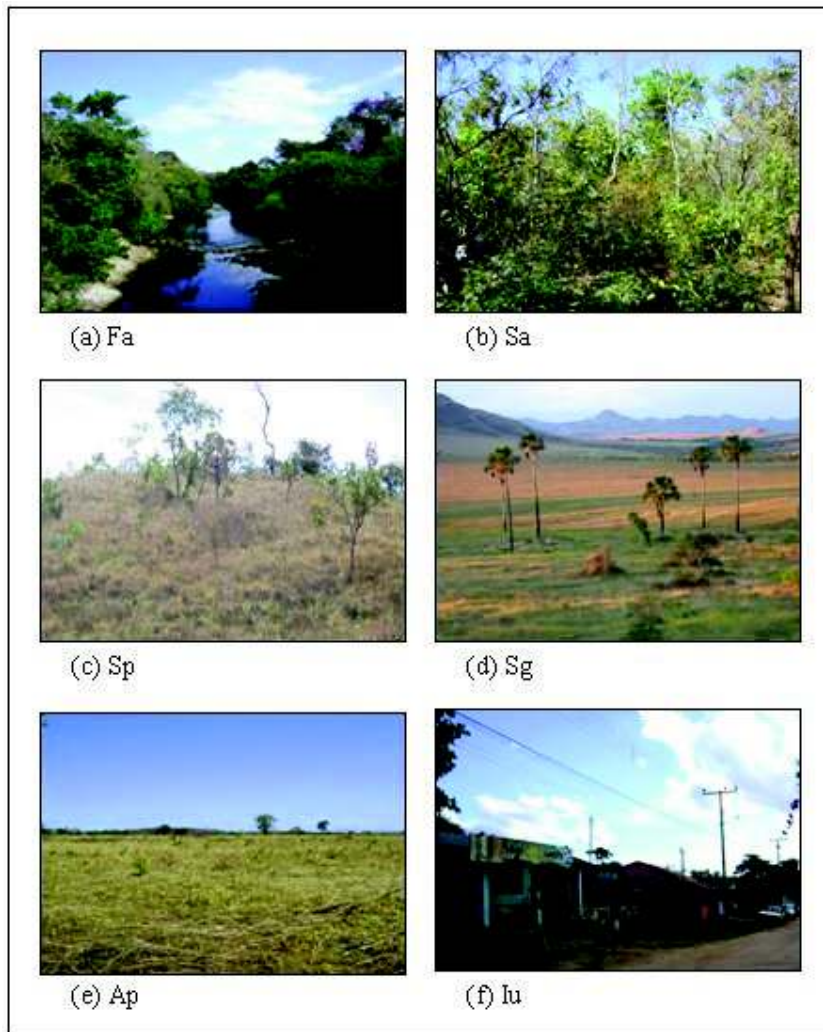


Figura 8 - Classes de uso da terra e cobertura vegetal
Autor: PRUDENTE, T.D., 2009

A partir de um acordo de cooperação com a Agência Japonesa de Cooperação Internacional (JICA, na sigla em inglês), o IBAMA obteve imagens Ikonos de toda a área do PNCV e seu entorno (raio de 5km). O conjunto envolve doze imagens Ikonos, produto *Geo Ortho Kit* (bandas *red*, *green*, *blue* e *NIR*), com resolução espacial de 1m e resolução radiométrica de 11 bits, dos meses de junho e julho de 2003, de acordo com a empresa responsável pelo fornecimento das imagens (Geoambiente, 2005).

A imagem Ikonos foi disponibilizada pelo IBAMA, após as etapas descritas acima. Dessa forma, ela foi utilizada para atualizar o uso da terra e cobertura vegetal, bem como a base cartográfica (estradas, drenagem, sede, etc.). É importante destacar que a imagem Ikonos não cobriu toda a área de estudo.

O conhecimento do uso da terra e cobertura vegetal foi de fundamental importância para o mapeamento do risco de incêndio, uma vez que o tipo de cobertura vegetal influencia o comportamento do fogo de várias formas. Assim, as classes de uso da terra e cobertura vegetal receberam pesos de acordo com sua suscetibilidade ao fogo (Tabela 2).

Tabela 2 - Classes, níveis de suscetibilidade ao fogo e coeficientes de uso da terra e cobertura vegetal

Uso da Terra e Cobertura Vegetal	Suscetibilidade ao Fogo	Coeficientes
Fa	Baixa	1
Sa	Moderada	2
Sp	Alta	3
Sg	Alta	3
Ap	Alta	3
Iu	Baixa	1

Org.: PRUDENTE, T. D., 2009

As classes Savana Parque (Sp), Savana Gramíneo-Lenhosa (Sg) e Pastagem Cultivada (Ap) receberam peso alto de suscetibilidade ao fogo porque são compostas por tipos de vegetação que apresentam grande quantidade de estrato herbáceo e de gramíneas que, quando secam, são a fonte principal de combustível.

Os mapas de hipsometria, declividade e orientação das encostas foram gerados a partir dos dados *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), utilizando as ferramentas do *software* ArcGIS 9.3.

Os dados SRTM são originários da missão de mapeamento de relevo terrestre SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), da NASA – a agência espacial americana. Tal levantamento foi feito no ano de 2000 e disponibilizado pela USGS *Eros Data Center* (Centro de Dados do Departamento de Levantamento Geológico dos Estados Unidos), com resolução espacial de 90 metros. O arranjo foi projetado para coletar medidas tridimensionais da superfície terrestre, nas bandas C e X, através de interferometria (SUPERBI; PRUDENTE; GRACELLI JÚNIOR, 2007).

A altitude é uma variável ambiental que influencia o risco de incêndio devido à sua relação com a umidade relativa do ar. Isso se deve ao fato de que, com o aumento da altitude, observa-se um decréscimo da temperatura e, conseqüentemente, um valor elevado de umidade relativa (SALAS; CHUVIECO, 1994 apud RIBEIRO et al., 2008).

Assim, o mapa hipsométrico representa indiretamente a umidade do material combustível e conseqüentemente a redução do risco de incêndio. Dessa forma, a Tabela 3 apresenta as classes hipsométricas que foram usadas na pesquisa, com seus respectivos pesos e níveis de suscetibilidade ao fogo.

Tabela 3 - Classes, níveis de suscetibilidade ao fogo e coeficientes de hipsometria

Hipsometria	Suscetibilidade ao Fogo	Coeficientes
< 600m	Alta	3
600 – 900m	Alta	3
900 – 1200m	Alta	3
1200 – 1500m	Moderada	2
> 1500m	Baixa	1

Fonte: Adaptado de Ribeiro et al. (2008) e Oliveira et al. (2004)
Org.: PRUDENTE, T. D., 2009

As áreas com maior declive são consideradas de maior suscetibilidade porque a transferência de calor é facilitada no sentido do aclave, aumentando a velocidade de propagação do incêndio. A Tabela 4 relaciona o grau de inclinação do terreno em função da sua influência na propagação do fogo.

Tabela 4 - Classes, níveis de suscetibilidade ao fogo e coeficientes de declividade

Declividade	Suscetibilidade ao Fogo	Coeficientes
0 – 6%	Baixa	1
6 – 12%	Baixa	1
12 – 20%	Moderada	2
20 – 40%	Moderada	2
> 40%	Alta	3

Fonte: Adaptado de Chuvieco e Congalton (1989)
Org.: PRUDENTE, T. D., 2009

Ribeiro et al. (2008), ressaltaram que a exposição de um terreno é fator essencial na probabilidade de ocorrência e propagação de um incêndio. No Hemisfério Sul, os raios solares incidem mais diretamente sobre faces voltadas para o norte, transmitindo maior quantidade de calor para essa exposição do que para as outras faces. A face oeste é a segunda a receber maior quantidade de energia, seguida da face leste e a face sul é a que menos recebe radiação.

As condições de suscetibilidade ao fogo em função da orientação das encostas estão apresentadas na Tabela 5.

Tabela 5 - Classes, níveis de suscetibilidade ao fogo e coeficientes de orientação das encostas

Orientação das Encostas	Suscetibilidade ao Fogo	Coeficientes
Relevo Plano	Baixa	1
Sul	Baixa	1
Sudeste	Baixa	1
Sudoeste	Baixa	1
Leste	Moderada	2
Oeste	Moderada	2
Norte	Alta	3
Nordeste	Alta	3
Noroeste	Alta	3

Fonte: Adaptado de Ribeiro et al. (2008) e Rosa (2007)
Org.: PRUDENTE, T. D., 2009

Para elaboração do mapa de proximidade de estradas, foram criadas áreas de influência (*buffers*) em torno das estradas e trilhas que cortam a área de estudo, cada uma recebendo um peso conforme ao fluxo de pessoas e veículos que nela transitam. O mapa de proximidade de áreas urbanas também foi elaborado a partir de áreas de influência (*buffers*) em torno de manchas urbanas, considerando-se que quanto maior a distância menor a probabilidade de início de um incêndio.

Em relação à influência para ocorrência de incêndio, as estradas podem ser analisadas de duas formas: como rupturas ao fogo ou percursos para supressão do fogo e como acesso à pessoas e veículos ao PNCV e entorno.

Na primeira forma, as estradas são consideradas como um fator de redução do perigo de incêndio, atuando como rupturas ao fogo, como também servindo de percurso para o combate ao fogo, porém, dependendo da largura da estrada e da velocidade do vento, o fogo pode extrapolar essa área. Já na segunda forma, as estradas e trilhas são consideradas como rotas potenciais para o acesso de pessoas, escaladas ou áreas de camping, sendo, neste contexto, consideradas como fator preponderante ao risco de incêndio, devido a atividades humanas mais intensas nestes locais. Nessas áreas, é mais propícia a ocorrência de incêndios criminosos, focos de incêndios causados por cigarros; práticas de cultos religiosos, fogueiras, entre outros.

Dessa forma, considerou-se nesta pesquisa, as estradas e trilhas como áreas de acesso à pessoas e, por conseguinte, as áreas próximas são consideradas mais propícias à ocorrência de incêndios de origem antrópica. Assim, considerou-se uma distância de 200m de influência no entorno das estradas e trilhas que cortam a área de estudo.

A proximidade de áreas urbanas também é fator preponderante ao risco de incêndio em áreas florestais, assim considerou-se uma distância de 1000m dessas áreas.

A Tabela 6 apresenta os pesos e níveis de suscetibilidade ao fogo, relacionados à distância de estradas e áreas urbanas, dentro e fora da área envolvente.

Tabela 6 - Classes, níveis de suscetibilidade ao fogo e coeficientes de distância às estradas e áreas urbanas

Distância às Estradas e Áreas Urbanas	Suscetibilidade ao Fogo	Coeficientes
Rodovias	Alta	3
Estradas Vicinais	Moderada	2
Trilhas dentro parque	Moderada	2
Trilhas fora do parque	Alta	3
Área Urbana	Alta	3
Fora da área de influência	Baixa	1

Org.: PRUDENTE, T. D., 2009

Considerou-se com suscetibilidade alta ao fogo as áreas no entorno das rodovias devido ao fluxo intenso de veículos que nelas transitam. Para as trilhas fora do parque, considerou também suscetibilidade alta, presumindo que impactos humanos nesses caminhos são mais difusos. O entorno das áreas urbanas também foi considerado de alta suscetibilidade por serem áreas de fácil acesso e onde apresenta grande concentração de pessoas.

Em contrapartida, as trilhas dentro do parque foram consideradas com suscetibilidade moderada devido ao fato de seu acesso ser somente com um guia credenciado no parque. O entorno das estradas vicinais também foi considerado como tendo suscetibilidade moderada, por ter geralmente, tráfego de moradores locais. As regiões fora da área de influência das estradas foram consideradas como tendo baixa suscetibilidade ao fogo.

Outro fator que exerce grande influência na ocorrência de incêndios florestais é o clima. Assim, o conhecimento de algumas variáveis climáticas é de grande importância na prevenção de incêndios, pois, por meio das variáveis climáticas, podem-se identificar os meses e épocas de maior probabilidade de ocorrência de incêndios. Dessa forma, utilizaram-se dados de

precipitação, temperatura média do ar, deficiência hídrica e evapotranspiração potencial da área de estudo.

As médias pluviométricas mensais e anuais foram obtidas utilizando dados da rede de estações pluviométricas da Agência Nacional de Águas (ANA). As estações utilizadas encontram-se a seguir no Quadro 3.

Nº Estação	Município	Latitude S	Longitude W	Altitude (m)
1346001	Nova Roma (Faz. Sucuri)	13° 44' 32"	46° 52' 39"	637
1347000	Cavalcante	13° 47' 49"	47° 27' 42"	824
1348001	Minaçu (SAMA)	13° 31' 59"	48° 13' 37"	376
1447000	Alto Paraíso de Goiás	14° 08' 05"	47° 30' 42"	1207
1447001	Flores de Goiás	14° 27' 00"	47° 02' 45"	443
1447002	São João d' Aliança	14° 42' 26"	47° 31' 25"	1011
1447004	Cavalcante (Ponte Rio Preto)	13° 59' 20"	47° 55' 42"	423
1448000	Colinas do Sul	14° 09' 02"	48° 04' 42"	532
1448001	Niquelândia	14° 28' 30"	48° 27' 30"	568
1448004	Niquelândia (Moquem – Faz. Vau da Onça)	14° 32' 52"	48° 09' 56"	522

Quadro 3 - Estações pluviométricas
Fonte: ANA (2009)

Para apresentar resultados confiáveis, procurou-se utilizar uma série histórica de no mínimo 30 anos (1978-2008), embora nem todas as estações apresentassem um intervalo tão extenso e completo da forma que seria necessária.

A temperatura do ar é medida diariamente nas estações meteorológicas convencionais ou automáticas. Porém, quando a rede de estações meteorológicas é insuficiente na região de estudo, a temperatura do ar pode ser estimada por equação de regressão múltipla com base na altitude, latitude e longitude.

Assim, para o cálculo da média térmica, utilizou-se um modelo matemático de estimativa da temperatura média do ar para o Estado de Goiás, desenvolvido por Antonini et al. (2009), através de uma combinação linear da altitude, latitude, longitude e da série trigonométrica de Fourier incompleta usando os três primeiros coeficientes harmônicos. Os parâmetros do modelo foram ajustados aos dados de 21 estações meteorológicas, por meio de regressão

linear múltipla. O coeficiente de correlação resultante do ajuste do modelo foi de 0,91, e o índice de concordância de Willmott foi igual a 1.

O cálculo do balanço hídrico do solo foi feito por meio de software desenvolvido por Rolim e Sentelhas (1999) a partir da metodologia proposta por Thorntwaite e Mather (1955).

O balanço hídrico pode ser um instrumento importante na prevenção de incêndios florestais, uma vez que estas ocorrências têm-se verificado, principalmente, no período de déficit hídrico, o qual na região de estudo vai de maio a setembro, meses em que há reduzida concentração da chuva total anual.

Foi analisada a duração das estações seca e chuvosa de Alto Paraíso de Goiás (Estação 1447000), considerando a distribuição diária das precipitações ao longo do período de 1975-2008. A metodologia utilizada para esta análise foi baseada em Assunção e D'Almeida (2004), sendo considerado como dia chuvoso aquele em que o volume das precipitações é superior a ETP diária, a qual foi calculada em função da ETP mensal média de cada mês, dividida pelo número de dias do mês. Na determinação do início do período chuvoso, levou-se em consideração, também, a seqüência dos dias de chuvas e os totais pluviométricos apresentados, que juntos interrompem o período de estiagem. Assim, mesmo que o mês de setembro seja chuvoso e que apresente precipitações acima da ETP mensal, isso não significa que o período chuvoso tenha início neste mês, pois o início do período chuvoso em setembro depende, também, da distribuição e dos totais de precipitações verificadas no mês de outubro. O mesmo acontece para o fim do período chuvoso e início da estação seca, de tal modo que mesmo que haja um bom índice pluviométrico no mês de maio, não significa que o período das chuvas se estendeu até aquele mês, deve-se, portanto, verificar a distribuição diária e os totais pluviométricos do mês de abril.

Os mapas climatológicos (precipitação, temperatura média do ar, deficiência hídrica e evapotranspiração potencial) foram elaborados utilizando o interpolador Inverso da Distância Ponderada (IDW), disponível na extensão Spatial Analyst do ArcGIS 9.3. Foram gerados mapas das médias mensais de junho a outubro.

