



Universidade Estadual de Goiás
Unidade de Ciências Exatas e Tecnológicas
Programa de Pós-Graduação *stricto sensu* em Recursos Naturais do Cerrado

BRUNO GONÇALVES PAULINO

**ANÁLISE TEMPORAL DA OCORRÊNCIA DE INCÊNDIOS FLORESTAIS NO
PARQUE ESTADUAL DA SERRA DE CALDAS NOVAS (PESCaN), GOIÁS**

Anápolis

2015

BRUNO GONÇALVES PAULINO

**ANÁLISE TEMPORAL DA OCORRÊNCIA DE INCÊNDIOS FLORESTAIS NO
PARQUE ESTADUAL DA SERRA DE CALDAS NOVAS (PESCaN), GOIÁS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Recursos Naturais do Cerrado, da Universidade Estadual de Goiás para obtenção do título de Mestre em Recursos Naturais do Cerrado.

Orientador: Prof. Dr. Patrick Thomaz de Aquino Martins.

Anápolis

2015

Paulino, Bruno Gonçalves.

Análise Temporal da Ocorrência de Incêndios Florestais no Parque Estadual da Serra de Caldas Novas (PESCaN), Goiás/ Bruno Gonçalves Paulino. – 2015.

125 f.; figs, tabs.

Orientador: Prof. Dr. Patrick Thomaz de Aquino Martins

Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Goiás, Câmpus de Ciências Exatas e Tecnológicas, 2015.

Bibliografia.

BRUNO GONÇALVES PAULINO

ANÁLISE TEMPORAL DA OCORRÊNCIA DE INCÊNDIOS
FLORESTAIS NO PARQUE ESTADUAL DA SERRA DE
CALDAS NOVAS (PESCaN), GOIÁS

Dissertação defendida no Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Recursos
Naturais do Cerrado da Universidade Estadual de Goiás,
para a obtenção do grau de Mestre, aprovada em 28 de maio de 2015, pela
Banca Examinadora constituída pelos seguintes professores:



Prof. Dr. Patrick Thomaz de Aquino Martins
Presidente da Banca
Universidade Estadual de Goiás



Prof. Dr. Glaucilene Duarte Carvalho
Membro externo
Secretaria de Estado de Meio Ambiente, Recursos Hídricos,
Infraestrutura, Cidades e Assuntos Metropolitanos



Prof. Dr. Mirza Seabra Toschi
Membro interno
Universidade Estadual de Goiás

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por me guiar pelos melhores caminhos.

Agradeço aos meus pais Rejane Gonçalves Paulino e Marcos Antônio Paulino por todos seus esforços despendidos em minha formação como pessoa.

Agradeço ao orientador Patrick Thomaz de Aquino Martins, os membros da banca examinadora, Mirza Seabra Toschi e Glaucilene Duarte Carvalho, pelas suas considerações.

Agradeço aos colegas de mestrado, professores e funcionários da UEG.

Agradeço aos amigos de trabalho Marcelo Alves Pacheco, Caio César Neves, Juliano Ferreira Souza, Michel Miguel Filho, Rodrigo Arantes Melo, Eric Rezende Kolailat, Stephania Silva Brandão, Marcos Vinícius Alexandre da Silva, Natália Cristina Lino e especialmente ao Daniel de Salles Guerra Guzzo pela sabedoria compartilhada.

Agradeço ao amigo Gabriel Democh Goularte pela inspiração e motivação.

Agradeço a pessoa que mais me incentivou, ajudou e contribuiu para que essa dissertação fosse concluída, Juliana Estevão Porto, sem você ao meu lado nada disso teria se concretizado, obrigado por sua dedicação e parceria.

Obrigado!

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	15
2.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	19
2.1	EFEITOS DO FOGO NA FLORA.....	23
2.2	EFEITOS DO FOGO NA FAUNA.....	26
2.3	ASPECTOS RELACIONADOS A INCÊNDIOS FLORESTAIS....	31
2.3.1	Manejo adaptativo do fogo.....	36
2.4	UNIDADES DE CONSERVAÇÃO.....	38
2.5	GEOTECNOLOGIAS.....	43
2.5.1	Sensoriamento Remoto.....	43
2.5.2	Processamento Digital de Imagens.....	44
2.5.3	Sistemas de Informação Geográficas.....	47
3.	OBJETIVOS.....	49
3.1	OBJETIVO GERAL.....	49
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	49
4.	ÁREA DE ESTUDO.....	50
4.1	FATORES DE CONFLITO.....	53
5.	METODOLOGIA.....	55
5.1	AQUISIÇÃO DE IMAGENS DE SATÉLITE.....	55
5.2	PROCESSAMENTO DE IMAGENS.....	57
6.	RESULTADOS.....	64
6.1	INCÊNDIOS FLORESTAIS NO PESCaN ENTRE 1984 E 1993...	65
6.2	INCÊNDIOS FLORESTAIS NO PESCaN ENTRE 1994 E 2003...	77
6.3	INCÊNDIOS FLORESTAIS NO PESCaN ENTRE 2004 E 2014...	88
6.4	RECORRÊNCIA TOTAL DE INCÊNDIOS.....	98
6.4.1	Distribuição dos incêndios ao longo dos meses.....	101
6.4.2	Tempo decorrido do último incêndio.....	102
7.	DISCUSSÃO.....	105
8.	CONCLUSÃO.....	110
9.	RECOMENDAÇÕES FINAIS.....	112
10.	REFERÊNCIAS.....	117

RESUMO

A ausência de informações quantitativas dos incêndios ocorridos no interior do Parque Estadual da Serra de Caldas Novas (PESCaN) inviabiliza o planejamento de medidas preventivas e de manejo do fogo no interior desta Unidade de Conservação (UC). Deste modo, o objetivo deste trabalho consistiu na identificação, delimitação e quantificação de áreas queimadas no interior do Parque, a partir de um Sistema de Informações Geográficas, desenvolvido no software de geoprocessamento QGIS. A utilização de produtos do sensoriamento remoto no SIG demonstrou ser extremamente eficiente na caracterização histórica das ocorrências de incêndios no PESCaN. No período de 1984 a 2014 foram identificadas cicatrizes de incêndios em 18 anos, sendo nas imagens do mês de setembro o registro das maiores extensões de áreas queimadas. O maior incêndio ocorreu em 2008, atingindo 87,94 % da área total. O menor registro de incêndio identificado ocorreu em 2004, atingindo uma área de 222,31 hectares, correspondendo a 1,83% do PESCaN. Por meio da sobreposição dos polígonos demarcados como incêndios, observou-se que o número de ocorrências em uma mesma área variou de 1 a 14 vezes, porém, constatou-se que todas as áreas foram queimadas ao menos uma vez no intervalo avaliado. Por meio dos mapas e tabelas construídos, foi possível conhecer e constatar fatores históricos importantes, podendo, assim, subsidiar o planejamento e gestão do fogo nesta UC, além de contribuir para futuras pesquisas no PESCaN.

Palavras-Chave: Unidade de Conservação, Cerrado, Sistema de Informação Geográfica, Áreas queimadas, Manejo Integrado do Fogo.

ABSTRACT

The lack of quantitative information about the fires inside the State Park of Serra de Caldas Novas (PESCaN) prevents the development of preventive actions and fire management within this Conservation Unit (UC). Thus, the aim of this study was the identification, delimitation and quantification of burnt areas inside the Park, from a Geographic Information System, developed in the QGIS software. The used of remote sensing products in GIS proved to be extremely efficient in the historic characterization of fire occurrences in PESCaN. In the period from 1984 to 2014 fire scars were identified in eighteen years, and in September the images show the largest tracts of burned areas. The largest fire occurred in 2008, reaching approximately 87,94% of the total area. The smallest identified fire record occurred in 2004, reaching an area of 222,31 hectares, corresponding to 1,83% of PESCaN. By overlapping the marked polygons as fire, it was observed that the number of occurrences in the same area varied from 1 to 14 times, however, it was found that all areas have been burned at least once in the range analyzed. Through maps and tables built, it was possible to observe important historical factors which can, thus, support the planning and fire management in this UC, and contribute to future research in PESCaN.

Keywords: Conservation Unit, Cerrado, Geographic Information System, Burned Areas, Integrated Fire Management.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Esquema de tipos de vegetação do bioma cerrado. Fonte: Ribeiro e Walter (1998). p. 20.
- Figura 2.** Localização do Parque Estadual da Serra de Caldas Novas (PESCaN). p. 51.
- Figura 3.** Malha viária e drenagens nas proximidades do PESCaN. p. 54.
- Figura 4.** Imagem do PESCaN por uma composição R5G4B3 realizada através da ferramenta *raster*, gerando o mosaico colorido de uma cena Landsat 5 de 11 de junho de 1984. p. 58.
- Figura 5.** Imagem do PESCaN por uma composição R5G4B3 realizada através da ferramenta *raster*, gerando o mosaico colorido de uma cena Landsat 5 de 29 de julho de 1984. p. 59.
- Figura 6.** Imagem do PESCaN por uma composição R5G4B3 realizada através da ferramenta *raster*, gerando o mosaico colorido de uma cena Landsat 5 de 14 de agosto de 1984. O contorno na cor vermelho representa a demarcação manual dos polígonos. p. 60.
- Figura 7.** Ambiente QGIS, demonstrando a tabela de atributo com a definição dos campos de valores. Cada linha representa as informações de um polígono demarcado na imagem. p. 61.
- Figura 8.** Fluxo seguido no *software* de geoprocessamento QGIS 2.0.1 – Dufour para cálculo de área utilizando a calculadora de campo, demonstrando uma prévia de saída dos valores em metros. p. 62.
- Figura 9.** Fluxo seguido no *software* de geoprocessamento QGIS 2.0.1 – Dufour para converter o campo de valor da área (metros) para hectares, visualizado na prévia de saída. p. 63.
- Figura 10.** Área queimada (ha) no interior do Parque Estadual da Serra de Caldas Novas no período compreendido entre os anos de 1984 e 1993. p. 67.
- Figura 11.** Área queimada (ha) no interior do Parque Estadual da Serra de Caldas Novas no período compreendido entre os anos de 1984 e 1993 distribuídos nos meses de maio a outubro. p. 67.
- Figura 12.** Áreas Queimadas no interior do Parque Estadual da Serra de Caldas Novas-Go no ano de 1984. p. 68.
- Figura 13.** Áreas Queimadas no interior do Parque Estadual da Serra de Caldas Novas-Go no ano de 1985. p. 69.
- Figura 14.** Áreas Queimadas no interior do Parque Estadual da Serra de Caldas Novas-Go no ano de 1986. p. 70.
- Figura 15.** Áreas Queimadas no interior do Parque Estadual da Serra de Caldas Novas-Go no ano de 1987. p. 71.

Figura 16. Áreas Queimadas no interior do Parque Estadual da Serra de Caldas Novas- Go no ano de 1988. p. 72.

Figura 17. Áreas Queimadas no interior do Parque Estadual da Serra de Caldas Novas- Go no ano de 1992. p. 73.

Figura 18. Áreas Queimadas no interior do Parque Estadual da Serra de Caldas Novas- Go no ano de 1993. p. 74.

Figura 19. Mapa de queima acumulada, representando as recorrências de incêndios no Parque Estadual da Serra de Caldas Novas no período compreendido entre 1984 a 1993. p. 76.

Figura 20. Área queimada no interior do Parque Estadual da Serra de Caldas Novas no período compreendido entre os anos de 1994 e 2003. p. 79.

Figura 21. Área queimada (ha) no interior do Parque Estadual da Serra de Caldas Novas no período compreendido entre os anos de 1994 e 2003 distribuídos nos meses de maio a outubro. p. 79.

Figura 22. Áreas Queimadas no interior do Parque Estadual da Serra de Caldas Novas-Go no ano de 1994. p. 80.

Figura 23. Áreas Queimadas no interior do Parque Estadual da Serra de Caldas Novas-Go no ano de 1995. p. 81.

Figura 24. Áreas Queimadas no interior do Parque Estadual da Serra de Caldas Novas-Go no ano de 1998. p. 82.

Figura 25. Áreas Queimadas no interior do Parque Estadual da Serra de Caldas Novas-Go no ano de 1999. p. 83.

Figura 26. Áreas Queimadas no interior do Parque Estadual da Serra de Caldas Novas-Go no ano de 2001. p. 84.

Figura 27. Áreas Queimadas no interior do Parque Estadual da Serra de Caldas Novas-Go no ano de 2002. p. 85.

Figura 28. Mapa de queima acumulada, representando as recorrências de incêndios no Parque Estadual da Serra de Caldas Novas no período compreendido entre 1994 a 2003. p. 87.

Figura 29. Área queimada (ha) no interior do Parque Estadual da Serra de Caldas Novas no período compreendido entre os anos de 2004 e 2014 distribuídos nos meses de maio a outubro. p. 90.

Figura 30. Área queimada no interior do Parque Estadual da Serra de Caldas Novas entre 2004 e 2014. p. 90.

Figura 31. Áreas Queimadas no interior do Parque Estadual da Serra de Caldas Novas-Go no ano de 2004. p. 91.

Figura 32. Áreas Queimadas no interior do Parque Estadual da Serra de Caldas Novas-Go no ano de 2006. p. 92.

Figura 33. Áreas Queimadas no interior do Parque Estadual da Serra de Caldas Novas-Go no ano de 2008. p. 93.

Figura 34. Áreas Queimadas no interior do Parque Estadual da Serra de Caldas Novas-Go no ano de 2010. p. 94.

Figura 35. Áreas Queimadas no interior do Parque Estadual da Serra de Caldas Novas-Go no ano de em 2011. p. 95.

Figura 36. Mapa de queima acumulada, representando as recorrências de incêndios no Parque Estadual da Serra de Caldas Novas no período compreendido entre 2004 a 2014. p. 97.

Figura 37. Mapa de queima acumulada, representando as recorrências de incêndios no Parque Estadual da Serra de Caldas Novas entre 1984 a 2014. p. 100.

Figura 38. Distribuição de áreas queimadas mensalmente avaliadas no período compreendido entre os anos de 1984 a 2014 no Parque Estadual da Serra de Caldas Novas. p. 102.

Figura 39. Mapa de tempo decorrido do ultimo incêndio nas áreas do Parque Estadual da Serra de Caldas Novas, no período compreendido entre os anos de 1984 e 2014. p. 104.

Figura 40. Proposta para confecção de aceiros no topo da serra, particionando em polígonos menores a área do parque. Demarcação de pontos de observação para monitoramento e uma sugestão de alocação de reservatórios para armazenamento da água da chuva. p. 114.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Inventário de espécies realizado no Parque Estadual da Serra de Caldas Novas em parcelas atingidas por incêndios florestais nos anos de 2002 e 2006. Corrobora o estudo de Sato (2003) quando observado a redução no número de indivíduos dessas espécies comuns aos dois trabalhos. p. 26.

Tabela 2. Tipo, categoria, quantidade, área e porcentagem de unidades de conservação mantidas no Cerrado. Fonte: CNUC/MMA (2015). p. 41.

Tabela 3. Satélites, sensores, localização e resolução espacial das imagens de satélite utilizadas para avaliar a ocorrência de incêndios entre os anos de 1984 e 2014 no Parque Estadual da Serra de Caldas Novas. p. 56.

Tabela 4. Relação de imagens Landsat 5 e 7 obtidas na página da USGS e utilizadas para delimitar as cicatrizes de incêndios no Parque Estadual da Serra de Caldas Novas. p. 64.

Tabela 5. Área queimada (ha) no interior do Parque Estadual da Serra de Caldas Novas no período compreendido entre os anos de 1984 e 1993. p. 66.

Tabela 6. Área queimada (ha) no interior do Parque Estadual da Serra de Caldas Novas no período compreendido entre os anos de 1984 e 1993 distribuídos nos meses de maio a outubro. p. 66.

Tabela 7. Polígonos, áreas e percentuais do Parque Estadual da Serra de Caldas Novas afetados pelas diferentes recorrências de incêndios no período compreendido entre os anos de 1984 e 1993. p. 75.

Tabela 8. Área queimada (ha) no interior do Parque Estadual da Serra de Caldas Novas no período compreendido entre os anos de 1994 e 2003. p. 77.

Tabela 9. Área queimada (ha) no interior do Parque Estadual da Serra de Caldas Novas no período compreendido entre os anos de 1994 e 2003 distribuídos nos meses de maio a outubro. p. 78.

Tabela 10. Polígonos, áreas e percentuais do Parque Estadual da Serra de Caldas Novas afetados pelas diferentes recorrências de incêndios no período compreendido entre os anos de 1994 e 2003. p. 86.

Tabela 11. Área queimada (ha) no interior do Parque Estadual da Serra de Caldas Novas no período compreendido entre os anos de 2004 e 2014. p. 89.

Tabela 12. Área queimada (ha) no interior do Parque Estadual da Serra de Caldas Novas no período compreendido entre os anos de 2004 e 2014 distribuídos nos meses de maio a outubro. p. 89.

Tabela 13. Polígonos, áreas e percentuais do Parque Estadual da Serra de Caldas Novas afetados pelas diferentes recorrências de incêndios no período compreendido entre os anos de 2004 e 2014. p. 96.

Tabela 14. Área queimada (ha) no interior do Parque Estadual da Serra de Caldas Novas no período compreendido entre os anos de 1984 e 2014. p. 99.

Tabela 15. Polígonos, áreas e percentuais do Parque Estadual da Serra de Caldas Novas afetados pelas diferentes recorrências de incêndios no período compreendido entre os anos de 1984 e 2014. p. 101.

Tabela 16. Percentual de identificação de incêndios ao longo dos meses avaliados no período compreendido entre os anos de 1984 e 2014 no Parque Estadual da Serra de Caldas Novas. p. 102.

Tabela 17. Tempo decorrido do último incêndio nas áreas do Parque Estadual da Serra de Caldas Novas, no período compreendido entre os anos de 1984 e 2014. p. 103.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Definição do tipo de combustível em função de seu diâmetro, e tempo de retardo para que as partículas entrem em equilíbrio higroscópico com o ambiente.

Fonte: Adaptado de ICMBio(2010). p. 33.