A variável precipitação é fundamental para análise do risco de incêndio, uma vez que aumentam a quantidade de umidade nos combustíveis, dificultando ou tornando impossível o início e a propagação do fogo. Assim, precipitações mensais inferiores a 25mm receberam peso 3 (alta suscetibilidade ao fogo). A Tabela 7 apresenta as classes, níveis de suscetibilidade e coeficientes de precipitação utilizados neste estudo.

Tabela 7 - Classes, níveis de suscetibilidade ao fogo e coeficientes de precipitação mensal

Precipitação	Suscetibilidade ao Fogo	Coeficientes
< 25mm	Alta	3
25 – 75mm	Moderada	2
> 75mm	Baixa	1

Org.: PRUDENTE, T. D., 2009

Outro fator climático importante é a temperatura, pois temperaturas elevadas tornam os combustíveis mais secos e suscetíveis de entrarem em combustão. Assim, as temperaturas médias mensais superiores a 26°C receberam peso alto de suscetibilidade ao fogo. As condições de suscetibilidade ao fogo em função da temperatura média estão na Tabela 8.

Tabela 8 - Classes, níveis de suscetibilidade ao fogo e coeficientes de temperatura média mensal

Temperatura Média	Suscetibilidade ao Fogo	Coeficientes
< 24°C	Baixa	1
24 – 26°C	Moderada	2
> 26°C	Alta	3

Org.: PRUDENTE, T. D., 2009

A deficiência hídrica está relacionada com incêndios na medida em que ela é consequência de um período contínuo ou transitório de seca. Dessa forma, quanto maior a deficiência hídrica, maior foi o peso de suscetibilidade ao fogo. A seguir, na Tabela 9 estão apresentadas as classes, suscetibilidade e coeficientes referentes à deficiência hídrica.

Tabela 9 - Classes, níveis de suscetibilidade ao fogo e coeficientes de deficiência hídrica mensal

Deficiência Hídrica	Suscetibilidade ao Fogo	Coeficientes
< 60mm	Baixa	1
60 – 90mm	Moderada	2
> 90mm	Alta	3

Org.: PRUDENTE, T. D., 2009

A evapotranspiração potencial é a perda máxima de água para a atmosfera, sem restrição de água no solo. Deste modo, valores de evapotranspiração são úteis na análise de risco de incêndio uma vez que quanto maior o seu valor, menor é a quantidade de umidade do material combustível, sendo maior então sua suscetibilidade a ocorrência de incêndio. Neste sentido, considerou-se com alta suscetibilidade ao fogo as áreas que apresentaram os maiores valores de evapotranspiração.

A Tabela 10 mostra os coeficientes e níveis de suscetibilidade ao fogo das classes de evapotranspiração potencial.

Tabela 10 - Classes, níveis de suscetibilidade ao fogo e coeficientes de evapotranspiração potencial mensal

Evapotranspiração Potencial	Suscetibilidade ao Fogo	Coeficientes
< 90mm	Baixa	1
90 – 120mm	Moderada	2
> 120mm	Alta	3

Org.: PRUDENTE, T. D., 2009

Em seguida, realizou-se a conversão de formato vetorial para raster dos mapas de uso da terra e distância de estradas e área urbana utilizando a função Convert do Spatial Analyst no software ArcGIS 9.3.

Foram gerados, para cada mapa temático, mapa de suscetibilidade ao fogo, com classes variando entre alta, moderada e baixa. Posteriormente, os mapas de suscetibilidade ao fogo foram integrados utilizando uma equação matemática usada para modelar o risco de incêndio na área de estudo, gerando mapas com as classes muito baixo, baixo, moderado, alto, muito alto e extremo de risco de incêndio, referentes aos meses de junho a outubro.

O modelo de integração dos dados foi expresso pela seguinte equação:

$$\text{RISCO} = 30\text{USO} + 15\text{DEF} + 10\text{DEC} + 10\text{DEAU} + 10\text{P} + 10\text{T} + 5\text{EVAP} + 5\text{HIPSO} + 5\text{OE}$$

Em que:

USO = Uso da Terra e Cobertura Vegetal

DEF = Deficiência Hídrica

DEC = Declividade

DEAU = Distância de Estradas e Áreas Urbanas

P = Precipitação

T = Temperatura Média do Ar

EVAP = Evapotranspiração Potencial

HIPSO = Hipsometria

OE = Orientação das Encostas

A variável uso da terra e cobertura vegetal recebeu o maior peso (30) porque o fogo não ocorre se não existir material inflamável. A deficiência hídrica recebeu o segundo maior peso (15) porque a disponibilidade de água influencia na probabilidade de ocorrência de incêndio,

uma vez que se o material combustível apresentar altos níveis de umidade, será mais difícil a ocorrência de incêndio, pois a umidade absorve o calor do fogo. Quanto maior a umidade, menor a probabilidade de o combustível secar e acender.

A declividade recebeu peso 10 porque, embora não influencie na probabilidade de um início de um incêndio, tem forte relação com o comportamento do fogo. A variável proximidade de estradas e áreas urbanas também recebeu peso 10 porque tem grande influência na probabilidade de início de um incêndio. Receberam ainda peso 10, as variáveis precipitação e temperatura.

As demais variáveis (evapotranspiração potencial, altitude e orientação das encostas) receberam o menor peso (5) porque, apesar de influírem na ocorrência e propagação do fogo, sua importância é menor que o restante das variáveis.

Os mapas foram cruzados utilizando a calculator raster do Spatial Analyst, gerando assim mapas de risco de incêndio para os meses de junho a outubro do PNCV e área de entorno.

Por fim, os mapas de risco de incêndio florestais foram comparados aos focos de calor registrados pelo INPE no período de junho a outubro/2007 e com a distribuição espacial dos incêndios florestais, detectados em imagens de satélite, no período de junho a setembro/2007. Não foi possível a detecção de incêndios no mês de outubro devido à falta de dados.

Considera-se que a expressão focos de calor é utilizada para interpretar o registro de calor captado na superfície do solo pelo sensor do satélite. Sendo que, esse sensor capta e registra qualquer temperatura acima de 47°C e a interpreta como sendo um foco de calor, ressaltando-se que um foco de calor não é necessariamente um foco de fogo ou incêndio (IBAMA, 2000).

A escolha do ano de 2007 se deu em virtude deste ter sido o ano em que ocorreu a segunda maior área queimada em incêndios florestais registrados no PNCV. De acordo com dados do IBAMA (2009), aproximadamente 63% do parque foram queimados. O ano em que ocorreu a maior área queimada foi o de 2003, com aproximadamente 85% (IBAMA, 2007), todavia, optou-se pela utilização dos dados de 2007 em função de ser o único ano que possuía todos os meses necessários para a análise do recorte temporal (junho – setembro).

Realizou-se também trabalho de campo, com a finalidade de se conhecer as peculiaridades da área estudada.

A Figura 9 apresenta o fluxograma com uma síntese das etapas seguidas para elaboração cartográfica desta pesquisa.

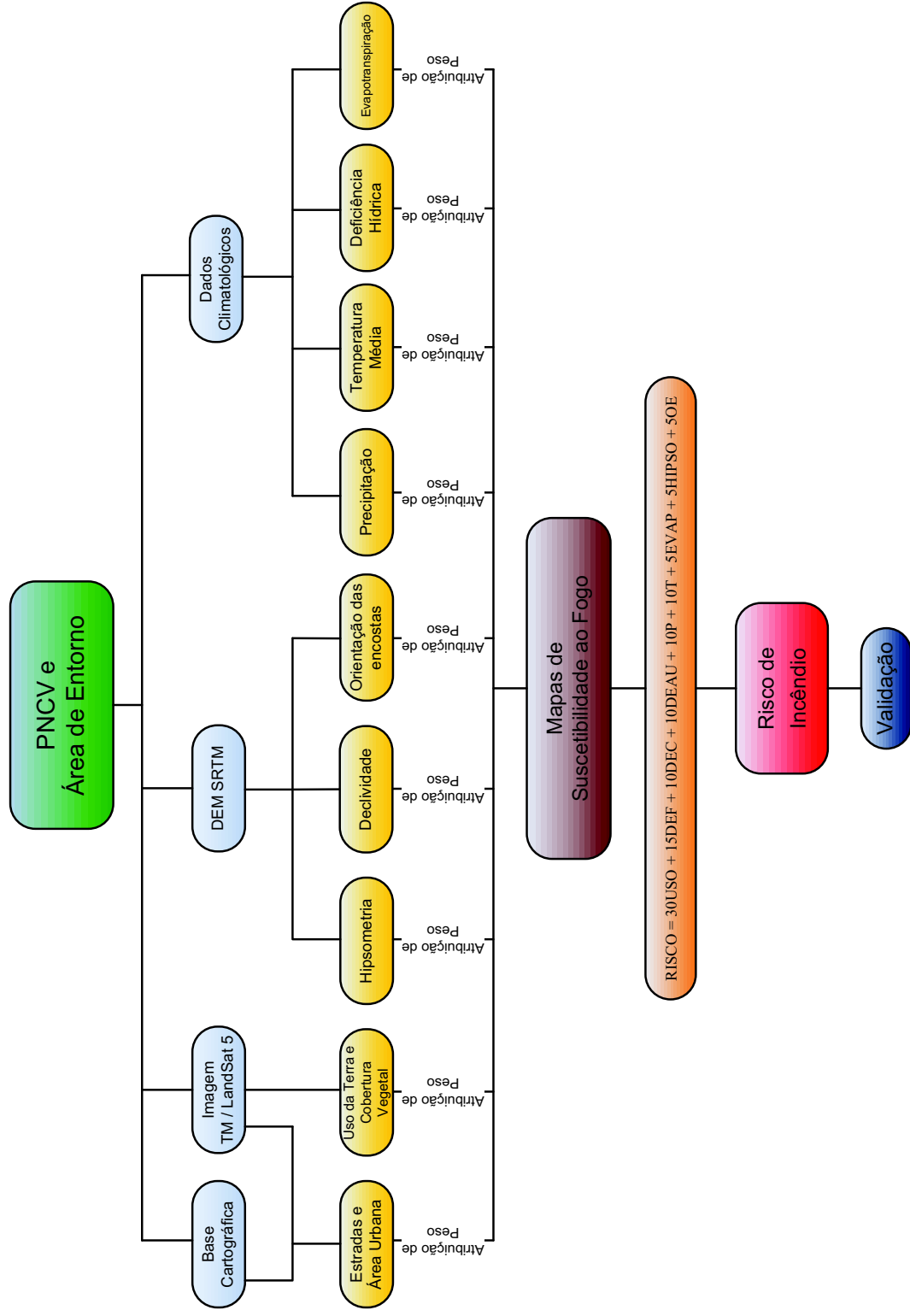


Figura 9 – Fluxograma metodológico

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Análise dos fatores preponderantes ao risco de incêndio florestal

Para elaboração dos mapas de risco de incêndio, foram integrados nove planos de informação: cinco planos com as características gerais da área (uso da terra e cobertura vegetal, hipsometria, declividade, orientação das encostas, proximidade de estradas e de áreas urbanas) e quatro planos referentes aos dados climatológicos (precipitação, temperatura média do ar, deficiência hídrica e evapotranspiração potencial). Os quatro mapas climatológicos foram elaborados para os meses de junho a outubro, totalizando vinte mapas climatológicos da área de estudo.

O conhecimento do uso da terra e cobertura vegetal representa a vulnerabilidade ao fogo de acordo com as características de cada uso. Assim, a Figura 10 ilustra o mapa de uso da terra e cobertura vegetal e a Tabela 11 enumera a área ocupada pelas categorias de uso da terra em km² e suas respectivas porcentagens.

Tabela 11 - Área ocupada pelas classes de uso da terra e cobertura vegetal

Uso da Terra e Cobertura Vegetal	Km ²	%	Suscetibilidade ao Fogo
Fa	164,02	6,90	Baixa
Sa	121,55	5,11	Moderada
Sp	1535,40	64,60	Alta
Sg	391,92	16,49	Alta
Ap	159,19	6,70	Alta
Iu	4,65	0,20	Baixa
Total	2376,73	100,00	

Org.: PRUDENTE, T. D., 2009

Observa-se na tabela acima que a área é predominantemente ocupada por Savana Parque (Sp) representando 64,60% da área de estudo, seguido por Savana Gramíneo-Lenhosa (Sg) que ocupa 16,49%.

A classe Floresta Estacional Semidecidual Aluvial (Fa) abrange 6,90% e a classe Savana Arborizada (Sa) abrange 5,11%. Já a Área com Influência Urbana (Iu) ocupa apenas 0,20% da área de estudo, referentes às áreas urbanas de Alto Paraíso de Goiás, São Jorge, Moinho e Capela.

As classes Savana Parque (Sp), Savana Gramíneo-Lenhosa (Sg) e Pastagem Cultivada (Ap) são as categorias que apresentam alta suscetibilidade ao fogo e justam perfazem 87,79% da área.

O mapa hipsométrico indica indiretamente o conteúdo de umidade do material combustível, influenciando a taxa de propagação dos incêndios, sendo que baixas elevações têm a tendência de apresentar estações de risco mais longas que altas elevações.

A área de estudo caracteriza-se por uma grande variação de altitude, apresentando áreas com elevações de 439m até 1670m (Figura 11).



Figura 11 – Áreas com diferentes altitudes no PNCV e área de entorno
Autor: PRUDENTE, T.D., 2009

A Figura 12 mostra o mapa de hipsometria da área de estudo e a Tabela 12 a área ocupada por cada categoria.

Tabela 12 - Área ocupada pelas classes de hipsometria

Hipsometria	Km ²	%	Suscetibilidade ao Fogo
< 600m	656,68	27,63	Alta
600 – 900m	312,23	13,14	Alta
900 – 1200m	581,22	24,45	Alta
1200 – 1500m	724,23	30,47	Moderada
> 1500m	102,37	4,31	Baixa
Total	2376,73	100,00	

Org.: PRUDENTE, T. D., 2009

Observa-se que as áreas com altitudes até 1200m representam 65,22% da área de estudo e indica alta suscetibilidade ao fogo. Altitudes entre 1200 a 1500m representam 30,47% da área e indica suscetibilidade moderada. E altitudes maiores que 1500m representam 4,31% da área de estudo e indicam baixa suscetibilidade ao fogo.

A declividade do terreno está associada à velocidade, direção e propagação do fogo. A área de estudo apresenta desde relevo plano até áreas com relevo acidentado, representados na Figura 13.



Figura 13 – Relevo plano e relevo acidentado no PNCV e área de entorno
Autor: PRUDENTE, T.D., 2009

A declividade é apresentada na Figura 14 e os valores da área das classes de declividades (km² e %) estão enumerados abaixo, na Tabela 13.

Tabela 13 - Área ocupada pelas classes de declividade

Declividade	Km²	%	Suscetibilidade ao Fogo
0 – 6%	980,07	41,24	Baixa
6 – 12%	542,76	22,84	Baixa
12 – 20%	341,27	14,36	Moderada
20 – 40%	367,63	15,47	Moderada
> 40%	145,00	6,10	Alta
Total	2376,73	100,00	

Org.: PRUDENTE, T. D., 2009

Analisando os dados da tabela acima, verifica-se que declividades menores que 12% ocupam 64,07% da área de estudo e indicam baixa suscetibilidade ao fogo. Declividades entre 12% e 40% ocupam 29,83% da área e indicam suscetibilidade moderada. Já as declividades maiores que 40% ocupam 6,10% da área e indicam alta suscetibilidade ao fogo.