Quadro 2. Unidades de Conservação previstas no SNUC e suas características. Fonte: Adaptado de Brasil (2000). p. 39.

LISTA DE ABREVIATURAS

APA – Área de Proteção Ambiental

ARIE – Área de Relevante Interesse Ecológico

Art. – Artigo

B – *Blue*

Ca – Cálcio

CBM-GO – Corpo de Bombeiros Militar de Goiás

CNUC – Cadastro Nacional de Unidades de Conservação

CONACIF – Comissão de Prevenção e Combate aos Incêndios Florestais

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

ESEC – Estação Ecológica

FLOE – Floresta Estadual

FLONA – Floresta Nacional

G – *Green*

GO – Goiás

GPL – Licença Pública Geral

GPS – Sistema de Posicionamento Global

ha – Hectares

Hz – Hertz

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

IBDF – Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ICMBio – Instituto Chico Mendes da Conservação da Biodiversidade

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

IV – Infravermelho

K – Potássio

km – Quilômetros

km² – Quilômetros quadrados

mm – Milímetros

m – Metros

m² – Metros quadrados

MIF – Manejo Integrado do Fogo

Mg – Magnésio

MG – Minas Gerais

MMA – Ministério do Meio Ambiente

MN – Monumento Natural

p. – Página

PE – Parque Estadual

PN – Parque Nacional

PNE – Parque Nacional das Emas

RESEX – Reserva Extrativista

SEUC – Sistema Estadual de Unidades de Conservação

SNUC – Sistema Nacional de Unidades de Conservação

UC – Unidade de Conservação

1. INTRODUÇÃO

Durante o final do período Terciário, a biogeografia das paisagens mundial foi alterada devido à ação do fogo, impactando conseqüentemente as funções ecossistêmicas (PAUSAS e KEELEY, 2009; FIDELIS e PIVELLO, 2011). O fogo influenciou no caráter evolutivo de diferentes espécies vegetais (BOND e MIDGLEY, 1995; SCHWILK e ACKERLY, 2001; SILVA et al., 2011), propiciando ampla distribuição de savanas pelo território global (BOND et al., 2005; SILVA et al., 2011).

Conforme análises realizadas em pólen e carvão, com intuito de datar a presença do fogo nos cerrados, foi constatado que o fogo já ocorria antes mesmo da chegada do homem na América do Sul, há pelo menos 32.000 anos (GUIDON e DELIBRIAS, 1986; SALGADO-LABOURIAU e FERRAZ-VICENTINI, 1994; COOKE, 1998; SALGADO-LABOURIAU et al., 1998; LEDRU, 2002; FIDELIS e PIVELLO, 2011).

Porém, uma maior constatação de evidências da ocorrência de queimadas no Cerrado foi datada do início do período Holoceno, há cerca de 11.500 anos (BEHLING, 1995; BEHLING e PILLAR, 2007; FIDELIS e PIVELLO, 2011), sendo que há, pelo menos, 10.000 anos, devido a práticas indígenas de caça e manejo de vegetação, aumentou a ocorrência do fogo no Cerrado (MIRANDA et al., 2002; SILVA et al., 2011).

Os incêndios florestais são um fator de perturbação às Unidades de Conservação (UC) e que geralmente determinam a estrutura e a composição da vegetação. As UC são criadas com intuito de preservar os remanescentes florestais e proteger a fauna, na forma de conservação *in situ* da biodiversidade em diferentes ecossistemas.

A ocorrência de grandes incêndios florestais em UC no Brasil pode ser considerada uma grave ameaça para a conservação da biodiversidade e manutenção de processos ecológicos (MEDEIROS e FIEDLER, 2003). Assim, o conhecimento do regime de fogo, por meio da análise do padrão de intensidade, frequência e sazonalidade deste elemento em uma área, pode fornecer subsídios para a redução dos índices de incêndios florestais (AGEE, 1993).

Em estudo relacionado ao regime de queimadas no Parque Nacional (PARNA) da Chapada Diamantina (PNCD), Gonçalves et al. (2011) observaram que 59,41% das áreas foram atingidas por até quatro incêndios florestais no período abrangido de 25 anos e apenas 1,01% da área por cinco a nove incêndios. Este parque apresenta regime de queimadas

heterogêneo, com extensas áreas sem registros de focos de incêndios, enquanto outras áreas apresentam recorrência de até nove vezes. Em 2008, após três a quatro anos sem queimar, o PNCD teve 41,93% de sua área afetada por incêndios. As variações nos diferentes regimes de queima das áreas do PNCD têm implicações para o manejo do fogo, tomando-se medidas de controle e visando à eficiência.

O Parque Nacional das Emas (PNE), UC de domínio federal localizada na região Sudoeste do estado de Goiás (GO), possui em seu histórico a frequente recorrência de incêndios e, por diversas vezes, foi impactada com incêndios florestais de grande escala. No ano de 1985, 80% de sua área total foi queimada em um único incêndio. Posteriormente, em 1988, a Unidade foi afetada por dois eventos de queima, totalizando 74% do Parque. Já em 1994, durante os meses de agosto e setembro, um incêndio de grande proporção queimou 93% da área do Parque (FRANÇA et al., 2007).

A caracterização de um regime de queima é fundada na análise temporal. O conjunto de características históricas, frequência, intensidade, tamanho e época de ocorrência definem esse regime. Quanto maior a série temporal, melhor se consegue identificar variações periódicas ou alterações no regime de queima. Porém, quanto mais antiga as evidências utilizadas na determinação desse regime, a tendência é a redução na qualidade da informação (FRANÇA et al., 2007).

Discute-se que os regimes de queima ocorridos no passado podem ser considerados naturais, mas questionam-se os atuais, se são necessariamente antropogênicos (WHELAN, 1995). Segundo Muntch (1980), não é ideal a utilização de históricos de queima muito longos na determinação de regimes de queima e Sprugel (1991) considera que a busca do regime natural de queima geralmente traz resultados questionáveis.

A frequente ocorrência de incêndios no Cerrado tem sido atribuída principalmente a causas antrópicas. Isto se deve à falta de dados científicos para explicar as causas de origem natural (COUTINHO, 1990). Schüle (1990) ressalta que a frequência de fogo natural está condicionada a características climáticas de sazonalidade, tempestades de raios e acúmulo de biomassa. Este acúmulo produzido durante o período úmido tende a aumentar a recorrência de incêndios quando o período seco é suficientemente longo.

Segundo Pivello e Coutinho (1992), na maioria das áreas protegidas, mesmo existindo controle da ocorrência de fogo, as queimadas de origem antrópica são muito mais frequentes que as naturais e geralmente se iniciam em áreas limítrofes.

Em 1996 e 1997 foram obtidos registros *in loco* de queimadas naturais provocadas por raios no Cerrado (RAMOS NETO, 1997). No PNE, as queimadas naturais são comuns e

ocorrem aleatoriamente, resultando em áreas com diferentes quantidades de biomassa e fases fenológicas (FRANÇA et al., 2007). Segundo Ramos Neto (1997), as áreas recém queimadas agem como barreira natural para queimadas vizinhas, pois essas não atingem quantidade suficiente de biomassa para propagar o fogo.

Segundo França et al. (2007), no histórico de ocorrência de incêndios no PNE, existem registros de grandes incêndios queimando quase toda sua totalidade, isso provocava homogeneidade na vegetação e no acúmulo de biomassa. A partir de 1984 foram adotadas medidas de proteção e manejo das áreas do PNE, onde mais de 348 km de aceiros foram construídos, dividindo o parque em vinte quadrantes. Além disso, a utilização do fogo na queima controlada para manejo de áreas possibilitou a criação de mosaicos na vegetação, promovendo características heterogêneas. Esses mosaicos são ampliados naturalmente devido à ocorrência frequente de incêndios naturais causados por raios.

No estado de Goiás, os incêndios florestais não são exclusividade dos Parques Nacionais. Nas UC estaduais, os incêndios também são frequentes. Assim como no PNE, o Parque Estadual da Serra de Caldas Novas (PESCaN) possui histórico com ocorrências de incêndios de grande proporção com extensas áreas queimadas.

O Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) e o Instituto Chico Mendes da Conservação da Biodiversidade (ICMBio) são os principais órgãos federais ligados à preservação e conservação do meio ambiente. Em relação a incêndios florestais, esses órgãos utilizam de tecnologias de sensoriamento remoto, principalmente na detecção de focos de calor por satélite.

O uso de ferramentas de sensoriamento remoto aplicadas no processamento de dados vem sendo utilizado para obter informações diferenciadas sobre a superfície terrestre. São utilizados satélites orbitais, aeronaves, sensores, equipamentos para processamento e transmissão de dados, dentre outros, com objetivo de captar, analisar e transmitir a interação eletromagnética com as diferentes substâncias presentes na terra, solo, ar, água etc. Existem diferentes satélites orbitando a terra, equipados com sensores de luz e calor de distintas resoluções espaciais e temporais, realizando, aproximadamente, 16 leituras por dia de possíveis focos de incêndio (ICMBio, 2010).

Uma das utilizações dessa tecnologia aplicada à análise ambiental é a identificação e quantificação de áreas queimadas na vegetação. Realizada por meio de imagens, esta é uma ferramenta aparentemente de baixo custo que possui precisão nas informações, fornece periodicidade, reduz o desgaste em trabalhos de campo devido a locais extensos e de difícil acesso, além da rapidez com que as informações são produzidas.

Quanto mais rápida a detecção de um incêndio florestal mais rápido poderá se iniciar o combate, evitando que o incêndio aumente de forma descontrolada, além de implicar na redução da área atingida, menores gastos com ações de combate e menor esforço despendido pelos combatentes ou brigadistas (ICMBio, 2010).

Considerando o contexto de UC, que geralmente são áreas extensas, com limitações nos acessos e vias, além de irregularidades no relevo e presença de vegetação por vezes fechada e inacessível, o sensoriamento remoto torna-se uma ferramenta eficiente e recomendada para gerar e processar dados.

Em estudo realizado por Roza e Ribeiro (2013), no Parque Estadual de Vila Velha-PR, os autores identificaram e localizaram focos de calor e, por meio da utilização do processamento digital de imagens de sensoriamento remoto, foi possível estimar áreas queimadas.

Trabalhos envolvendo o tema incêndios florestais e sensoriamento remoto utilizam diferentes metodologias para gerar um produto final, apresentando variações nos satélites, sensores, bandas espectrais, índices, etc. Segundo Roza e Ribeiro (2013), a análise das bandas espectrais por meio da intensidade dos níveis digitais em imagens Landsat TM 5 é importante para identificar bandas mais adequadas para a localização de focos de incêndios e concluíram que a banda do infravermelho próximo (0,76-0,90 μm) é mais recomendada para estimar áreas queimadas com baixa intensidade de nível digital.

Entretanto, Trindade et al. (2013) utilizaram classificação supervisionada e índices multiespectrais para o tratamento das imagens. Suas conclusões foram que os índices e o método de classificação são válidos para identificar e quantificar áreas queimadas, tendo a classificação supervisionada MAXVER (Máxima Verossimilhança) o melhor resultado.

Com o entendimento dos efeitos causados por distúrbios ambientais e dos fundamentos ecológicos para a conservação, vários países ao longo dos anos vêm alterando suas políticas para o manejo do fogo em áreas protegidas (MEDEIROS e FIEDLER, 2011). No Brasil, a visão pragmática de que o fogo deve ser excluído dessas áreas está sendo discutida, e, aos poucos, o uso do fogo controlado torna-se uma alternativa e ferramenta para manejo de UC, carecendo ainda de respaldo legal e científico para os gestores e técnicos, além de políticas atuais.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Bioma pode ser definido como um grande biossistema regional ou subcontinental, caracterizado por um tipo principal de vegetação ou outro aspecto identificador de paisagem. O bioma Cerrado caracteriza-se por possuir um complexo vegetacional de relações ecológicas e fisionômicas semelhantes a outras savanas do mundo. Países do Sudeste Asiático, Austrália e África possuem, dentro de seu contexto, diferentes formas e tipos vegetacionais que se assemelham às nossas condições ambientais. Deste modo, pode-se presumir que essas formas e tipos não são exclusividades do nosso continente (RIBEIRO e WALTER, 1998, 2008; WALTER e RIBEIRO, 2010).

O termo Cerrado inclui todas as formações vegetais nele encontradas, as arbóreas, com predominância de espécies formando dossel, as savânicas, com árvores espalhadas sob o estrato gramíneo sem a formação de dossel, e os campos, com predominância de plantas herbáceas. Essas formações e suas respectivas fitofisionomias compõem, paisagisticamente, um conjunto de fatores ambientais resultantes de eventos históricos e atuais (WALTER e RIBEIRO, 2010).

Walter e Ribeiro (2010) consideram o Cerrado *lato sensu* a parte mais característica e originalmente de maior ocupação na área fitofisionômica que compõe o bioma. Para Coutinho (1978), o Cerrado *lato sensu* reúne cinco fitofisionomias, desde Cerradão até Campo limpo, conceito que continua sendo o mais difundido. Porém, para Goodland (1971) seriam apenas quatro fitofisionomias, Campo Limpo, Campo Sujo, Cerrado *stricto sensu* e Cerradão.

Ribeiro e Walter (2008) afirmam que o conceito de Cerrado está sendo utilizado para designar tanto os tipos de vegetação como para definir as formas de vegetação. Estes autores, baseados em Eiten (1972), explicam que o tipo de vegetação compreende aspectos ambientais, florísticos e fisionômicos, enquanto a forma da vegetação é caracterizada apenas pelo aspecto fisionômico.

Dessa forma, Ribeiro e Walter (1998, 2008) desenvolveram e aprimoraram um sistema de classificação hierárquico para a vegetação de cerrado (Figura 1). Ele se estrutura conforme as formações, tipos e subtipos de vegetação. São descritos onze tipos principais para o bioma Cerrado, classificadas quanto às formações florestais (Mata Ciliar, Mata de Galeria, Mata Seca e Cerradão), savânicas (Cerrado *stricto sensu*, Parque de Cerrado, Palmeiral e Vereda) e campestres (Campo Sujo, Campo Limpo e Campo Rupestre).

Sano et al. (1998) caracterizam as fisionomias de Campo Limpo por formações compostas de vegetação herbácea sub-arbustiva; o Campo Sujo por vegetação arbustiva e arbórea com predominância de herbáceas; o Campo Cerrado apresentando adensamento de espécies lenhosas; o Cerrado *stricto sensu* representando o estágio fitofisionômico savânico e o Cerradão com forma florestal e dossel, inexistindo o estrato herbáceo subarbustivo. Os autores, em suas análises, constataram que a porcentagem de cobertura da copa das árvores tem amplitude de 0 a 100% de sombreamento em relação à incidência de luz no solo. Esses extremos na incidência podem ser identificados na vegetação campestre característica do Parque Nacional das Emas, as áreas com sombreamento podem ser citadas as densas matas de galeria do PESCaN, promovendo reduzida incidência de luz nos estratos inferiores.

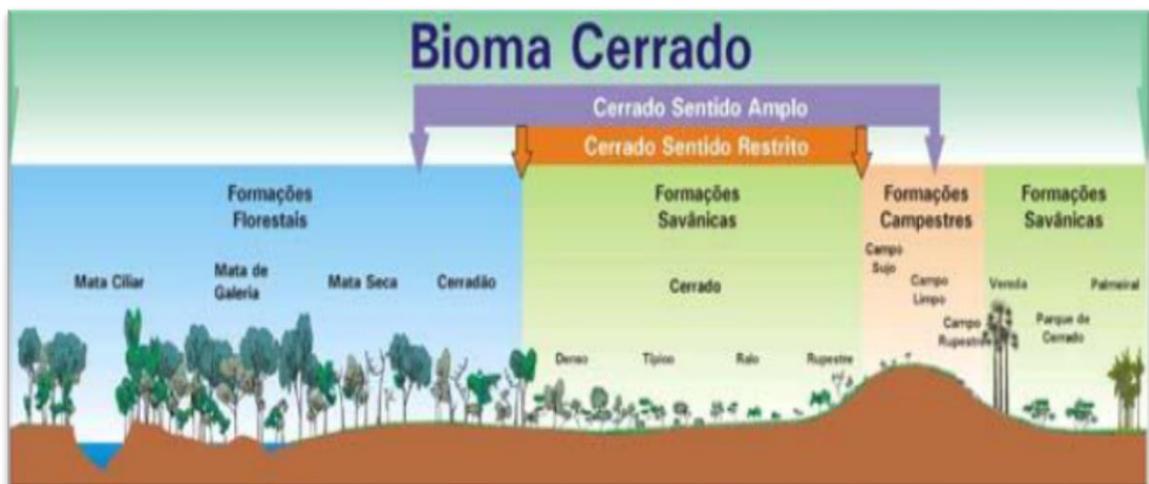


Figura 1. Esquema de tipos de vegetação do bioma cerrado.

Fonte: Ribeiro e Walter, 1998.

Quanto à origem do Cerrado, Ferreira et al. (2003) e Neto (2014), baseados em literatura, expõem que há cerca de 15.000 anos, entre o Pleistoceno e o Holoceno, o clima da terra sofreu grandes oscilações. Essas oscilações provocavam períodos mais quentes (interglaciações) e as florestas úmidas na América do Sul se expandiram por se adaptarem bem a essas condições climáticas. Porém, durante os longos períodos mais frios e secos (glaciações), essas florestas se retraíram, deixando para trás alguns remanescentes de florestas úmidas. Isso possibilitou a expansão de florestas secas, campos e o que hoje conhecemos como o Cerrado.

Vários são os fatores responsáveis pela conformidade atual da vegetação no bioma Cerrado. Diversos autores elencam o clima e sua sazonalidade, o solo e seus aspectos

físicos, químicos e de fertilidade, a hidrologia na disponibilidade de água e profundidade do lençol freático, geomorfologia, topografia, latitude, frequência de incêndios, pastejo e diversos outros fatores antrópicos. Cada autor imputa o peso teórico da influência desses fatores, porém, é tido que o clima, os solos e o fogo têm maior destaque (WALTER e RIBEIRO, 2010).