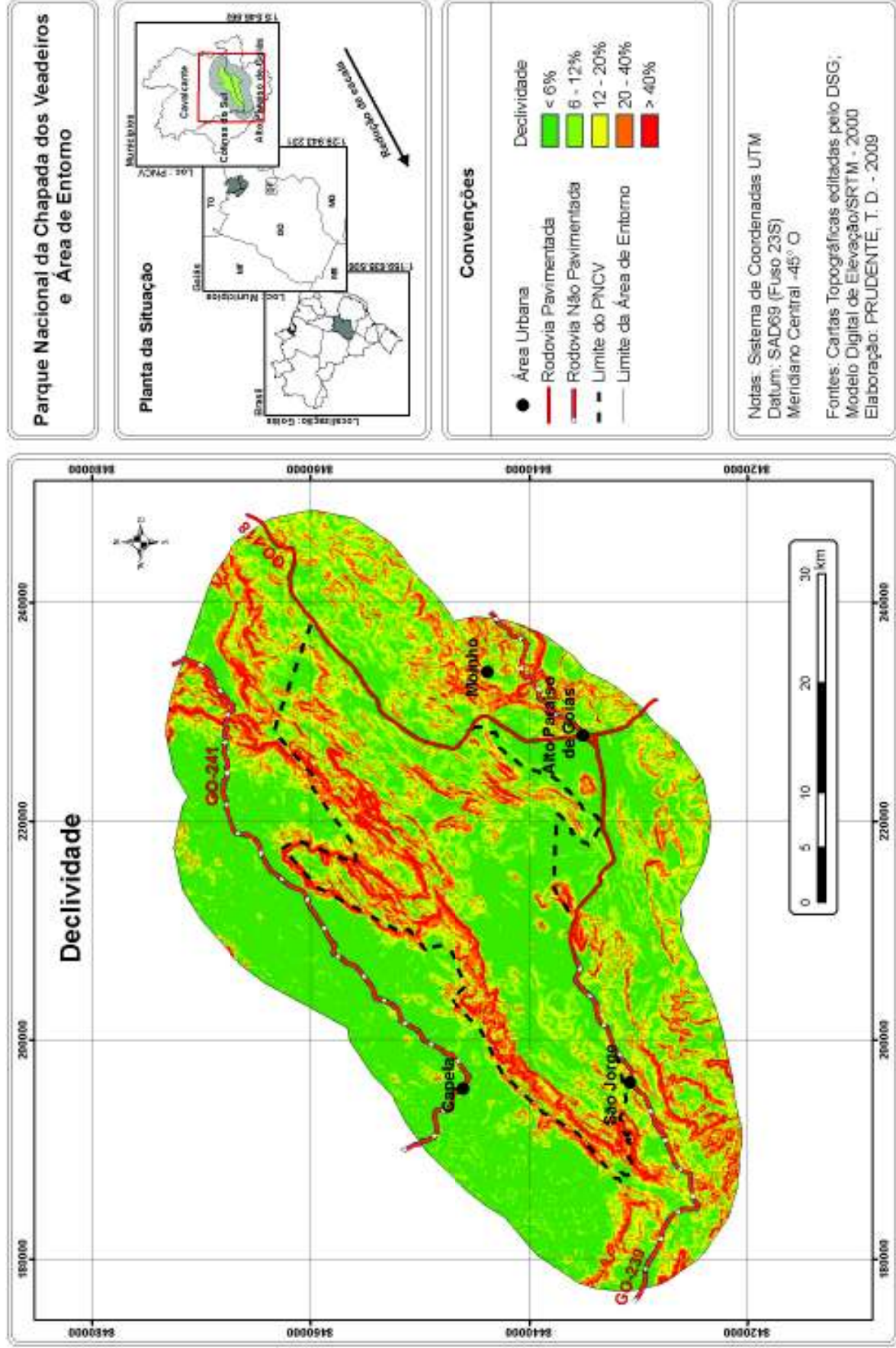


Figura 14 – Mapa de declividade do PNCV e área de entorno

A orientação das encostas também indica indiretamente o conteúdo de umidade do material combustível devido às condições de iluminação pelo sol, influenciando assim, a taxa de propagação dos incêndios. No Hemisfério Sul, os raios solares incidem mais diretamente sobre faces voltadas para o norte. A Figura 15 apresenta um exemplo de relevo com orientação da encosta voltada para norte, apresentando assim maior incidência de sol em sua vertente.



Figura 15 – Área com orientação da encosta voltada para norte
Autor: PRUDENTE, T.D., 2009

Neste contexto, a Figura 16 apresenta o mapa de orientação das encostas e a Tabela 14 os valores ocupados por cada classe.

Tabela 14 - Área ocupada pelas classes de orientação das encostas

Orientação das Encostas	Km²	%	Suscetibilidade ao Fogo
Relevo Plano	8,26	0,35	Baixa
Sul	290,01	12,20	Baixa
Sudeste	323,65	13,62	Baixa
Sudoeste	220,15	9,26	Baixa
Leste	254,50	10,71	Moderada
Oeste	324,78	13,66	Moderada
Norte	324,00	13,63	Alta
Nordeste	205,57	8,65	Alta
Noroeste	425,81	17,92	Alta
Total	2376,73	100,00	

Org.: PRUDENTE, T. D., 2009

Conforme se observa, a área de estudo apresenta 35,08% de sua área, em relação à orientação das encostas, na classe baixa de suscetibilidade ao fogo, 24,37% na classe moderada e 40,20% na classe alta.

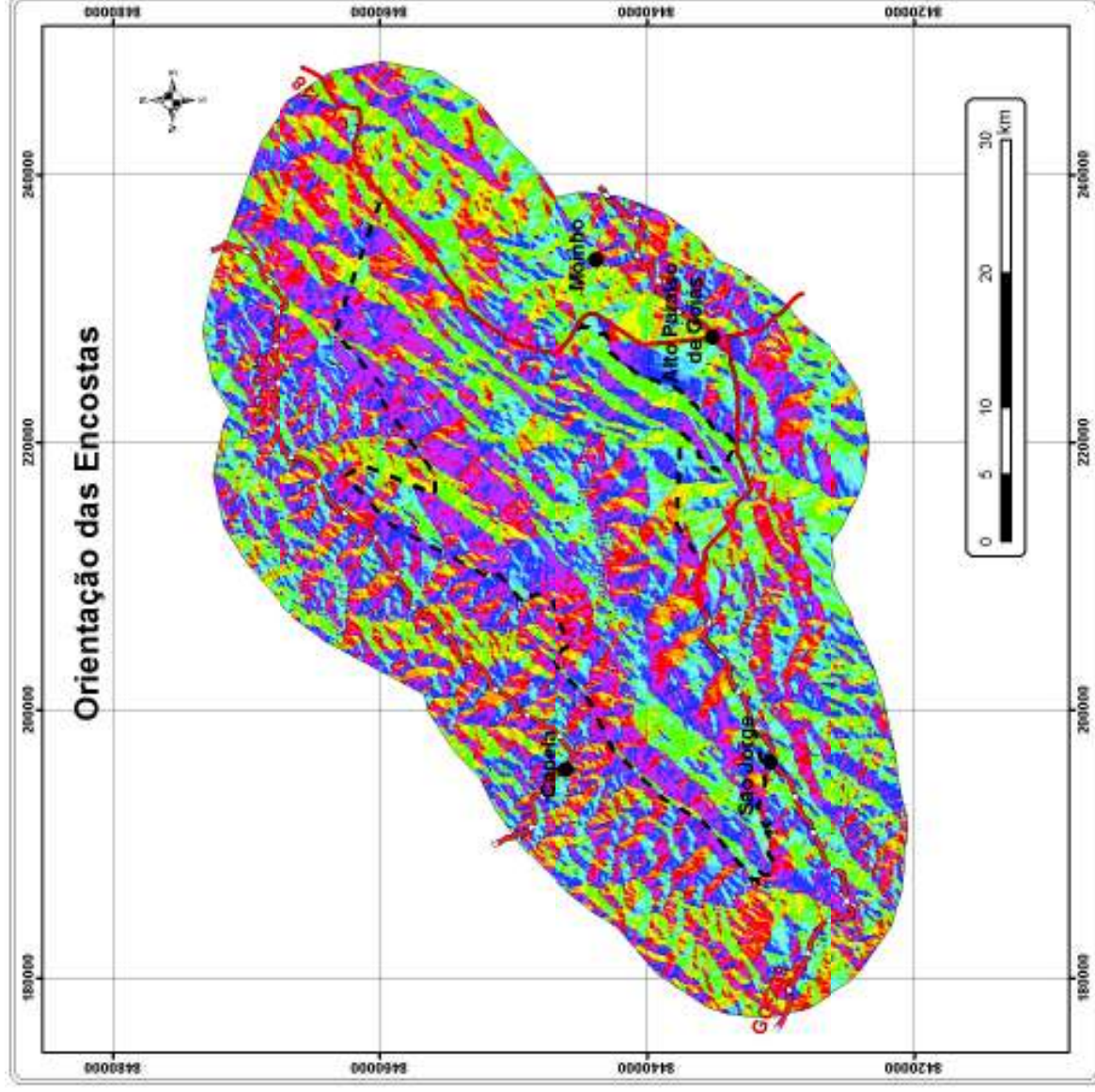


Figura 16 – Mapa de orientação das encostas do PNCV e área de entorno

Outro fator que contribui para ocorrência de incêndios é a proximidade de estradas e áreas urbanas, que estão ilustradas no mapa apresentado na Figura 18, ressalta-se que esse fator não determina o comportamento dos incêndios, mas é um provável local de início. Observa-se no mapa anteriormente citado, que a área de estudo é cortada pelas rodovias GO-118, GO-239 e GO-241, por estradas vicinais e trilhas, as quais temos representados alguns trechos na Figura 17. As áreas urbanas presentes na área são referentes à Alto Paraíso de Goiás, São Jorge, Moinho e Capela.

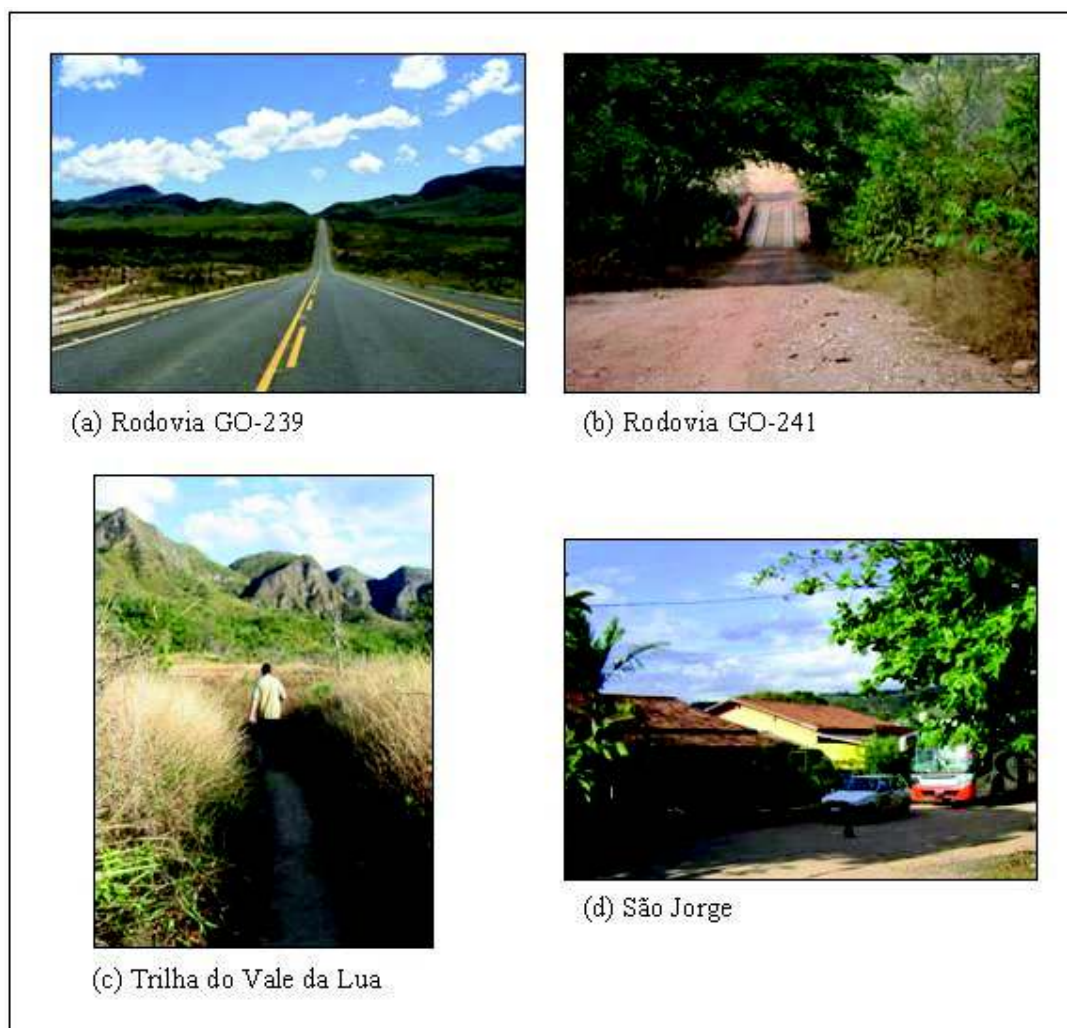


Figura 17 – Trechos de estradas, trilhas e área urbana
Autor: PRUDENTE, T.D., 2009

Nesse estudo, o raio de influência considerado foi de 200m no entorno das estradas e trilhas que cortam a área e de 1000m no entorno de áreas urbanas. Na Tabela 15, podem-se verificar as medidas em km² das áreas classificadas no mapa da Figura 18.

Tabela 15 - Área ocupada pelas classes de distância às estradas e áreas urbanas

Distância às Estradas e Áreas Urbanas	Km²	%	Suscetibilidade ao Fogo
Rodovias, Trilhas fora do parque e Área Urbana	96,22	4,05	Alto
Estradas Vicinais e Trilhas dentro parque	334,71	14,08	Moderado
Fora da área de influência	1945,80	81,87	Baixo
Total	2376,73	100,00	

Org.: PRUDENTE, T. D., 2009

Assim, observa-se na Tabela 15, que em relação à proximidade de estradas e áreas urbanas, a área de estudo apresenta 81,87% com baixa de suscetibilidade ao fogo, 14,08% com moderada suscetibilidade e 4,05% com alta suscetibilidade.

Por fim, a Figura 19 ilustra os mapas de suscetibilidade ao fogo referente aos fatores analisados acima (uso da terra e cobertura vegetal, hipsometria, declividade, orientação das encostas e distância às estradas e áreas urbanas). Cada categoria foi classificada como suscetibilidade baixa, moderada ou alta, conforme Tabelas 2 a 10.

Mapas de Suscetibilidade ao Fogo para os Fatores Preponderantes ao Risco de Incêndio Florestal do PNCV e Área de Entorno

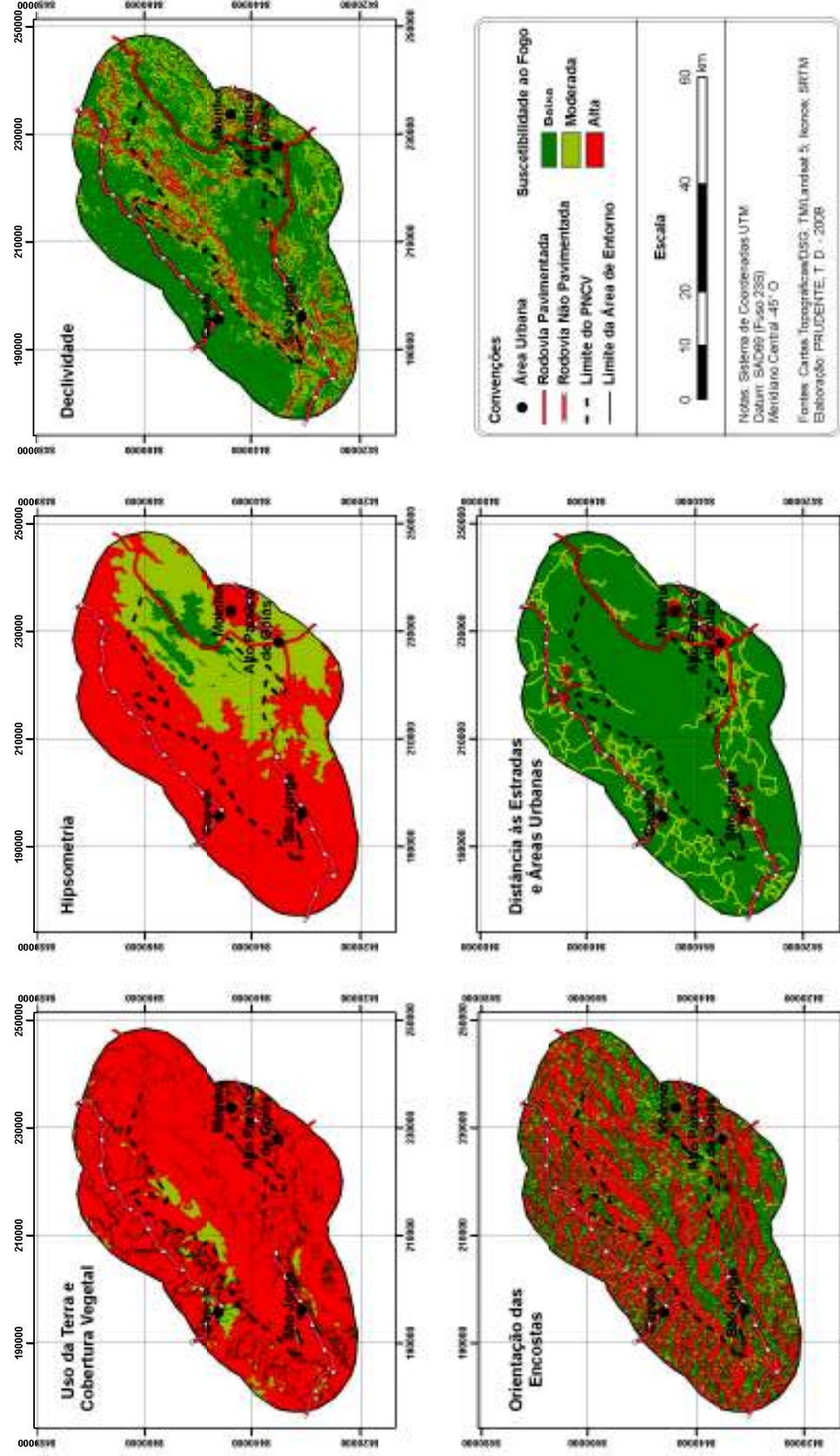


Figura 19 – Mapas de suscetibilidade ao fogo para os fatores preponderantes ao risco de incêndio florestal do PNCV e área de entorno

5.1.1 Condições climáticas

As condições climáticas têm efeitos importantes no comportamento do fogo, influenciando na ignição e também na manutenção e propagação de incêndios. Em épocas com baixa umidade do ar, a propensão de incêndios florestais aumenta consideravelmente, visto que o ar mais seco acaba por forçar uma maior evapotranspiração dos vegetais.

A Tabela 16 apresenta os dados de precipitação da área de estudo. Verifica-se que nos meses de junho a agosto a precipitação é mínima, sendo julho o mês que chove menos. Já a partir de setembro, os registros de precipitação começam a aumentar.

Tabela 16 - Médias pluviométricas mensais

Local	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Nova Roma Faz Sucuri	186,8	144,1	155,6	80,3	16,6	4,3	1,2	4,7	27,3	107,0	179,4	209,0
Cavalcante	341,0	271,9	267,4	108,3	20,2	6,1	2,9	6,1	31,8	164,4	253,6	335,4
Minaçu (SAMA)	258,4	215,4	192,0	83,0	16,5	2,6	1,0	6,2	39,0	125,0	210,3	258,5
Alto Paraíso de Goiás	230,2	208,6	203,5	99,6	32,5	5,3	1,8	6,7	51,3	156,8	230,2	277,3
Flores de Goiás	194,7	154,8	152,4	80,8	14,8	3,8	3,6	2,5	22,7	109,6	175,8	219,3
São João d' Aliança	240,7	217,1	199,1	97,4	22,9	3,9	2,7	7,1	34,6	147,0	228,9	259,3
Ponte Rio Preto	233,0	228,8	197,2	87,1	14,5	2,6	0,3	2,5	30,5	93,4	193,7	267,4
Colinas do Sul	272,7	242,6	211,1	102,8	24,2	3,2	2,1	5,0	32,3	125,1	222,9	293,3
Niquelândia	290,4	227,7	234,2	99,3	22,0	2,5	1,5	11,3	46,7	141,7	251,8	319,5
Moquém	295,0	231,5	272,9	86,2	16,9	2,2	0,8	8,2	48,1	104,1	229,9	372,4
Média	254,3	214,3	208,5	92,5	20,1	3,7	1,8	6,0	36,4	127,4	217,7	281,1

Org.: PRUDENTE, T. D., 2009

A seguir são apresentadas uma correlação do número de ocorrências de incêndios florestais mensais (Gráfico 2) e área queimada (Gráfico 3) registrados no PNCV, entre 1979 e 2005, com dados de precipitação de no mínimo 30 anos (1975-2007).

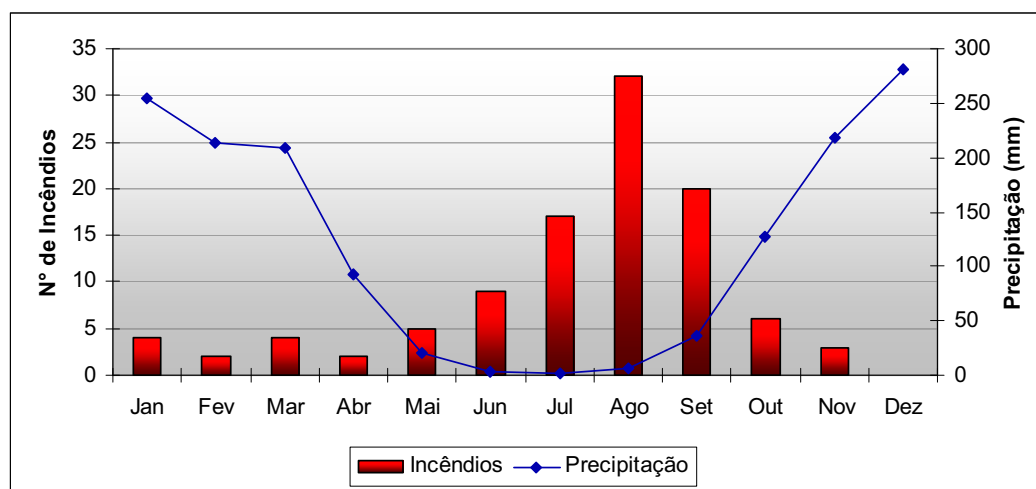


Gráfico 2 - Relação entre precipitação e incêndios detectados no período 1979 – 2005

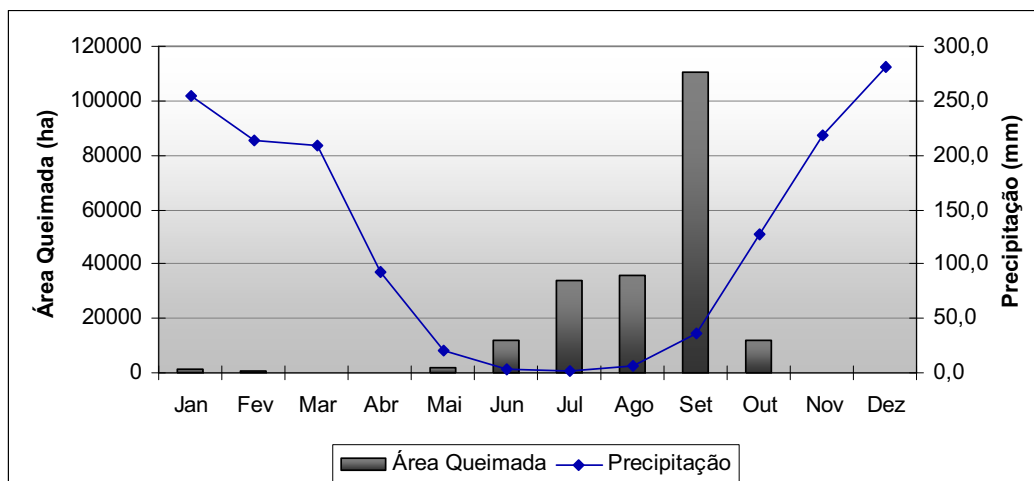


Gráfico 3 - Relação entre precipitação e área queimada no período 1979 – 2005

Observa-se que os meses de menor precipitação são os que apresentam a maior quantidade de ocorrência de incêndios e área queimada, e os meses de maior precipitação apresentam menor número de casos. Isto se deve ao fato que as precipitações aumentam a quantidade de umidade nos combustíveis, dificultando a ocorrência do fogo. É importante destacar que o maior número de casos de incêndios e áreas queimadas ocorre em agosto e setembro, pelo fato desses meses suceder um período grande sem chuvas, nos quais a vegetação se encontra bastante seca.

Os valores de temperatura média são apresentados na Tabela 17. Os meses de junho e julho apresentam temperaturas mais amenas que o restante dos meses, enquanto setembro e outubro são os meses mais quentes do período analisado (junho - outubro).

Tabela 17 - Médias térmicas mensais

Local	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Nova Roma Faz Sucuri	26,4	26,6	26,7	26,2	24,8	23,3	23,3	25,2	27,2	27,6	26,9	26,4
Cavalcante	25,0	25,2	25,3	24,8	23,4	21,8	21,8	23,7	25,7	26,1	25,4	24,9
Minaçu (SAMA)	26,8	26,7	26,9	26,8	25,5	24,1	24,1	25,7	27,7	27,7	27,2	26,7
Alto Paraíso de Goiás	22,1	22,3	22,4	21,9	20,5	18,9	19,0	20,9	22,8	23,2	22,5	22,1
Flores de Goiás	26,5	26,5	26,7	26,6	25,3	23,8	23,8	25,4	27,4	27,5	26,9	26,4
São João da Aliança	23,4	23,6	23,7	23,2	21,8	20,3	20,3	22,2	24,1	24,5	23,9	23,4
Ponte Rio Preto	26,6	26,6	26,7	26,6	25,3	23,9	23,9	25,5	27,5	27,5	27,0	26,5
Colinas do Sul	26,2	26,1	26,3	26,2	24,9	23,4	23,5	25,1	27,0	27,1	26,5	26,1
Niquelândia	26,0	25,9	26,1	26,0	24,7	23,3	23,3	24,9	26,8	26,9	26,4	25,9
Moquém	26,2	26,1	26,3	26,2	24,9	23,4	23,4	25,0	27,0	27,1	26,5	26,1
Média	25,5	25,6	25,7	25,4	24,1	22,6	22,6	24,3	26,3	26,5	25,9	25,4

Org.: PRUDENTE, T. D., 2009

O Gráfico 4 correlaciona o número de ocorrências de incêndios florestais mensais, registrados no PNCV, entre 1979 e 2005 com dados de temperatura média. E Gráfico 5 correlaciona a área queimada por incêndios florestais mensais com dados de temperatura.

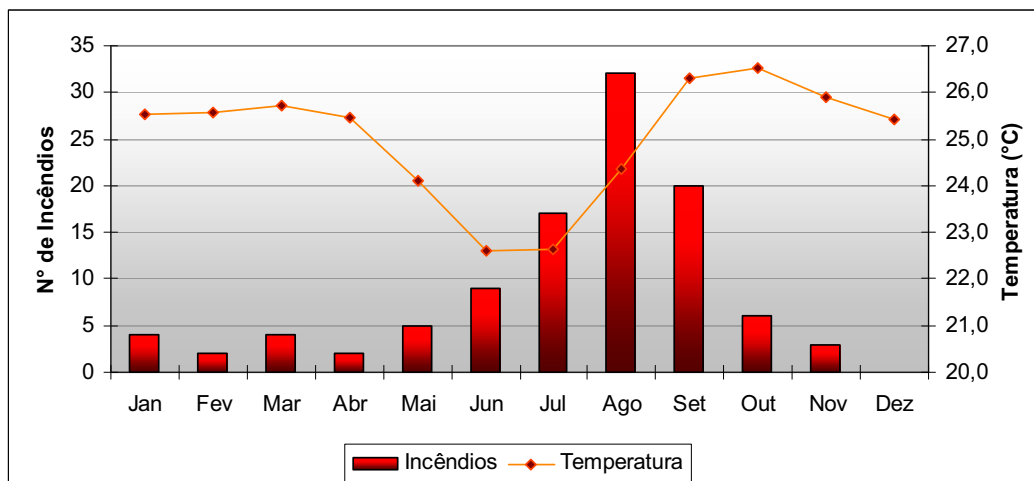


Gráfico 4 - Relação entre temperatura média e incêndios detectados no período 1979 – 2005

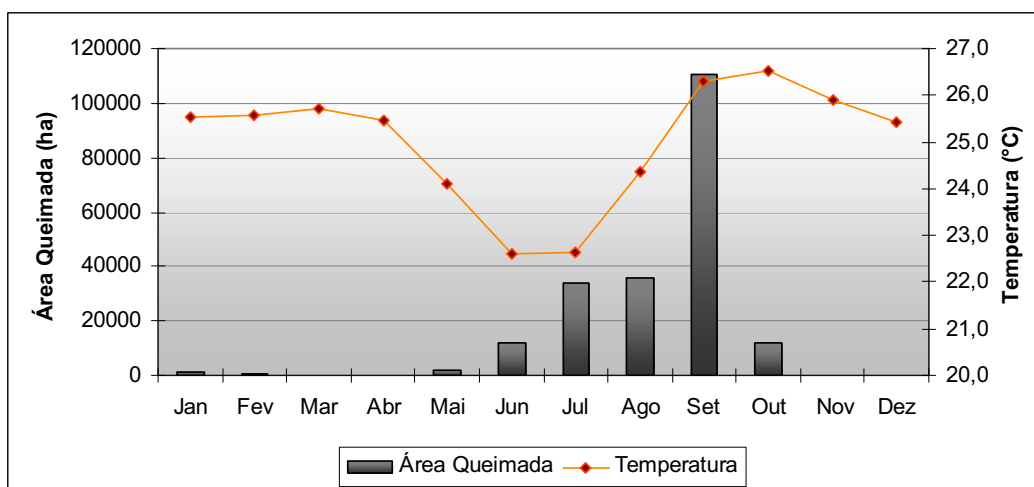


Gráfico 5 - Relação entre temperatura média e área queimada no período 1979 – 2005

Temperaturas elevadas tornam os combustíveis mais secos e suscetíveis de entrarem em combustão, sendo que no período analisado (junho-outubro), verificou-se que incêndios e maior área queimada ocorrem predominantemente em meses que apresentam temperaturas elevadas.

Os valores de deficiência hídrica são apresentados na Tabela 18. Os meses que apresentam valores mais altos são agosto e setembro.

Tabela 18 - Médias mensais de deficiência hídrica

Local	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Nova Roma Faz Sucuri	15,9	14,6	16,0	27,9	63,2	66,5	76,9	103,8	112,8	58,0	19,4	11,5
Cavalcante	0,3	0,6	1,0	7,4	32,6	46,2	58,5	82,1	86,9	23,7	1,1	0,1
Minaçu (SAMA)	9,8	4,1	8,4	29,6	68,7	75,8	85,8	109,1	114,5	57,6	9,7	4,2
Alto Paraíso de Goiás	0,1	0,1	0,7	4,0	14,3	27,9	40,7	57,9	47,0	10,0	0,3	0,0
Flores de Goiás	9,1	9,7	15,0	37,8	71,4	73,2	80,8	109,1	125,2	64,4	20,2	5,9
São João da Aliança	0,3	1,5	3,5	8,4	24,6	38,4	49,9	67,9	66,8	24,4	0,9	0,5
Ponte Rio Preto	5,7	2,9	3,0	27,0	63,7	72,4	83,7	109,5	118,5	72,2	13,4	3,0
Colinas do Sul	1,6	1,1	3,4	14,9	46,1	63,2	75,6	100,3	108,3	47,4	6,4	2,0
Niquelândia	0,7	1,0	3,7	14,9	49,7	62,1	74,4	91,6	91,1	31,8	0,8	0,5
Moquém	3,2	3,0	1,8	20,1	55,1	67,9	78,3	98,0	94,6	54,7	7,3	0,3
Média	4,7	3,9	5,6	19,2	49,0	59,4	70,4	92,9	96,6	44,4	7,9	2,8

Org.: PRUDENTE, T. D., 2009

O Gráfico 6 apresenta a correlação das ocorrências de incêndios florestais mensais, registrados no PNCV, entre 1979 e 2005 com valores de deficiência hídrica de no mínimo 30 anos (1975-2007). No Gráfico 7, tem-se a correlação da área queimada por incêndios florestais mensais com os dados de deficiência hídrica.