Clements e Shelford (1939) afirmam que o principal fator que regula e une o complexo vegetacional do Cerrado é o clima. Mas, em outra visão mais crítica, a distribuição do bioma estaria condicionada pelo fator precipitação sazonal, fertilidade e drenagem do solo, regime de fogo e flutuações climáticas do Quaternário. Fatores considerados essenciais para ocorrência das savanas no mundo (FURLEY e RATTER, 1988; OLIVEIRA-FILHO e RATTER, 2000).

O clima do Cerrado é bastante característico e possui duas estações bem definidas. Essa sazonalidade propicia a ocorrência de invernos secos e verões chuvosos (NIMER, 1989). A precipitação média anual é de aproximadamente 1.500 mm e as chuvas são distribuídas ao longo de cinco a seis meses (KLINK e MACHADO, 2005). Esse fator provocou, ao longo do tempo geológico, intemperizações no solo, deixando-os pobres em nutrientes essenciais (WALTER, 2006).

Quanto aos solos, existe uma variedade de classes e solos que sustentam as diferentes paisagens do Cerrado (REATTO e MARTINS, 2005). No geral, apresentam, em sua maioria, acidez elevada, com baixa capacidade de troca catiônica e alto nível de saturação por alumínio. Isso afeta os sistemas radiculares e inibe a absorção de cálcio e fósforo (FURLEY e RATTER, 1988).

Suas principais características são de solos profundos e bem drenados, com uma baixa soma de bases trocáveis (K, Ca e Mg) (BATMANIAN e HARIDASAN, 1985). As principais fisionomias que ocupam esses solos são as de cerrado *stricto sensu* e cerradão (REATTO e MARTINS, 2005). Os outros tipos de solos presentes no Cerrado são, principalmente, Neossolos (23,2%), Argissolos (11,9%), Plintossolos (10,2%) e Cambissolos (9,3%) (NETO, 2014).

O relevo, segundo Ab'Sáber (2003), é formado principalmente por maciços planaltos de estrutura complexa, dotados de superfícies aplainadas de cimeira, além de um conjunto significativo de planaltos sedimentares compartimentados, situados em níveis de altitudes que variam de 300 m a 1700m.

Considerado um dos biomas com maior biodiversidade do mundo, o Cerrado *lato sensu* tem alta representatividade em espécies da fauna e flora. Sua abrangência envolve cerca

de dois milhões de km², precisamente 2.038.953 de km², segundo o IBGE (2010). Sua distribuição não ultrapassa 22% do território nacional, com predominância de ocorrência na região centro-oeste. Porém, há registro de sua ocorrência em doze estados brasileiros: Paraná, São Paulo, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, Goiás, Mato Grosso, Tocantins, Rondônia, Maranhão, Piauí, Bahia e o Distrito Federal (IBGE, 2010). E, dependendo da fonte, podem também ser nele incluídas áreas remanescentes nos estados do Pará, Roraima e Amapá (EITEN, 1994).

Segundo Dias (1992), a distribuição das fisionomias vegetacionais de campo, cerrado *stricto sensu* e cerradão ocupam respectivamente 12, 53 e 8% da área total do Cerrado. Já as de campo úmido, veredas, mata de galeria, entre outras, representam os 27% restantes. Áreas com elevado endemismo, porém com alto nível de degradação (MYERS et al., 2000).

Considerado um *hotspot* para a conservação da biodiversidade mundial, devido sua elevada biodiversidade endêmica e acelerada perda de habitat (MYERS et al., 2000), apenas 2,85% de sua área é mantida em UC de proteção integral, totalizando 8,21% legalmente mantido em espaços protegidos por UC (MMA, 2011).

Algumas UC são criadas especificamente com objetivo de preservar fisionomias, que, em vários locais, conservam características e endemismos específicos. Por exemplo, o Parque Nacional das Emas (PNE), que mantém grande parte de sua área em formações campestres, o Parque Estadual (PE) da Serra Dourada - GO, preservando vegetação rupestre e arnicais, o PESCaN mantendo principalmente o cerrado *stricto sensu*, e o PE de Terra Ronca - GO, com grande representatividade de veredas e campos úmidos, além de possuir em sua área um dos maiores complexos de cavernas no estado.

A vegetação do Cerrado tem em sua história a ocorrência de incêndios frequentes e severos ocorrendo por vários anos. Mesmo assim, a vegetação não foi destruída (WALTER e RIBEIRO, 2010). Há registros de fogo no Cerrado datados do final do Pleistoceno, cerca de 32.000 anos antes do presente (FERRAZ-VICENTINI e SALGADO-LABOURIAU, 1996; BARBIERI, 1998; MIRANDA et al., 2002; MIRANDA e SATO, 2005; WALTER e RIBEIRO, 2010). Registros históricos de ocorrência de incêndios também são comuns em outras savanas do mundo (LACEY et al., 1982; GILLON, 1983; WALTER e RIBEIRO, 2010).

Algumas savanas do norte da América do Sul parecem ser relíquias do Pleistoceno mantidas pelo fogo. O mesmo se aplica para justificar a presença de savanas na América Central, no oeste da África, na Indochina e em Bornéu (COLLINSON, 1988; WALTER e RIBEIRO, 2010).

Semelhante a países como a África do Sul e Austrália, que já desenvolvem o manejo do fogo em sua vegetação, alguns autores brasileiros defendem o uso do fogo como fator de manejo em nosso Cerrado sentido amplo (WALTER e RIBEIRO, 2010).

Coutinho (1992) considera utopia a proteção total contra o fogo e cita que os países onde a cultura ecológica é mais científica que emocional, o fogo já é empregado como ferramenta de manutenção das savanas.

Os impactos do fogo na vegetação se devem a vários fatores, como a época de ocorrência (no final do período seco os impactos são mais danosos), horário de ocorrência (em períodos mais úmidos o fogo tem menor intensidade) e a força e direção do vento, devido aos efeitos de convecção e radiação (COLLINSON, 1988; WALTER e RIBEIRO, 2010).

Klink e Solbrig (1996) afirmaram que poucos estudos mostram a dinâmica de perda de espécies. Fiedler et al. (2004) indicam enriquecimento de trechos de Cerrado *stricto sensu* após fogo.

Coutinho (1980) afirma que dos efeitos piromorfofogenéticos, a resposta floral é o que mais lhe impressiona, algumas espécies têm rápida resposta, florescendo poucos dias após a passagem do fogo.

Outro benefício direto da passagem do fogo é a rápida mineralização do detrito acumulado, podendo, por vezes, substituir os agentes decompositores (WALTER, 1986), ou acelerar a remineralização da biomassa e transferir os nutrientes nela existentes sob o solo em forma de cinzas (COUTINHO, 1992).

2.1 EFEITOS DO FOGO NA FLORA

O Cerrado, de modo geral, apresenta características e adaptações de ordem morfológica e fisiológica para sua proteção contra o fogo. Quanto à morfologia, algumas espécies apresentam casca espessa, proteção de gemas e órgãos subterrâneos para armazenamento de energia. Quanto à fisiologia, ocorre a translocação de nutrientes para tecidos subterrâneos no início da seca, indução de rebrotas e quebra de dormência (COUTINHO, 1990; SATO et al., 2010). Essas adaptações estão relacionadas a um regime de queimadas naturais, causadas principalmente por raios, geralmente ocorrendo no período chuvoso e na transição do período seco para chuvoso, porém com frequência de ocorrência não definida.

A presença de casca espessa nas espécies do Cerrado fornece proteção térmica durante a passagem do fogo, pois observa-se que espécies de pequeno porte que ainda não

desenvolveram casca suficiente para suportar eventos de queima são as mais afetadas, apresentando alto índice de mortalidade (SATO et al., 2010).

Nepstad et al. (1999) afirmam que os impactos do fogo na vegetação da floresta Amazônica causam mudanças na biomassa e no estoque de nutrientes, alterações do ciclo hídrico, redução do número de espécies vegetais e animais, contribuição na emissão de gases de efeito estufa e aumento da inflamabilidade das paisagens. Já Coutinho (1992) afirma que uma queimada no Cerrado não provoca os mesmos danos em uma vegetação de floresta tropical úmida.

Medeiros e Miranda (2005), em seus estudos sobre a dinâmica do fogo em uma área de Campo Sujo sem ocorrência de fogo por 23 anos, relatam que quando aplicada a queimada no mês de agosto, constatou-se a morte de 22,5% dos indivíduos lenhosos com diâmetro maior ou igual a 2,0 cm, a 30 cm do solo. Desses indivíduos mortos, 94% apresentavam diâmetro menor que 5 cm e aproximadamente 98% apresentavam altura inferior a 2 m. Porém, quando considerados os indivíduos com diâmetro maior que 5 cm, a taxa de mortalidade reduz para 5%, sugerindo maior probabilidade de sobrevivência a eventos de queima. Rocha-Silva (1999) obteve resultados aproximados quando analisou outra vegetação de Campo Sujo em duas áreas sem ocorrência de fogo por 17 e 18 anos. O autor observou na primeira área uma taxa de mortalidade de 9,7% dos indivíduos com diâmetro maior ou igual a 5 cm e a 30 cm do solo, enquanto na área seguinte a taxa de mortalidade foi de 5,2%, sendo ambas as queimadas realizadas no mês de agosto.