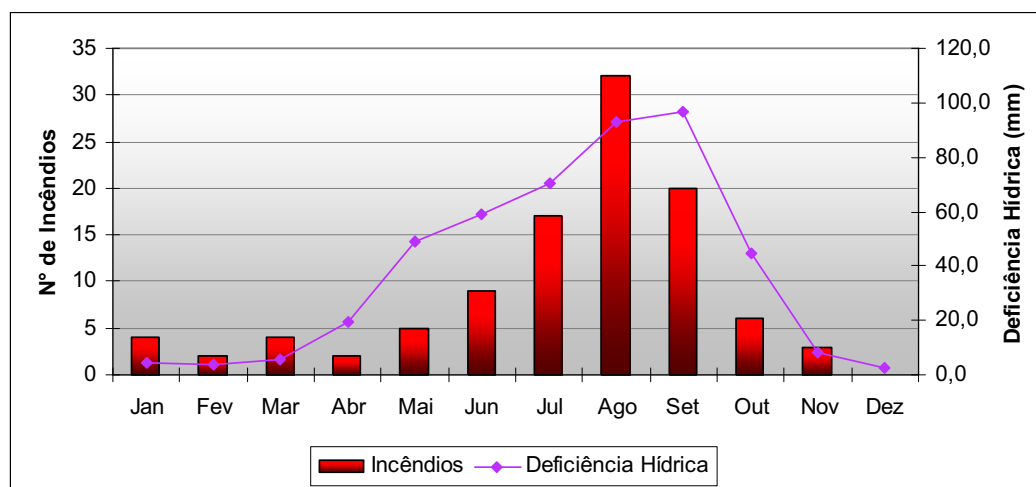


Gráfico 6 - Relação entre deficiência hídrica e incêndios detectados no período 1979 – 2005

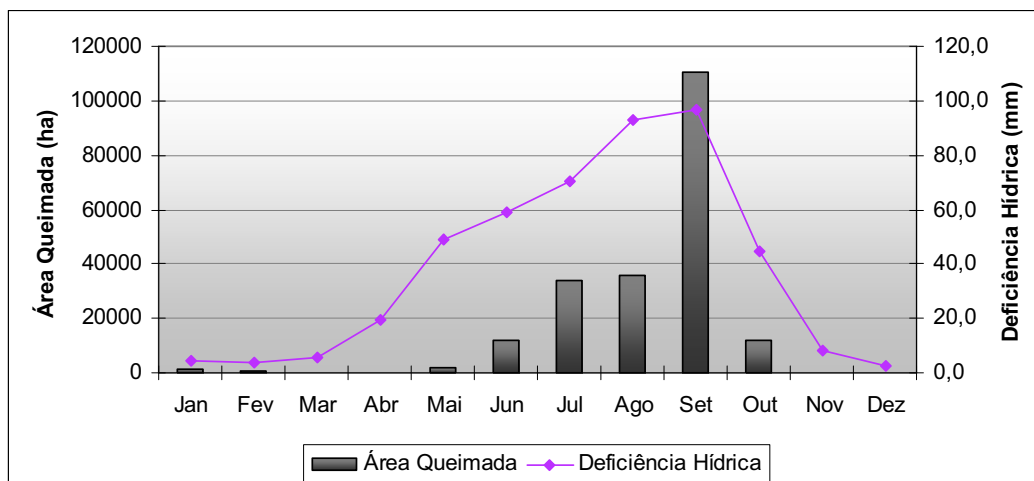


Gráfico 7 - Relação entre deficiência hídrica e área queimada no período 1979 – 2005

Observa-se que quanto maior a deficiência hídrica, maior o número de ocorrência de incêndio e o tamanho da área queimada, pois quanto mais seco o combustível estiver, mais suscetível ele estará ao fogo.

Os dados de evapotranspiração potencial da área de estudo estão expostos na Tabela 19, onde se verifica que os meses de agosto, setembro e outubro apresentaram os maiores valores.

Tabela 19 - Médias mensais de evapotranspiração potencial

Local	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Nova Roma Faz Sucuri	142,8	135,0	147,3	129,3	106,7	80,1	82,7	110,8	144,0	161,9	147,9	146,5
Cavalcante	121,1	114,3	124,5	109,8	91,8	70,0	72,1	95,1	121,1	135,7	124,9	124,2
Minaçu (SAMA)	149,1	136,2	151,1	138,7	115,8	88,5	91,2	117,4	153,7	165,2	153,4	151,2
Alto Paraíso de Goiás	93,6	88,1	95,8	85,0	72,4	56,4	58,1	74,5	92,5	103,2	96,0	96,1
Flores de Goiás	145,2	132,6	146,7	134,4	112,2	85,9	88,5	113,7	148,6	160,0	149,1	147,3
São João d' Aliança	104,7	98,5	107,3	94,6	79,9	61,6	63,5	82,4	103,6	116,0	107,6	107,5
Ponte Rio Preto	145,8	133,2	147,5	135,4	113,1	86,6	89,1	114,6	149,7	161,0	149,8	147,9
Colinas do Sul	138,7	126,6	140,1	128,6	107,8	82,9	85,3	109,2	141,9	152,6	142,2	140,6
Niquelândia	135,8	124,0	137,0	125,7	105,5	81,2	83,6	106,8	138,5	149,1	139,1	137,7
Moquém	138,8	126,7	140,1	128,5	107,5	82,6	85,1	108,9	141,6	152,5	142,3	140,7
Média	131,6	121,5	133,7	121,0	101,3	77,6	79,9	103,3	133,5	145,7	135,2	134,0

Org.: PRUDENTE, T. D., 2009

O Gráfico 8 apresenta a correlação das ocorrências de incêndios florestais mensais, registrados no PNCV, entre 1979 e 2005 com valores de evapotranspiração potencial, enquanto o Gráfico 9 apresenta a correlação das áreas queimadas por incêndios florestais por mês com a evapotranspiração potencial.

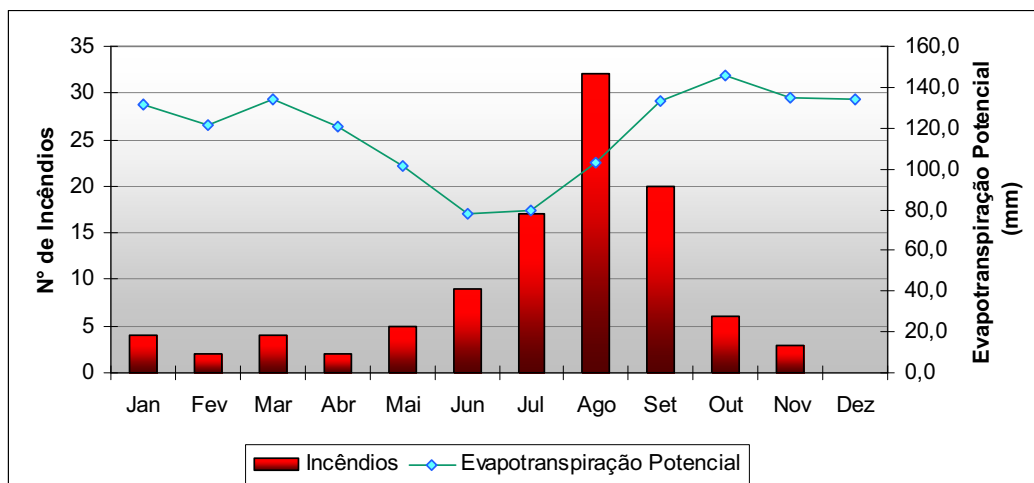


Gráfico 8 - Relação entre evapotranspiração potencial e incêndios detectados no período 1979 - 2005

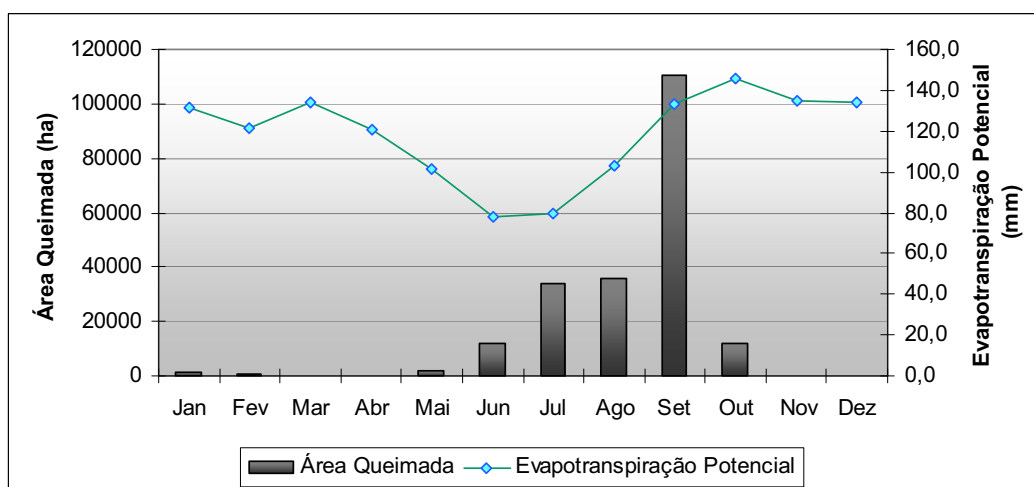


Gráfico 9 - Relação entre evapotranspiração potencial e área queimada no período 1979 - 2005

De acordo com os gráficos, analisa-se que quanto maior o valor da evapotranspiração potencial no período estudado, maior é a ocorrência de incêndio e área queimada, pois quanto maior a evapotranspiração, menor é a quantidade de umidade do material combustível, sendo então maior a propensão à ocorrência de incêndio.

Conforme a análise dos dados climatológicos de cerca de 30 anos (1975-2007), a área de estudo apresenta maior suscetibilidade a incêndios nos meses de agosto e setembro, demonstrando a forte influência do clima sobre o comportamento do fogo.

A Tabela 20 apresenta a distribuição dos períodos secos e chuvosos e o Gráfico 10 mostra a variação da estação seca em Alto Paraíso de Goiás (GO) nos anos de 1975 até 2007.

Tabela 20 – Distribuição dos períodos secos e chuvosos em Alto Paraíso de Goiás (GO): 1975 – 2007

Ano	Estação Seca		Anos	Estação Chuvosa	
	Período	Duração (dias)		Período	Duração (dias)
1975	19/05 – 07/10	142	1974/75	08/10 – 18/05	223
1976	23/05 – 07/09	108	1975/76	08/10 – 22/05	227
1977	19/05 – 20/08	94	1976/77	08/09 – 18/05	253
1978	27/05 – 09/10	136	1977/78	21/08 – 26/05	279
1979	30/04 – 08/10	162	1978/79	10/10 – 29/04	202
1980	06/05 – 18/09	136	1979/80	09/10 – 05/05	209
1981	09/06 – 01/10	116	1980/81	19/09 – 08/06	263
1982	03/05 – 19/09	140	1981/82	02/10 – 02/05	213
1983	28/05 – 08/10	134	1982/83	20/09 – 27/05	250
1984	02/05 – 07/09	129	1983/84	09/10 – 01/05	205
1985	16/05 – 24/09	132	1984/85	08/09 – 15/05	219
1986	23/05 – 10/10	141	1985/86	25/09 - 22/05	240
1987	06/05 – 19/09	137	1986/87	11/10 – 05/05	207
1988	27/04 - 29/09	-	1987/88	20/09 – 26/04	219
1989	10/05 – 03/09	117	1988/89	30/09 – 09/05	-
1990	14/05 – 14/09	124	1989/90	04/09 -13/05	252
1991	01/05 – 13/09	136	1990/91	15/09 -30/04	228
1992	03/05 – 26/08	116	1991/92	14/09 – 02/05	231
1993	06/05 – 20/09	138	1992/93	27/08 – 05/05	252
1994	29/05 – 17/10	142	1993/94	21/09 – 28/05	250
1995	12/05 – 04/10	146	1994/95	18/10 – 11/05	206
1996	23/05 – 30/09	131	1995/96	05/10 – 22/05	230
1997	02/05 – 08/09	130	1996/97	01/10 – 01/05	213
1998	19/04 – 10/10	175	1997/98	09/09 – 18/04	222
1999	15/05 – 22/09	131	1998/99	11/10 – 14/05	216
2000	08/05 – 30/08	115	1999/00	23/09 – 07/05	227
2001	19/05 – 23/09	128	2000/01	31/08 – 18/05	261
2002	25/05 – 23/09	122	2001/02	24/09 – 24/05	243
2003	10/05 – 27/09	141	2002/03	24/09 – 09/05	228
2004	16/05 – 05/10	143	2003/04	28/09 – 15/05	230
2005	28/05 – 21/09	117	2004/05	06/10 – 27/05	234
2006	17/05 – 22/09	129	2005/06	22/09 – 16/05	237
2007	28/04 – 13/10	169	2006/07	23/09 – 27/04	217
			2007/08	14/10 – 28/04	197
	Média	133	-	-	230
	Máxima	175	-	-	279
	Mínima	94	-	-	197

Fonte: ANA - Estação 1447000 (Alto Paraíso de Goiás)

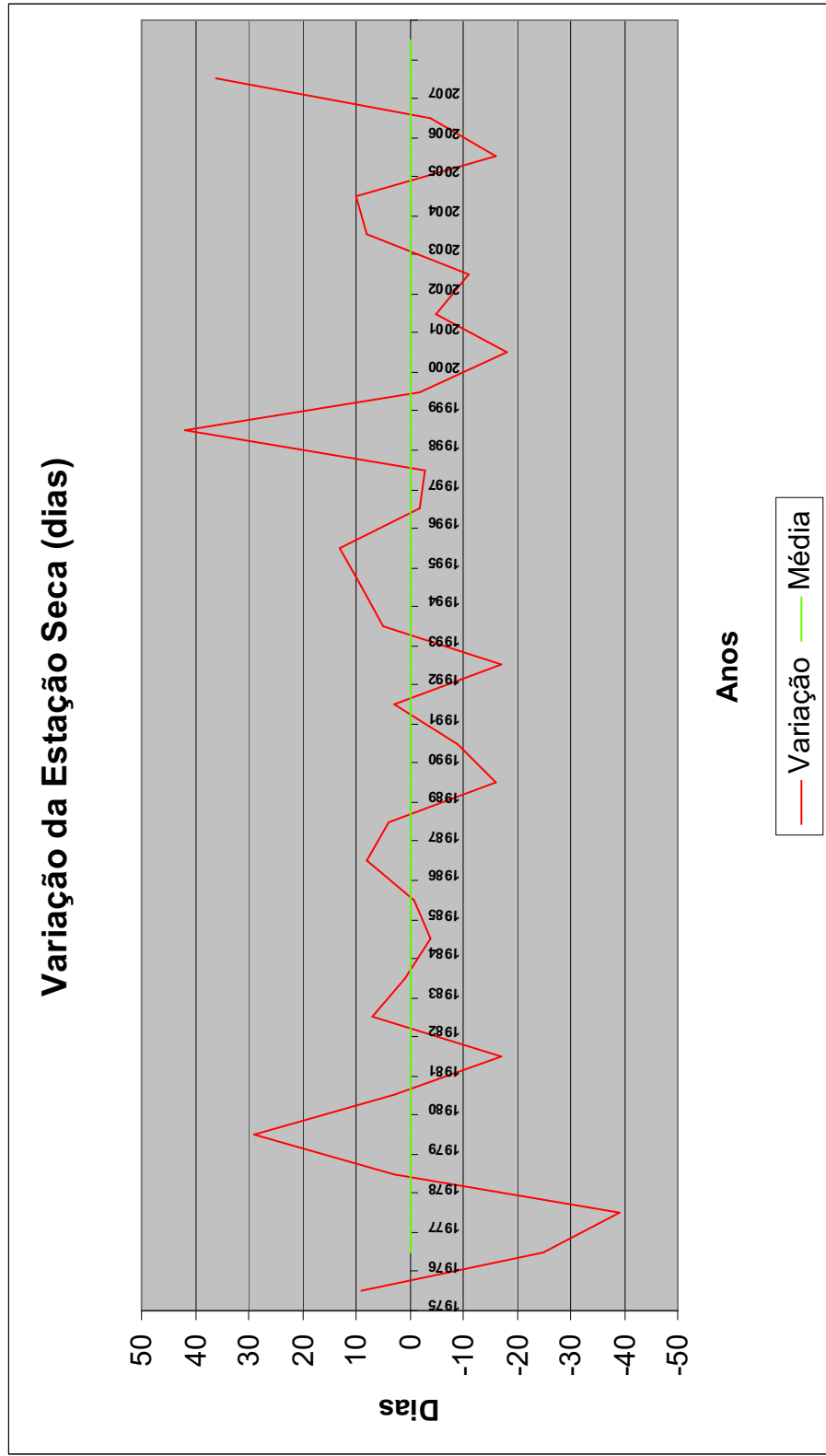


Gráfico 10 - Variação da estação seca em Alto Paraíso de Goiás (GO): 1975 – 2007

Analisando a Tabela 21, observa-se que o período seco compreende em média 133 dias ou aproximadamente 4,43 meses, já o período chuvoso apresentou em média 230 dias ou aproximadamente 7,6 meses. Sendo que, a estação seca compreende principalmente os meses de maio a setembro e a chuvosa de outubro a abril.