Quando estudada a ocorrência do fogo durante o período seco, os efeitos na mortalidade de indivíduos de espécies lenhosas de Cerrado *stricto sensu*, com diâmetro maior que 5 cm a 30 cm do solo em uma área protegida do fogo por 18 anos, os resultados demonstraram não haver diferença significativa na taxa de mortalidade. Após queimada aplicada em junho, a taxa de mortalidade foi de 10,5%, em agosto 12,1% e 12,8% após a de setembro. Isso indica que em uma área protegida do fogo por vários anos a queima em diferentes meses durante a estação seca parece não alterar a mortalidade de indivíduos estabelecidos (SATO, 2003).

Os indivíduos sobreviventes à passagem do fogo e que sofreram danos moderados ficam com a sobrevivência comprometida, podendo provocar alterações na estrutura e composição das espécies no sistema, caso novos eventos de queima ocorram em intervalos curtos de tempo. Sato et al. (2010) relatam que a ocorrência de queimadas sucessivas, ocorrendo no mês de agosto, independente da frequência (anual, bienal ou quadrienal), podem

danificar severamente a vegetação de campo sujo, provavelmente devido ao pequeno porte dos indivíduos.

Sato (2003), em estudo realizado para avaliar o efeito das queimadas bienais aplicadas no período de 10 anos durante os meses de junho, agosto e setembro, em vegetação de Cerrado *stricto sensu*, obteve variação nos valores mensais de mortalidade a partir da segunda queimada. Porém, ao final dos 10 anos, depois de aplicadas cinco queimadas, os valores acumulados de cada mês foram similares para as parcelas independente da época de queima. Para o mês de Junho obteve-se 38,7% de mortalidade, agosto 45% e setembro 43,7%. Em outro estudo, compreendendo vegetação de Cerrado denso, quando submetida a cinco queimadas bienais durante os meses de junho, agosto e setembro, os resultados obtidos foram 32% de mortalidade no mês de junho, 34% em agosto e 41% em setembro.

Eventos sucessivos de queima resultam na redução progressiva da diversidade, simplificando a estrutura vegetacional. Comparando a composição florística em áreas queimadas e não queimadas na região de São Paulo, Durigan et al. (1994), registraram a quantia de 101 a 125 espécies lenhosas em áreas não queimadas, já nas áreas frequentemente queimadas o número reduziu para 44. Eiten e Sambuichi (1996) corroboram o observado por Durigan et al. (1994). Na vegetação de Cerrado *stricto sensu* localizada em Brasília, ao comparar a riqueza de espécies entre duas áreas, a protegida do fogo obteve 41 espécies a mais em comparação com a frequentemente queimada, apresentando redução de 38% no número de espécies do estrato arbóreo-arbustivo. Porém, Fiedler et al. (2004) não obtiveram o mesmo padrão, um inventário florestal foi realizado logo após a queimada e, decorridos três anos, foi constatado o incremento de 13 novas espécies do Cerrado nessa área.

Em parcelas de Cerrado *stricto sensu* submetidas a cinco queimadas bienais em diferentes épocas do período seco (junho, agosto e setembro), ao final dos 10 anos, foi constatado através do inventário florestal inicial e pós-queimadas, a perda no número de indivíduos de algumas espécies, o que sugere que essas não são tolerantes ao fogo frequente (SATO, 2003). Em estudo realizado por Lopes et al. (2009) no PESCaN, foram avaliados parâmetros fitossociológicos em duas parcelas na vegetação predominante de Cerrado *stricto sensu*, uma queimada em 2002 com reincidência em 2006 e outra não afetada por esses eventos. Os resultados obtidos por Lopes et al. (2009) foram comparados aos do inventário de Sato (2003) e observou-se que quando analisado as espécies comuns aos dois estudos, a tendência na redução do quantitativo de indivíduos manteve o observado por Sato (2003), apenas uma espécie apresentou aumento no número de indivíduos na parcela queimada (Tabela 1).

Tabela 1. Inventário de espécies realizado no Parque Estadual da Serra de Caldas Novas em parcelas atingidas por incêndios florestais nos anos de 2002 e 2006. Corrobora o estudo de Sato (2003) quando observado a redução no número de indivíduos dessas espécies comuns aos dois trabalhos.

Espécie	Nº de indivíduos na área	
	não queimada	queimada
<i>Eremanthus glomerulatus</i>	53	33
<i>Erythroxylum tortuosum</i>	25	7
<i>Pouteria torta</i>	1	0
<i>Neea theifera</i>	2	1
<i>Aegiphila klotzkiana</i>	4	1
<i>Tabebuia ochracea</i>	3	17

Fonte: Adaptado de Lopes et al. (2009).

Lopes et al. (2009) concluíram, em seu estudo, que as áreas apresentaram composição florística similar ao calculado pelo Coeficiente de Sorensen, mas a estrutura das comunidades vegetacionais apresentou diferenças relevantes, evidenciada pelo Índice de Similaridade de Bray Curtis. A área queimada apresentou menor quantidade de indivíduos, espécies e área basal, conseqüentemente, menor Índice de Diversidade de Shannon (H') e Equabilidade (J'). Os autores afirmam, ainda, que a frequência das queimadas ocorridas na área não foi suficiente para evidenciar o efeito do fogo no processo de alteração na composição das espécies lenhosas, mas sua ocorrência modificou a estruturada da vegetação.

Myers (2006) considera que um regime de fogo ecologicamente apropriado é aquele que mantém a viabilidade, estrutura, composição e funcionamento dos ecossistemas, porém este, não necessariamente, deve ser um regime de queima natural. Segundo França et al. (2007), o fogo não é um fenômeno estranho ou exógeno ao Cerrado, embora todo evento de queima cause um distúrbio nos ecossistemas, porém consideram que apenas aqueles que se afastam do regime de queima normal provocam perturbações e estresses nos ecossistemas.

2.2 EFEITOS DO FOGO NA FAUNA

Os efeitos do fogo sobre as comunidades vegetais são relativamente bem conhecidos em todo o mundo, enquanto que os efeitos do fogo sobre as comunidades animais de formações savânicas é relativamente pouco conhecido (BARCELLOS, 2001; FRIZZO et al., 2007). Frizzo et al.(2007) demonstraram que se publicam quase três vezes mais trabalhos com comunidades vegetais do que animais, sendo que os poucos trabalhos disponíveis são

inexpressivos tanto em termos espaciais como temporais e com grande concentração de trabalhos em uma única região.

Para Morgado e Moreira (2010), os efeitos do fogo sobre a fauna podem ser agrupados em dois grupos: i) efeitos de curto prazo, também conhecidos como efeitos diretos, imediatos ou agudos; ii) efeitos de médio/longo prazo, também conhecidos como efeitos indiretos ou crônicos. Os efeitos em curto prazo são observados no nível de indivíduo e durante o fogo ou no máximo em semanas ou meses, sendo que as principais consequências observadas são a mortalidade, ferimentos, fuga, emigração ou imigração. Enquanto que os efeitos em médio/longo prazo são observados em nível populacional ou comunidade e são sentidos em até anos após o evento de fogo, pois as suas consequências derivam de alterações na vegetação, modificando sua composição, produtividade e estrutura, consequentemente, alterando, de forma positiva ou negativa, a disponibilidade de alimento e o habitat das espécies.

Nesse sentido, nota-se que o fogo pode afetar de forma diferente as espécies e ou grupos animais. Buscando avaliar esses efeitos sobre as espécies e/ou comunidades animais, até o momento foram produzidos diversos estudos envolvendo desde grupos de animais invertebrados até os grandes vertebrados. Pierozzi (2013), que avaliou os efeitos do fogo sobre a riqueza e abundância de protozoários do solo no estado de São Paulo, revelou que o fogo não alterou diretamente a comunidade de protozoários, apenas intensificou o efeito da seca, causando efeito indireto sobre a comunidade que não se alterou significativamente, pois a riqueza foi mantida e a abundância diminuiu, mas logo foi recuperada, mostrando que esses microrganismos estão adaptados a ambientes que sofrem sucessivos eventos de queima.

Entre os animais invertebrados, o grupo mais estudado quanto aos efeitos do fogo são os artrópodes, o que pode estar ligado ao maior número de espécies, ciclo de vida rápido ou mesmo facilidade de amostragem. Estudos demonstram que esse grupo pode ser bastante sensível aos efeitos do fogo. Vasconcelos et al. (2007) observaram uma redução significativa no número de indivíduos e de ordens de artrópodes de serrapilheira, com duração dos efeitos em até seis meses após a queimada.

Contudo, nota-se que os efeitos do fogo sobre as comunidades de artrópodes não são homogêneos, pois há variações até mesmo dentro de um mesmo grupo, como demonstrado por Oliveira e Franklin (1993), ao avaliar o efeito do fogo sobre a mesofauna do solo. Os autores notaram que uma das ordens de ácaros presente (Oribatida) teve uma maior abundância na área não queimada e uma ligeira redução na área queimada. No entanto, as demais ordens de ácaros obtiveram um maior número de indivíduos na área queimada, sendo

a maioria composta por predadores. Os autores ainda destacam que uma queimada de baixa densidade pode deixar ilhas de vegetação e troncos mal queimados que acabam por se tornar refúgios para os invertebrados durante a passagem do fogo. Gonçalves (2012), avaliando o impacto do fogo sobre a entomofauna, também observou um acréscimo no número de ordens na área queimada, com predominância da Hymenoptera nas áreas queimadas e não queimadas.