Um fato importante a ser destacado é a sequência de dias sem ocorrência de precipitações ou com precipitações insignificantes (inferiores a ETP diária), pois é justamente nessa sequência de dias secos que a região apresenta as condições mais propícias à ocorrência de incêndios.

No Gráfico 10, nota-se que os anos que obtiveram a maior seca foram os de 1979, 1998 e 2007. Sendo que, em 2007 ocorreu a segunda maior área queimada em incêndios florestais registrados no PNCV, conforme informações do IBAMA (2009). Certamente esse período seco teve considerável contribuição para o alastramento do fogo sobre a vegetação seca.

Por conseguinte, foi calculado o fotoperíodo da área de estudo, com a finalidade de se analisar a quantidades de horas mensais que a área recebe radiação solar. Assim, destaca que o fotoperíodo consiste na duração do período de luz, dependendo da latitude e da inclinação do Sol na data considerada. Na Tabela 21 e no Gráfico 11, apresentam-se o fotoperíodo para a área de estudo.

Tabela 21 – Fotoperíodo da área de estudo

Mês	N (h)	Dias/Mês	N (mês)
Jan	12,8	31	396,8
Fev	12,4	28	347,2
Mar	12,1	31	375,1
Abr	11,7	30	351,0
Mai	11,3	31	350,3
Jun	11,2	30	336,0
Jul	11,2	31	347,2
Ago	11,5	31	356,5
Set	11,9	30	357,0
Out	12,3	31	381,3
Nov	12,6	30	378,0
Dez	12,8	31	396,8

Org.: PRUDENTE, T. D., 2009

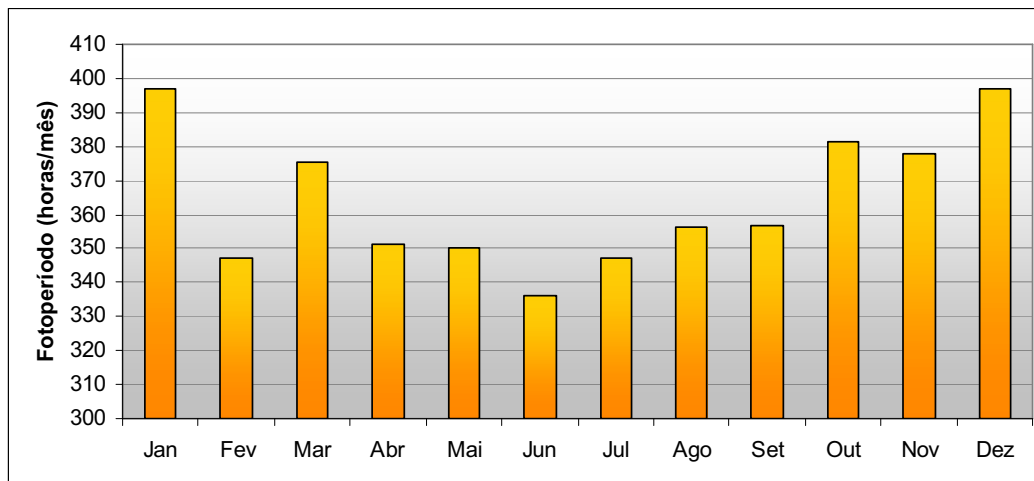


Gráfico 11 – Fotoperíodo mensal da área de estudo

No período analisado (junho - outubro), a área de estudo apresentou uma maior incidência solar nos meses de outubro, setembro e agosto, respectivamente. Os galhos, árvores e arbustos recebem calor radiante do sol, que aquece e seca os combustíveis em potencial. Assim, quanto maior o fotoperíodo, maior a exposição dos materiais combustíveis ao calor do sol, aumentando assim as condições para a ocorrência de incêndios.

5.2 Risco de incêndio florestal

A integração dos nove planos resultou em mapas que representam, em cada ponto, todos os fatores somados, permitindo uma análise da situação de risco, para cada mês, facilitando a tomada de decisão. Cabe ressaltar que esta visão integrada torna-se importante pela dificuldade em se identificar regiões de risco pela análise isolada de cada fator, principalmente em grandes áreas com diversidade de fatores de risco.

Neste sentido, os riscos de incêndio florestal para os meses de junho a outubro são apresentados na Figura 20. O Gráfico 12 expõe a distribuição percentual das classes de risco de incêndio por mês. Fazendo a análise dos dados expostos, verifica-se que agosto e setembro são os meses mais críticos em relação ao risco de incêndio.

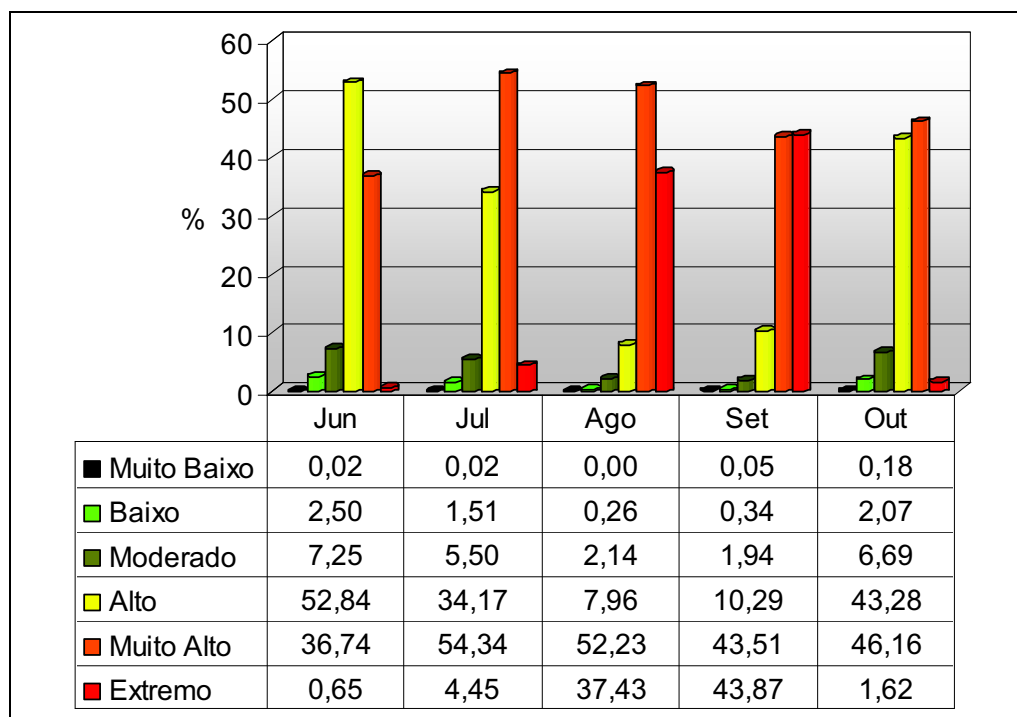


Gráfico 12 - Distribuição percentual das classes de risco de incêndio no PNCV e área de entorno

Risco de Incêndio Florestal do PNCV e Área de Entorno

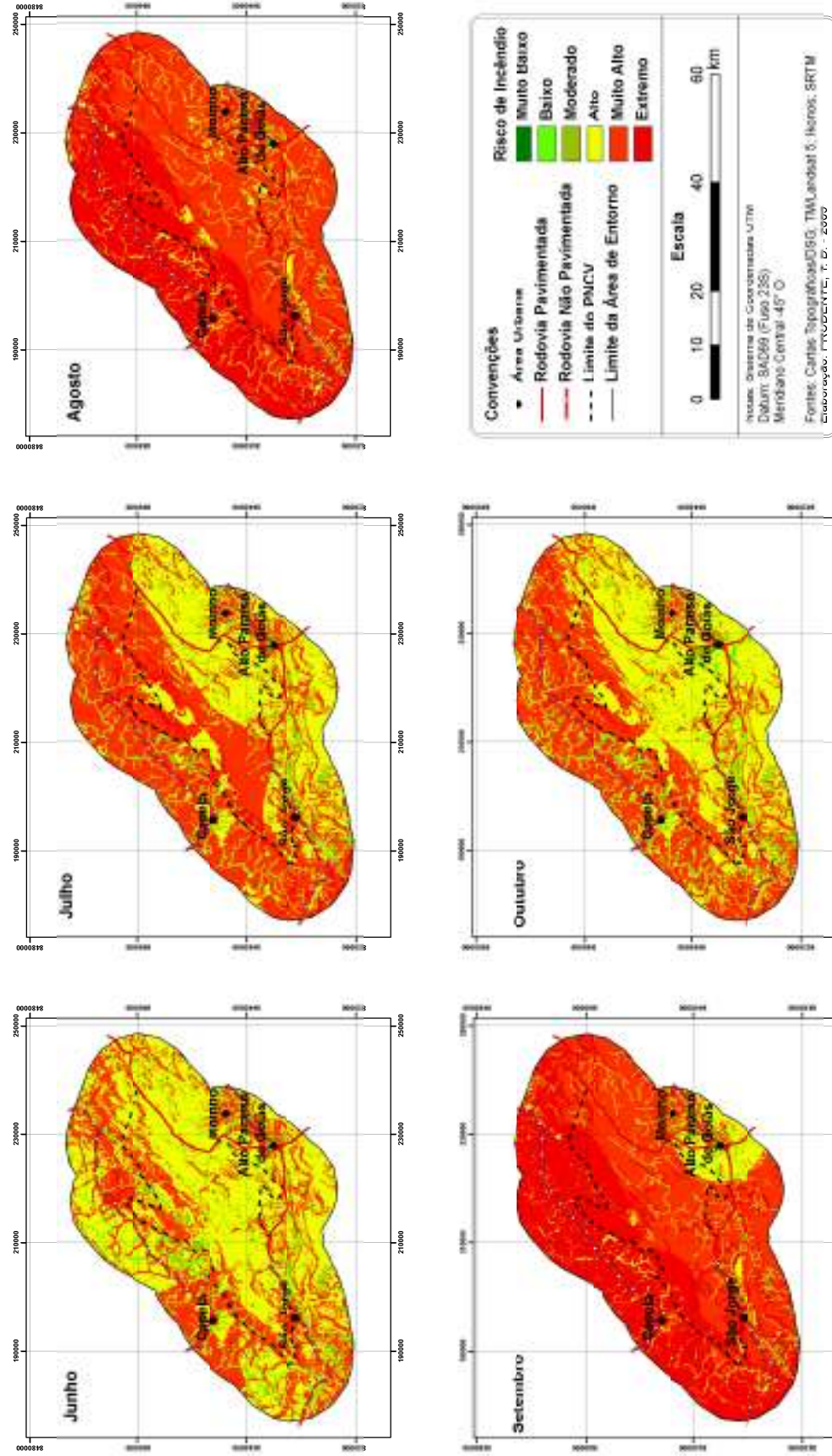


Figura 20 – Mapas de risco de incêndio florestal do PNCV e área de entorno

Analisando os resultados apresentados quanto ao risco de incêndio, observou-se que, em junho, mais de 50% da área de estudo apresentou risco “alto”. Sendo que, no mês de julho, grande parte dessas áreas passaram para risco “muito alto” (54,34%). Em agosto, o risco “muito alto” continuou representando mais de 50% da área de estudo, contudo, houve um considerável aumento na classe “extremo”, que passou de 4,45% em julho para 37,43% em agosto.

No mês de setembro, as duas classes mais críticas continuaram sendo “muito alto” e “extremo”, porém, com um pequeno aumento na última em detrimento da primeira, perfazendo cada uma 43% do total da área de estudo.

Já em outubro, a classe “alto” voltou a ocupar grande parte da área de estudo (43,28%), sendo que a classe “muito alto” passou a ocorrer em 46,16 % da área, e a classe “extremo” de risco de incêndio ocupou, neste mês, somente 1,62% da área de estudo. Este resultado se justifica devido ao fato de que em outubro começam a ocorrer as chuvas, de forma que a vegetação não se encontra mais com valores extremos de deficiência hídrica.

Nos meses analisados, verificou-se que valores “muito baixo” e “baixo” de risco de incêndio quase não ocorreram. Isso se explica pelo fato que este período (junho – outubro) apresenta as condições ideais climáticas propícias à ocorrência de incêndio.

Também é relevante destacar que a proximidade de estradas e áreas urbanas contribui para a ocorrência de incêndio, porque embora não determinem o seu comportamento, são prováveis locais de início. Essa influência das estradas na ocorrência de incêndio foi observada em campo, onde foi verificado que a maioria dos incêndios ocorreu em torno da rodovia GO-118, que liga Alto Paraíso de Goiás a Teresina de Goiás.

Analisando os mapas de risco, verifica-se que a região oeste da área de estudo é a que apresenta riscos mais elevados de incêndio. Isto ocorre devido ao fato que esta região apresenta altitudes mais baixas (< 600m) em relação às demais áreas. A região também apresenta valores de temperatura, deficiência hídrica e evapotranspiração ligeiramente mais elevadas que as demais regiões, assim como valores de precipitação mais baixos.

Nas demais áreas, os locais com valores mais extremos de risco de incêndios foram aqueles que apresentaram maior declividade e proximidade de estradas e áreas urbanas.

Assim, deve-se ter maior atenção com a região oeste do parque e área de entorno, pois são as áreas que apresentam as condições mais propícias à ocorrência de incêndio. Nessa área passa a rede de transmissão de energia elétrica provenientes da UHE Serra da Mesa (Figura 21). Os

incêndios florestais representam um dos principais riscos para o setor elétrico, estando estas linhas sujeitas a sérios riscos de interrupção do fornecimento de energia, o que representa grandes prejuízos econômicos e sociais.



Figura 21 - Rede de transmissão de energia elétrica da UHE Serra da Mesa
Autor: PRUDENTE, T.D., 2009

É interessante ressaltar que a área considerada de maior risco pelo mapeamento, foi a que apresentou, de acordo com as características abordadas, as condições mais extremas de ocorrência de incêndios. Entretanto, esta região é menos habitada e freqüentada por pessoas. Assim, deve-se também direcionar atenção especial às áreas que apresentam maior concentração e acesso de pessoas.

Com a finalidade de analisar a confiabilidade dos mapas de risco de incêndio, eles foram comparados aos focos de calor registrados pelo INPE no período de junho a outubro/2007 e com a distribuição espacial dos incêndios florestais, detectados em imagens Landsat, no período de junho a setembro/2007. Não foi possível a detecção de incêndios no mês de outubro devido à falta de dados.

Assim, a Figura 22 apresenta os focos de calor registrados pelo INPE no período de junho a outubro/2007 e o Gráfico 13 apresenta comparação entre os mapas de risco e os focos de calor.