Os autores Diniz e Morais (2008) notaram que, de forma geral, o fogo aumentou a abundância total de insetos nas áreas queimadas, mas com diferenças entre as fitofisionomias (cerrado *stricto sensu* e campo sujo) e entre as ordens de inseto. Os autores observaram que as ordens Hymenoptera, Coleoptera, Lepidoptera e Hemiptera apresentaram elevada abundância nas áreas queimadas, enquanto Isoptera e Collembola foram mais abundantes nas áreas preservadas em ambas as fitofisionomias. Quanto aos Collembola, cabe ressaltar que nesse estudo, o grupo apresentou uma redução de 35 vezes na área queimada. Sendo que Oliveira e Franklin (1993) também observaram uma baixa densidade de Collembola em área queimada, demonstrando a sensibilidade desse grupo aos efeitos do fogo.

Os aracnídeos também se mostraram bastante dinâmicos quanto aos efeitos do fogo, sendo que a época de queima exerce maior influência sobre a composição de espécie, pois em um estudo sobre a influência dos regimes de queima sobre a comunidade de aranhas cursoriais do cerrado, notou-se que as queimadas favoreceram o incremento da riqueza e equitabilidade, com maior número de espécies de aranhas cursoriais em áreas com queima no início e meio da estação seca (FREIRE JR., 2010). Cardoso et al. (2008) também observaram um aumento na densidade da espécie de aranha *Porrmosa sp.* após a ocorrência de incêndios florestais, sugerindo que este aumento se deve ao aumento de presas da espécie no local.

Os efeitos do fogo sobre as espécies de formiga parece está relacionado com o hábito alimentar e/ou comportamento de cada espécie, pois um estudo realizado no sul do país revelou que o fogo pode ter gerado efeitos negativos para a espécie *Crematogaster victima* e positivos para as espécies *Pseudomyrmex termitarius*, *Acromyrmex crassispinus*, *Pachycondyla striata* e *Camponotus blandus*. A primeira espécie (*Crematogaster victima*) pode ter sido prejudicada pelo fogo devido à destruição de abrigo, alimentação e conseqüente exposição à ação de predadores. Enquanto que as demais espécies se beneficiaram pela ação do fogo, seja através da maior oferta de alimento proporcionada pela presença de carcaças, exposição de suas presas (*Pachycondyla striata* e *Camponotus blandus*) e intensa brotação de sementes após a passagem do fogo (*Acromyrmex crassispinus*) ou devido à proteção

proporcionada pelos troncos caídos e cupinzeiros (*Pseudomyrmex termitarius*) (BOSCARDIN et al., 2014).

Frizzo et al. (2007), no PESCaN, notaram que o fogo afetou a riqueza de formigas nos estratos arbóreos e no solo, mas não afetou a abundância, porém, como a ação do fogo não era esperada para esse estudo, os autores esclarecem que maiores efeitos só poderão ser elucidados com a realização de novos estudos da interação fogo-formiga. Em outro estudo que avaliou o efeito do fogo nos dois estratos em diferentes regimes de queima, revelou que áreas não queimadas apresentaram menor riqueza de espécies que as áreas queimadas. O autor afirma que os diferentes tratamentos de queima contribuíram com a diversidade de espécies de formiga, pois os regimes de alta frequência de fogo mantém a estrutura savânica do habitat e permitem a persistência de espécies de ambientes abertos (MARAVALHAS, 2013).

Silva et al. (2008), estudando a distribuição espacial de larvas de formiga leão em áreas com diferentes regimes de fogo no município de Canarana, Mato Grosso, registraram a ocorrência das larvas apenas nas áreas afetadas pelo fogo. No entanto, esse resultado não parece está diretamente ligado à ocorrência do fogo e sim ao tipo de solo de cada área, pois, nas áreas afetadas pelo fogo, há predomínio de solo arenoso, que permite a construção dos funis e a consequente captura de presas, enquanto que na área não queimada o solo é mais compactado pelo entrelaçamento de raízes, o que pode ter dificultado à reprodução da espécie.

Quanto às comunidades de abelhas no Cerrado, um estudo buscando avaliar a influência do fogo sobre a estrutura de comunidades de abelhas no Parque Estadual da Serra do Rola Moça (MG) revelou diferentes padrões de acordo com o método de captura utilizado, pois na coleta ativa obteve-se uma maior riqueza e abundância média nas áreas não queimadas, enquanto que nas amostras obtidas com pratos-armadilha obteve-se uma maior riqueza e abundância médias nas áreas queimadas, revelando a ausência de um padrão associado à incidência do fogo em relação à diversidade de abelhas (SANTOS, 2013).

Em outro estudo realizado no estado de Mato Grosso com abelhas da tribo Euglossini, observou-se que a riqueza de abelhas diminuiu à medida que se aumentava o nível de degradação da área. Os autores afirmam que caso as queimadas não sejam controladas poderá haver mudanças na composição de espécies e mesmo na perda de espécies afetando os processos de polinização, conseqüentemente, comprometendo a manutenção de populações de espécies vegetais dependentes das abelhas dessa tribo (GIEHL et al., 2013).

Os efeitos do fogo sobre os grupos animais vertebrados também têm sido observados, apesar da dificuldade de avaliação dos efeitos diretos sobre esse grupo. Sendo encontrados estudos do impacto do fogo sobre as comunidades de anfíbios, répteis, aves e

mamífero. Villalobos (2002) avaliou o efeito do fogo e da caça sobre a abundância de mamíferos na Reserva Xavante Rio das Mortes (MT), revelando que o principal efeito direto de fogo sobre a fauna, isto é, a mortalidade, é mínima na região. Segundo o autor, o fogo não afeta a abundância de grandes mamíferos herbívoros como a anta, o cervo do pantanal e o veado campeiro, assim como os edentata (tamanduás e tatus) e os porcos do mato, embora a abundância do cervo do pantanal e da anta são maiores nas áreas controles, mas sem diferença significativa quando comparada às áreas queimadas e caçadas. A única espécie que parecer ser mais afetada pelo fogo na região é o veado catingueiro.

Avaliando o status da comunidade de pequenos mamíferos não-voadores sob efeito do fogo e da borda, Santos (2008) notou que o fogo não alterou estatisticamente a riqueza de espécies, mas quando observada a abundância esta apresentou maiores valores em áreas sem ocorrência de fogo, principalmente a da espécie *Hylaeamys megacephalus*. Outra espécie de pequeno roedor que parece está sendo afetada pelo fogo é *Necromys lasiurus*, como demonstrou Layme (2008) em uma área de savana Amazônica. Para o autor, a ocorrência de incêndios na estação seca deve mudar a composição florística do local, induzindo na espécie um maior consumo de invertebrados e gramíneas, e esta modificação da dieta alimentar imposta pelos incêndios florestais pode estar contribuindo para o declínio populacional da espécie na região.

Buscando avaliar os efeitos do fogo sobre as populações de grandes felinos (onça-pintada e onça-parda) do Parque Nacional de Ilha Grande, Abreu et al. (2004) afirmam que o fogo pode alterar a dinâmica das populações de grandes felinos indiretamente, ou seja, através da modificação da paisagem gerada pela fragmentação de habitat, que culminam na exposição das espécies e da influência que exerce sobre disponibilidade de presas (riqueza e abundância), fazendo com que as espécies migrem para outros locais que garantem sua sobrevivência.

Drummond (2009) avaliou os efeitos do fogo sobre a composição, distribuição e dieta de uma comunidade de anfíbios anuros em MG, revelando ligeira abundância para cinco espécies após a ocorrência do fogo. Outras alterações notadas foram mudança no padrão de atividade em função do aumento da temperatura do ambiente provocado pela ausência de vegetação e maior exposição do solo, como também elevado risco de competição interespecífica, aumento do uso de refúgios diurnos como as bromélias. Moraes et al. (2011) também avaliaram o efeito do fogo sobre uma comunidade de anfíbios entre veredas queimada e não queimadas, no entanto, não observaram nenhuma influencia negativa do fogo, fato atribuído ao padrão generalista das espécies capturadas.

A comunidade de lagartos, por sua vez, parece sobreviver aos efeitos diretos das queimadas, mas apresentam diferentes níveis de sensibilidade aos efeitos subsequentes. Leite (2007) afirma que a heterogeneidade da paisagem provocada pelo fogo parece sustentar uma diversidade de lagartos mais rica em um contexto regional do que quando sujeitas aos efeitos homogeneizadores das queimadas antrópicas ou da completa ausência de queima.