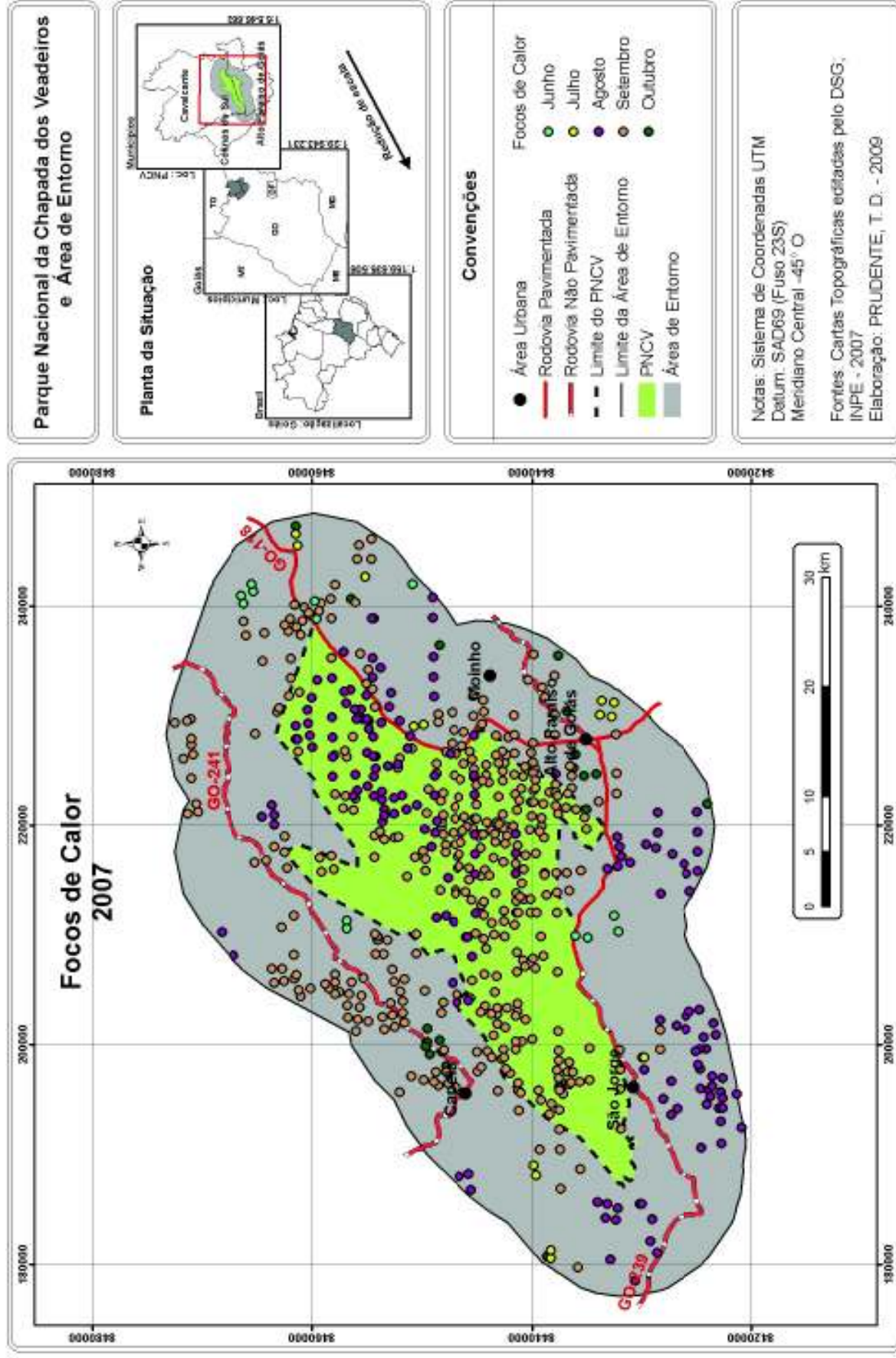


Figura 22 – Focos de calor detectados no PNCV e área de entorno de junho a outubro de 2007

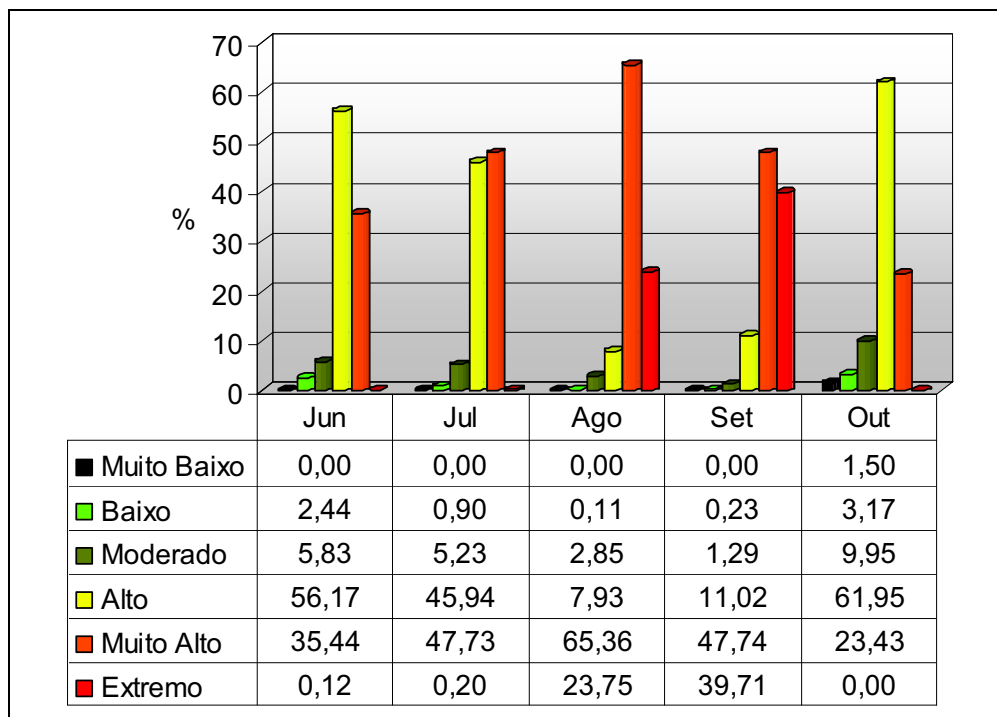


Gráfico 13 - Distribuição percentual dos focos de calor em relação às classes de risco de incêndio no PNCV e área de entorno

A partir da comparação entre os mapas de risco e os focos de calor constatou-se que em junho os focos de calor ocorreram em mais de 50% em áreas de risco “alto”. Em julho 47,73% dos focos ocorreram na classe “muito alto” e 45,94% na classe “alto”.

No mês de agosto, 65,36% dos focos ocorreram em áreas com a classe “muito alto”, com segunda maior ocorrência na classe “extremo”. Em setembro, a maior incidência dos focos de calor deu-se nas classes “muito alto” (47,74%) e “extremo” (39,71%). Já em outubro 61,95% dos focos ocorreram na classe “alto”.

Observa-se que, apenas o mês de outubro obteve a ocorrência de focos de calor na classe “muito baixo” de risco de incêndio, com apenas 1,50% do total de focos ocorridos neste mês. E apesar de todos os meses apresentarem focos de calor nas classes de risco “baixo” e “moderado”, os valores obtidos foram insignificantes em comparação com o restante da área.

A Figura 23 apresenta o mapa com a distribuição espacial dos incêndios florestais, detectados em imagens Landsat, no período de junho a setembro/2007. O Gráfico 14 mostra a comparação entre os mapas de risco e as áreas queimadas por incêndios florestais.

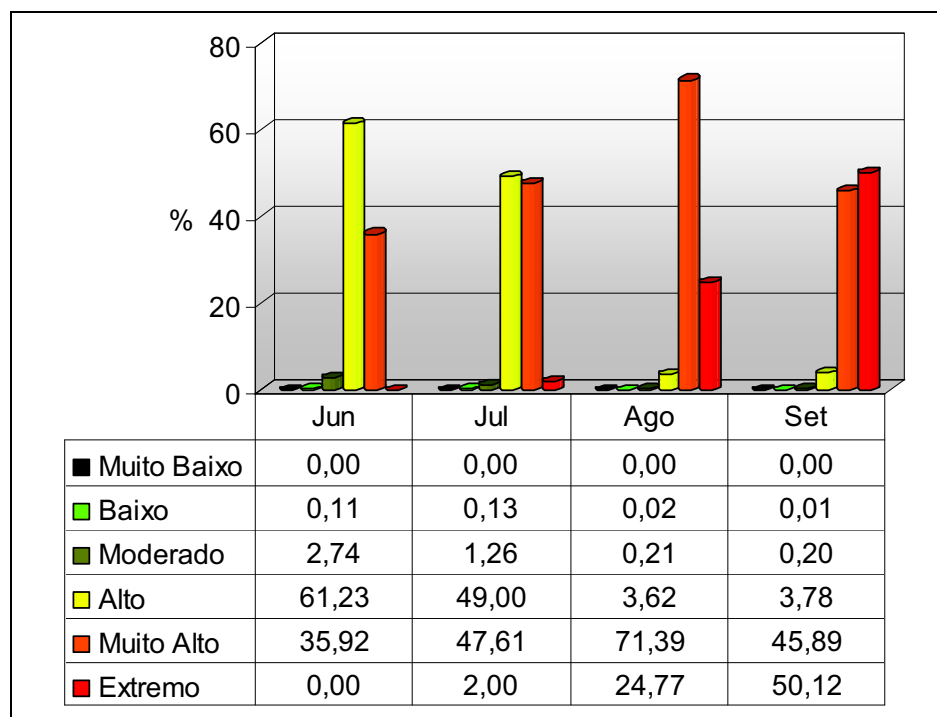


Gráfico 14 - Distribuição percentual das áreas queimadas por incêndios florestais em relação às classes de risco de incêndio no PNCV e área de entorno

No mês de junho as áreas queimadas ocorreram em 61,23% na classe “alto” de risco. Em julho 49,00% das áreas queimadas ocorreram na classe “alto” e 47,61% na classe “muito alto”.

Já no mês de agosto a classe “muito alto” obteve 71,39% da área queimada, sendo que a classe extremo obteve 24,77%. E em setembro a maior ocorrência de áreas queimadas (50,12%) foram registradas na classe “extremo” de risco de incêndio.

Os resultados obtidos, tanto com a comparação dos focos de calor, como com as áreas queimadas por incêndios florestais, validam a metodologia utilizada e os mapas de risco de incêndio.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante dos resultados obtidos ao longo dessa pesquisa, pode-se afirmar que a elaboração de mapas de riscos de incêndio são instrumentos eficazes e repletos de informações que contribuem no controle e combate ao fogo em unidades de conservação, possibilitando a análise espacial, o que facilita a tomada de decisões e elaboração de ações estratégicas de prevenção. A metodologia empregada para o PNCV apresentou baixo custo, porém, exigiu um alto grau de organização dos dados em seu processo de elaboração, além de um elevado nível de conhecimento de funcionamento de um SIG.

Assim, com as informações apresentadas nos mapas de risco de incêndio, é possível ordenar medidas preventivas, tais como: aumento da vigilância nas áreas de risco, de forma que haja uma restrição de acesso a esses locais; alocação de recursos em pontos estratégicos; e construção de acervos digitais para que se possam fazer estudos comparativos ao longo dos anos.

Após esta breve explanação, cabe destacar que foram pesquisados, diversos fatores preponderantes à ignição ou à propagação do fogo em áreas de Cerrado. Assim, foi possível selecionar os fatores mais propícios na área de estudo, sendo eles: uso da terra e cobertura vegetal, hipsometria, declividade, orientação das encostas, proximidade de estradas e de áreas urbanas, precipitação, temperatura média do ar, deficiência hídrica e evapotranspiração potencial.

De acordo com os dados pesquisados e analisados, foram consideradas como tendo alta suscetibilidade ao fogo, as áreas do PNCV e entorno que apresentaram as seguintes condições: a) ocupadas com as classes de uso da terra e cobertura vegetal Savana Parque (Sp), Savana Gramíneo-Lenhosa (Sg) e Pastagem Cultivada (Ap); b) altitudes até 1200m; c) declividades acima de 40%; d) orientação das encostas voltadas para o norte, nordeste e noroeste; e) áreas próximas a rodovias, trilhas fora do parque e áreas urbanas; f) precipitação mensal inferior a 25mm; g) temperatura média mensal superior a 26°C; h) deficiência hídrica mensal superior a 90mm; e i) evapotranspiração potencial mensal superior a 120mm.

Por conseguinte, também foram analisados dados referentes à quantidade de dias sem chuva, ou seja, a duração da estação seca, sendo que esse período no PNCV envolveu em média 133 dias ou aproximadamente 4,43 meses, compreendendo os meses de maio a setembro. É importante destacar que a área de estudo apresentou maior risco de incêndio nos meses de

agosto e setembro (risco extremo), certamente por estes meses suceder um longo período sem chuvas, no qual a vegetação se encontra bastante seca.

Diante das condições apresentadas acima, observou-se que a região oeste da área de estudo foi considerada a mais crítica, pois apresenta altitudes mais baixas ($< 600\text{m}$) em relação às demais áreas, além de valores de temperatura, deficiência hídrica e evapotranspiração ligeiramente mais elevadas que as demais regiões, assim como valores de precipitação mais baixos.

Nas demais áreas, os locais com valores mais extremos de risco de incêndio foram aqueles que apresentaram maior declividade e proximidade de estradas e áreas urbanas. Nesse sentido, deve-se também direcionar atenção especial às áreas que apresentam maior concentração e acesso de pessoas.

Tendo em vista que a maioria dos incêndios florestais são ocasionados pelo homem, intencionalmente ou não, podem-se atenuar essas ações por meio da educação ambiental, da implantação de leis rigorosas, da proibição de acesso público em áreas consideradas de risco, entre outras medidas.

Dessa forma, a educação ambiental será uma medida necessária para o despertar da sociedade para este problema, auxiliando na prevenção de incêndios. A administração do parque deverá utilizar-se de campanhas educativas, apresentando relatórios de impactos causados pelo fogo. Nesse sentido, o estudo da conservação do meio ambiente se insere na formação social da população. Assim, é importante ressaltar que a utilização da educação ambiental apresenta características favoráveis ao envolvimento e a conscientização da população, por isso ela é fundamental para viabilizar a preservação da área de estudo.

A metodologia utilizada permitiu que analisássemos as áreas que apresentam maior suscetibilidade à ocorrência de incêndio. Contudo, apesar de considerarmos as áreas próximas a estradas e áreas urbanas como alto risco, é impossível prever o ponto onde desencadeará o fogo. Dessa forma, os mapas de risco, por vezes, não coincidem com a efetiva área queimada.

Este modelo busca explicar as áreas de maior risco de incêndio para que sejam tomadas medidas preventivas, como maior atenção às áreas de maior suscetibilidade ao fogo; construção de aceiros preventivos e reorganização das atividades realizadas nas proximidades.

Ressalta-se que a prevenção de incêndios florestais é de extrema importância, uma vez que a ocorrência freqüente de incêndios enfraquece o solo, comprometendo a sua estrutura e proporcionando processos erosivos, sem contar que o assoreamento dos rios é causado pelo

depósito de sedimentos vindos de terrenos que sofrem erosão devido ao uso incessante do fogo. Além dessas conseqüências, há ainda emissão de dióxido de carbono, empobrecimento da diversidade da fauna e flora, destruição de bens (casas, postes de eletricidade, etc.), dentre outras.

A abordagem metodológica utilizada mostrou-se bastante eficaz no mapeamento de risco de incêndio florestal na área de estudo, de forma que integração das variáveis em um único mapa permitiu uma visão global de todos os fatores preponderantes ao risco de incêndio. Outro fator relevante é que a espacialização do risco torna possível ações de prevenção nas áreas críticas, aumentando a eficiência das medidas tomadas e otimizando a utilização dos recursos.

Sendo assim, a metodologia desenvolvida pode ser aplicada em diferentes áreas de interesse, a partir de informações geográficas básicas que, manipuladas adequadamente, resultam em um consistente banco de dados.

As variáveis escolhidas e os pesos adotados para o estudo foram cruciais na análise do risco de incêndio no PNCV e entorno. Todavia, a metodologia deve receber alterações de acordo com as particularidades da área estudada, alterando-se as variáveis e os pesos.

Enfim, considera-se que este trabalho deve ser realizado nas unidades de conservação atingidas por incêndios, sendo que o mapeamento de risco de incêndio florestal poderá auxiliar no monitoramento, controle e combate do fogo nessas unidades.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, L. M.de. S.; CAMARGO, A. J. A.de. **Cerrado: ecologia e caracterização**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. 249 p.

ALHO, C. J. R.; MARTINS, E. S. **De grão em grão, o Cerrado perde espaço – Cerrado: impactos do processo de ocupação**. Brasília: Fundo Mundial para Natureza, 1995. 66p.

ANA. Agência Nacional de Águas. **HIDROWEB** – Sistemas de Informações Hidrológicas Disponível em: < <http://hidroweb.ana.gov.br/> >. Acesso em: 12 abr. 2009.

ANTONINI, J. C. dos A.; SILVA, E. M. da; OLIVEIRA, L. F. C. de; SANO, E. E. Modelo matemático para estimativa da temperatura média diária do ar no Estado de Goiás. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 4, p. 331-338, abr. 2009.

ASSAD, E. D.; SANO E. E. **Sistemas de Informações Geográficas**. Aplicações na agricultura. 2. ed. ver. e ampl. Brasília: Embrapa-SPI/Embrapa-CPAC, 1998. 434 p.

ASSUNÇÃO, W. L.; D'ALMEIDA, K. S. P. Estudo do Comportamento da Variabilidade Pluviométrica no Município de Patrocínio (MG), com o Emprego do Balanço Hídrico Climatológico. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA, 6., 2004, Aracaju. **Anais do VI Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica**. Aracaju: Universidade Federal de Sergipe, 2004.

AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. Tradução de Maria Juraci Zani dos Santos. 8. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2002. 332 p.

BARBOSA, A. G. **As estratégias de Conservação da Biodiversidade na Chapada dos Veadeiros: Conflitos e Oportunidades**. 2008. 117 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Sustentável)-Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília, Brasília. 2008.

BATISTA, A. C. **Determinação de umidade do material combustível sob povoamentos de *Pinus taeda***. 1984. 61 f. Dissertação (Mestrado)-Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1984.

BATISTA, A. C. Mapas de risco: uma alternativa para o planejamento de controle de incêndios florestais. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 30, p. 45-54, 2000.

BRASIL. Decreto nº 49.875, de 11 de Janeiro de 1961. Cria o Parque Nacional do Tocantins, no Estado de Goiás e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/Antigos/D49875.htm>. Acesso em: 16 jun. 2008.

BRASIL. Decreto nº 84.017, de 21 de setembro de 1979. Regulamento dos Parques Nacionais Brasileiros estabelece as normas que definem e caracterizam os Parques Nacionais. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1970-1979/D84017.htm>. Acesso em: 19 ago. 2008.

BRASIL. Decreto nº 97.635, de 10 de abril de 1989. Regula o artigo 27 do Código Florestal e dispõe sobre a prevenção e combate a incêndio florestal, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1980-1989/D97635.htm>. Acesso em: 19 ago. 2008.

BRASIL. Decreto nº 2.661, de 8 de Julho de 1998. Regulamenta o parágrafo único do art. 27 da Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965 (código florestal), mediante o estabelecimento de normas de precaução relativas ao emprego do fogo em práticas agropastoris e florestais, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br/CCIVIL/decreto/D2661.html>>. Acesso em: 24 jul. 2008.

BRASIL. Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965. Institui o novo Código Florestal. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L4771.htm>. Acesso em: 20 jun. 2008.

BRASIL. Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9605.htm>. Acesso em: 24 ago. 2008.

BRASIL. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza – SNUC. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9985.htm>. Acesso em: 24 ago. 2008.

CAMARGO, A. P. de; CAMARGO, M. B. P. de Uma revisão analítica da Evapotranspiração Potencial. **Bragantia**, Campinas, v. 59, n. 2, 2000.

CASTAÑEDA, A. Zonificación para el manejo de incendios en plantaciones forestales em Colombia. **Boletín de Protección Forestal**, Colômbia, n. 2, p. 38-46, abr. 1997.

CHENEY, N. P. Predicting fire behavior with fire danger tables. **Australian Forestry**, 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.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 11, de 14 de dezembro de 1988. Dispõe sobre as queimadas de manejo nas Unidades de Conservação. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=75>>. Acesso em: 16 jun. 2008.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 13, de 6 de dezembro de 1990. Dispõe sobre normas referentes às atividades desenvolvidas no entorno das Unidades de Conservação. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=110>>. Acesso em: 16 jun. 2008.

COSTA, P. C. **Unidades de Conservação**. São Paulo: Editora Aleph, 2002.

COUTINHO, A. C. **Segmentação e Classificação de Imagens LANDSAT – TM para o Mapeamento dos Usos da Terra na Região de Campinas, SP**. 1997. 147 f. Dissertação (Mestrado em Ciências)-Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo. 1997.

COUTINHO, L.M. **Cerrado**: Por Leopoldo Magno. Disponível em: <http://www.eco.ib.usp.br/cerrado/aspectos_solo.htm> Acesso em: 12 out. 2008

EITEN, G. Vegetação do Cerrado. In: PINTO, M. N. (Org.) **Cerrado**: Caracterização, ocupação e perspectivas. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1994. p. 17-73.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Glossário**. 2003. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Pinheiro-do-Parana/CultivodoPinheirodoParana/21_glossario_araucaria.htm>. Acesso em: 15 dez. 2009.

FELFILI, J. M.; REZENDE, A. V.; SILVA JÚNIOR, M. C. (Orgs.). **Biogeografia do Bioma Cerrado**: Vegetação e Solos da Chapada dos Veadeiros. Brasília: Editora da UNB. Finattec. 2007. 254 p.

FERRAZ, S. F. B.; VETTORAZZI, C. A. Mapeamento de risco de incêndios florestais por meio de Sistema de Informações Geográficas (SIG). **Scientia Forestalis**, n. 53, p. 39-48, 1998.

FERREIRA, N. J. (Coord.) **Aplicações Ambientais Brasileiras dos Satélites NOAA e TIROS-N**. São Paulo: Oficina de Textos, 2004. 271 p.

FLORENZANO, T. G. **Imagens de Satélite para Estudos Ambientais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2002. 97 p.

GOEDERT, W. J. ; WAGNER, E.; BARCELLOS, A. O. Savanas Tropicais: dimensão, histórico e perspectivas. In: FALEIRO, F. G.; FARIAS NETO, A. L. **Savanas: desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 2008. cap. 2, p. 47-77.

IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Sistema Nacional de Prevenção e Combate aos Incêndios Florestais**. 2000. Disponível em: <<http://br.geocities.com/ibamapr/prevfogo.htm>>. Acesso em: 20 nov. 2008.

IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros**. 2004. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/siucweb/mostraUc.php?seqUc=12>>. Acesso em: 25 nov. 2008.

IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Relatório de Ocorrência de Incêndios em Unidades de Conservação Federais 2006**. Brasília. 2007. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/prevfogo>>. Acesso em: 28 nov. 2008.

IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Relatório de Ocorrência de Incêndios em Unidades de Conservação Federais 2005 - 2008**. Brasília. 2009. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/prevfogo>>. Acesso em: 10 dez. 2009.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. Rio de Janeiro: IBGE (Série Manuais Técnicos em Geociências, n. 1), 1992. 92p. (ISBN 85-240-0427-4)

ICMBio. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. **Plano de Manejo do Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros** (Resumo Executivo). Brasília, 2009. 68 p.

ISSA, E. O Brasil Natural. **Revista Horizonte Geográfico** Disponível em: <[ttp://www.horizontegeografico.com.br/index.php?acao=exibirMateria&materia%5Bid_materia%5D=141](http://www.horizontegeografico.com.br/index.php?acao=exibirMateria&materia%5Bid_materia%5D=141)>. Acesso em: 20 dez. 2009.

LIU, W. T. H. **Aplicações de Sensoriamento Remoto**. Campo Grande: Editora UNIDERP, 2007. 881 p.

LOCH, C. **A interpretação de imagens aéreas: noções básicas e algumas aplicações nos campos profissionais**. 2. ed. Florianópolis: Editora da UFSC, 1989. 120 p.

MIRANDA, H. S.; SILVA, E. P. R.; MIRANDA, A. C. Comportamento do fogo em queimadas de campo sujo. In: MIRANDA, H. S.; SAITO, C. H.; DIAS, B. F. DE SOUZA (Org.). **Impactos de queimadas em áreas de Cerrados e Restinga**. Brasília: Universidade de Brasília, 1996. p. 1-10.

NASCIMENTO, I. V. **Cerrado: O fogo como agente ecológico**. 2001. Disponível em: <<http://www.altiplano.com.br/Fogo.html>>. Acesso em: 12 dez. 2008.

NASCIMENTO, M. A. L. S. O meio ambiente físico do Cerrado: revisitando a produção teórica pioneira. In: ALMEIDA (Org.) **Abordagens geográficas de Goiás: o natural e o social na contemporaneidade**. Goiânia: IESA, 2002. p. 47-89.

NEVES, B. M. C.; MIRANDA, H. S. Temperatura do solo em um campo sujo de cerrado durante uma queimada prescrita. In: SIMPÓSIO SOBRE CERRADO, 8., 1996, Brasília. **Anais do VII Simpósio sobre Cerrado: Biodiversidade e produção sustentável de alimentos e fibras nos Cerrados e proceedings do 1º International Symposium on Tropical Savannas: Biodiversity and sustainable production of food and fibers in the Tropical Savannas**. Planaltina: EMBRAPA – CPAC, 1996. p. 396-399.

NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações**. 2. ed. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda, 1998. 308 p.

OLIVEIRA, D. S.; BATISTA, A. C.; SOARES, R. V.; GRODZKI, L.; VOSGERAU, J. Zoneamento de Risco de Incêndios Florestais para o Estado do Paraná. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 34, n. 2, p.217-221, mai./ago. 2004.

OLIVEIRA, I. J. **Cartografia turística para a fruição do patrimônio natural da Chapada dos Veadeiros (GO)**. 2007. 200 f. Tese (Doutorado em Geografia)-Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

OLIVEIRA, P. E. Fenologia e biologia reprodutiva das espécies de Cerrado. In: SANO, S.M.; Almeida, S.P. **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina: EMBRAPACAPAC, 1998. cap. 4, p. 87-166.

PEREIRA JÚNIOR, A. C. **Métodos de Geoprocessamento na Avaliação da Susceptibilidade do Cerrado ao Fogo**. 2002. 98 f. Tese (Doutorado em Ciências da área de Concentração em Ecologia e Recursos Naturais) Universidade Federal de São Carlos, São Carlos. 2002.

PINTO, M. N. (Org.) **Cerrado: Caracterização, ocupação e perspectivas**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1994.

PROBIO - Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira. **Levantamento dos remanescentes da cobertura vegetal dos biomas brasileiros**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/bio>> Acesso em: 20 mai. 2009.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do Bioma Cerrado. In: SANO, S.M.; ALMEIDA, S.P. **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1998. cap. 3, p. 87-166.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. As principais fitofisionomias do Cerrado. In: SANO, S.M.; ALMEIDA, S.P.; RIBEIRO, J. F. (eds.) **Cerrado: ecologia e flora**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 2008. v.1, cap. 6, p. 151-199.

RIBEIRO, L. **A Pressão Antrópica e os Riscos de Incêndios Florestais no Município de Novo Mundo, Amazônia Mato-Grossense**. 2009. 132 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2009.

RIBEIRO, L.; KOPROSKI, L. P.; STOLLE, L.; LINGNAU, C.; SOARES, R. V.; BATISTA, A. C. Zoneamento de riscos de incêndios florestais para a Fazenda Experimental do Canguiri, Pinhais (PR). **Revista Floresta**, Curitiba, v. 38, n. 3, p. 561-572, jul./set. 2008.

RIGOLOT, E. Combustíveis. In: REGO, F. C. & BOTELHO, H. S. **A técnica do fogo controlado**. Trás-Os-Montes: Universidade de Trás-Os-Montes e Alto Douro, 1990. p. 35-38.

ROCHA, C. H. B. **Geoprocessamento: tecnologia transdisciplinar**. Juiz de Fora: Ed. do Autor, 2000. 220 p.

ROLIM, G. S.; SENTELHAS, P. C. **Balanço hídrico normal por Thorntwaite e Mather (1955)**. Piracicaba: ESALQ/USP – Departamento de Ciências Exatas: Área de Física e Meteorologia, 1999.

ROSA, R. Geotecnologias na geografia aplicada. **Revista do Departamento de Geografia**, n. 16, p. 81-90, 2005.

ROSA, R. **Introdução ao Sensoriamento Remoto**. 6. ed. Uberlândia: EDUFU, 2007. 248 p.

ROSA, R.; BRITO, J. L. S. **Introdução ao geoprocessamento: Sistema de Informações Geográficas**. Uberlândia: EDUFU, 1996. 104 p.

ROSS, J. L. S. **Geografia do Brasil**. 5. ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2005.

SAMPAIO, C. D. **Abordagem Metodológica Baseada nos Dados Multitemporais MODIS EVI/NDVI para Classificação da Cobertura Vegetal na Região no Parque nacional da Chapada dos Veadeiros/GO**. 2007. 73f. Dissertação (Mestrado em Geografia)-Instituto de Ciências Humanas, Universidade de Brasília, Brasília. 2007.

SANO, S. M.; ALMEIDA, S.P. **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1998. 556 p.

SANTOS, A. R. **ArcGIS 9.1 total: Aplicações para Dados Espaciais**. Vitória: FUNDAGRES, 2007. 226 p.

SARDINHA, A. M.; MACEDO, F. W. **Fogos Florestais**. Lisboa: Livraria Escolar, 1993.

SILVA, A. A. L. **O uso do geoprocessamento no mapeamento e identificação de Risco de Incêndios Florestais, com ênfase na região do Parque Estadual do Itacolomi, Ouro Preto/MG**. 2004. 35 f. Monografia (Curso de Especialização em Geoprocessamento)-Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2004.

SILVA, A. A. L.; MACHADO, M. M. M.; FREITAS, C. R. F. O Uso do Geoprocessamento no Mapeamento de Risco de Incêndio Florestal no Parque Estadual do Itacolomi, em Ouro Preto – MG. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA, 22., 2005, Macaé. **Anais do XXII Congresso Brasileiro de Cartografia**, Macaé: Sociedade Brasileira de Cartografia, 2005.

SILVA, C. A. **Paisagem Campo de Visibilidade e de Significação Sociocultural: Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros e Vila de São Jorge**. 2003. Dissertação. (Mestrado em Geografia)-Instituto de Estudos Sócio Ambientais, Universidade Federal de Goiás, Goiânia. 2003.

SOARES, R. V. **Incêndios Florestais** – Controle e Uso do Fogo. Curitiba: FUPEF, 1985. 213p.

SOARES, R. V.; BATISTA, A. C. **Incêndios Florestais** - Controle, Efeitos e Uso do Fogo. Curitiba: FUPEF, 2007. 250p.

SOARES, R.V.; BATISTA, A. C.; NUNES, J. R. S. **Manual de prevenção e combate a incêndios florestais**. 2. ed. Curitiba: FUPEF, 2008. 55p.

SUPERBI, D. H. A., PRUDENTE, T. D., GRACELLI JÚNIOR, G. Comparação entre Fidelidades Altimétricas da Carta Topográfica IBGE 1:100.000 e Modelos Digitais de Elevação SRTM. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA E GEOAMBIENTAL, 6., 2007, Uberlândia. **Anais do 6º Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica e Geoambiental**, Uberlândia, 2007.

THOMÉ, R. **Interoperabilidade em Geoprocessamento**: Conversão entre Modelos Conceituais de Sistemas de Informação Geográfica e Comparação com o Padrão Open Gis. 1998. 200 f. Dissertação (Mestrado em Computação Aplicada)-Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1998.

TORRES. A. O. **O Fogo controlado na prevenção de Fogos Florestais**. Lousã: Instituto Superior de Agronomia, 1979.

VAREJÃO-SILVA, M. A. **Meteorologia e Climatologia**. Versão Digital 2, Recife, 2006. 449 p. Disponível em:
<http://www.agritempo.gov.br/publish/publicacoes/livros/METEOROLOGIA_E_CLIMATOLOGIA_VD2_Mar_2006.pdf> Acesso em: 06 mai. 2009.

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

ZIMMERMANN, A. **Visitação nos Parques Nacionais Brasileiros**: Um estudo à luz das experiências do Equador e da Argentina. 2006. 259 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Sustentável)–Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília, Brasília. 2006.