Petry et al. (2011) avaliaram o efeito do fogo em áreas de campo na porção sul do bioma mata atlântica e relatam que em áreas queimadas houve uma maior riqueza de aves. Para as áreas de cerrado, os resultados diferem destes, como destaca o estudo de Sendoda (2009), no PNE. A autora revela que áreas manejadas pelo fogo apresentam composição distinta e menores índices de abundância e riqueza quando comparada com áreas não manejadas, sendo que esta última apresenta também uma maior abundância de guildas tróficas. Fato que merece destaque nesse estudo é que as áreas manejadas pelo fogo representam um sério risco para aquelas espécies de grande interesse para conservação, uma vez que as mesmas são menos abundantes e frequentes nessas áreas.

Para Sendoda (2009), como o fogo altera a dinâmica da vegetação, a comunidade de aves tende a explorar de forma diferente o habitat, devido à menor disponibilidade de alimentos e locais para reprodução e abrigo. Como demonstrado por Petry et al. (2011), que relatam ter encontrado espécies de aves, comumente encontradas em áreas com e sem queima, com elevada abundância após a ocorrência de fogo. Sendo que quatro espécies (*Cyanocorax caeruleus*, *Xanthopsar flavus*, *Xolmis dominicanus*, *Anthus nattereri*) foram encontradas forrageando em áreas queimadas, inclusive um dia após a ocorrência do incêndio.

Contudo, nota-se que os efeitos do fogo sobre a fauna não podem ser generalizados, pois estes estão ligados aos efeitos sobre a vegetação (BARCELLOS, 2001), além de outros fatores, tais como espécies e suas características ecológicas, intensidade, frequência, velocidade de propagação, época e extensão da área queimada (FRANÇA et al., 2007; MORGADO e MOREIRA, 2010). Sendo que os extremos de um gradiente de queima, isto é, queimadas antrópicas com alta frequência e curta periodicidade ou ausência total de queima, devem ser evitadas (LEITE, 2007).

2.3 ASPECTOS RELACIONADOS A INCÊNDIOS FLORESTAIS

O fogo é um fenômeno natural que existia na superfície do planeta antes mesmo do domínio do fogo pelo homem pré-histórico, ocorrendo de forma natural através de descargas elétricas que, atingindo a vegetação propiciava uma das principais formas de ignição do material vegetal (TEBALDI et al., 2012).

Por definição, o fogo é uma reação química de oxidação proveniente da combinação de oxigênio, combustível e uma fonte de calor, ocorrendo em alta velocidade e proporcionando a liberação de calor e luz (ICMBio, 2010).

O conceito de incêndio florestal se baseia na livre propagação do fogo por meio dos processos de transmissão de calor, de forma descontrolada e sem limites estabelecidos, sob a influência dos fatores climáticos, relevo e combustível (IBAMA, 2012).

As principais causas da ocorrência de incêndios são as estruturais, composta por fatores ambientais e sociais, e as causas determinantes, composta por fatores naturais e antrópicos (IBAMA, 2012).

Nas causas estruturais são elencados os fatores climáticos, inflamabilidade do combustível, uso do fogo como ferramenta rural, acúmulo de material combustível no solo, aumento da suscetibilidade das florestas, deficiente espírito conservacionista da população rural, características topográficas que intensificam a ação do fogo, extensão territorial, desconhecimento ou negligência do uso controlado do fogo, deficiência na aplicação de técnicas adequadas para uso do fogo como ferramenta agrícola, onde a queima controlada é um dispositivo imprescindível de prevenção contra incêndios florestais (IBAMA, 2012).

Já as causas determinantes são exemplificadas nos incêndios causados naturalmente por raios; os acidentais, por meio da linha de transmissão de energia elétrica, emissões de partes incandescentes de maquinário, combustão espontânea, carga de carvão em transporte rodoviário; antrópica por negligência, queima agrícola, de pastos, de lixos, fogueiras de acampamentos, fogos de artifício e balões de festa junina, projéteis luminosos e munições incendiárias; antrópica de origem intencional, devido a insatisfações, retaliação, vingança ou desavença, piromaníacos, combate a pragas, intenção de promover estado de calamidade pública, aumentando a incidência de incêndios, queima de pastagens nativas.

O fogo se comporta de diferentes formas dependendo das condições em que ele ocorre e os fatores externos são determinantes nesse dinamismo, por exemplo, os combustíveis podem propiciar alterações na altura das chamas, na liberação de calor, na velocidade de queima, provocando, conseqüentemente, um dinamismo diferenciado que, sob influência de ventos, pode provocar colunas de convecção e aumentar a velocidade de propagação (ICMBio, 2010).

Logo, conhecer o comportamento que o fogo pode assumir tem importância tanto na prevenção como no combate ao incêndio. É baseado nesse comportamento que as inferências do comportamento futuro dele podem ser feitas, subsidiando o planejamento estratégico (ICMBio, 2010).

O tipo da vegetação e a velocidade do incêndio influenciam na propagação e na intensidade calórica liberada, por exemplo, uma floresta densa apesar de possuir maior quantidade de matéria combustível total em relação ao cerrado *stricto sensu*, a energia liberada da queima dos combustíveis leves presentes no cerrado propicia maiores velocidades de propagação e intensidade calórica por radiação e convecção em relação a floresta (ICMBio, 2010).

Os combustíveis podem ser classificados por seu tamanho, quanto menor, mais rápida será a perda de umidade, facilitando sua combustão. Dessa forma, quanto maior a quantidade de combustíveis leves em uma área, mais rápida será sua propagação e maior a intensidade do incêndio (ICMBio, 2010).

Lacerda e Cattaneo (2007) desenvolveram uma tabela caracterizando os tipos de combustíveis por tamanho (Quadro 1). Quanto menor a umidade presente nos materiais combustíveis, menor será o tempo de aquecimento desse material até que ele atinja o ponto de combustão, propiciando uma propagação mais rápida do incêndio (ICMBio, 2010).

Nos materiais mortos, a perda de umidade é diretamente relacionada à umidade do ar, quanto mais seco e quente estiver, mais rápida será a perda de umidade, até que se atinja o equilíbrio. Já nos materiais vivos, as espécies possuem diferentes mecanismos para evitar a perda excessiva de água para a atmosfera (ICMBio, 2010).

Quadro 1. Definição do tipo de combustível em função de seu diâmetro, e tempo de retardo para que as partículas entrem em equilíbrio higroscópico com o ambiente.

Combustível	Diâmetro (mm)	Tempo de retardo (hora)
Leve (ervas, folhas, pastagens)	< 5	1
Regular (galhos e caules)	5 a 25	10
Mediano (galhos e caules)	25 a 75	100
Pesado (galhos e troncos)	>75	1000

Fonte: Adaptado de (ICMBio, 2010).

Dentre as diferentes espécies de plantas que compõe a vegetação do cerrado, alguns fatores como a densidade e presença de compostos químicos influem na capacidade de ignição e também na inflamabilidade do material combustível. Espécies de madeira densa demoram mais tempo para entrar em ignição, pois é necessária maior quantidade calorífica para aquecer essa madeira, predominando o processo de condução. Já as espécies de madeira de baixa densidade não necessitam de grandes quantidades de calor para entrar em ignição,

muitas vezes os processos de radiação e convecção são responsáveis por provocar as chamas. Os óleos, ceras e resinas presentes em algumas espécies, proporcionam maior inflamabilidade nos combustíveis, provocando incêndios de maior velocidade de propagação e intensidade calorífica (ICMBio, 2010).

O relevo tem papel determinante no entendimento da dinâmica do fogo, podendo se prever as influências que o terreno terá no fogo. Conhecer as especificidades da topografia local e a dinâmica que é proporcionada em função disso, pode auxiliar no entendimento do histórico de ocorrências de incêndios, subsidiando alternativas para o manejo do fogo.

Os incêndios são influenciados por fatores meteorológicos, dentre eles, os mais importantes são: i) a temperatura, que é o grau de calor de um lugar, que influencia ressecando a vegetação, facilitando o início e a propagação. Vale ressaltar que o frio contribui para o ressecamento da vegetação. ii) Vento, quanto mais forte o vento mais rápido o fogo se espalha, promove o fornecimento de oxigênio, favorece o ressecamento da vegetação, interage com a coluna de convecção espalhando fagulhas, podendo gerar focos secundários. iii) Umidade relativa do ar representa a quantidade de água existente no ar. A baixa umidade facilita o ressecamento da vegetação e proporciona condições favoráveis para o início de incêndios. iv) Precipitação é a quantidade de umidade que cai da atmosfera, pode ser na forma de chuva, orvalho, névoa ou neblina. Ela é importante por fornecer umidade a vegetação (ICMBio, 2010).

Os incêndios florestais podem ser classificados de duas formas quanto a sua origem: incêndios naturais, causados por descargas atmosféricas (raios) e geralmente ocorrendo fora do período de seca, e os incêndios antrópicos, que têm sua origem relacionada a causas humanas (SOARES e BATISTA, 2007).

Seus impactos no ecossistema dependem do tipo de incêndio (subterrâneo, superficial e de copa), do regime de queima, e do comportamento do fogo (MIRANDA et al., 2010). Durante o desenvolvimento de um incêndio florestal é comum existir setores com diferentes tipos de incêndio.

O incêndio subterrâneo ocorre sob o solo, geralmente se propaga queimando raízes, turfa, húmus e material vegetal adensado. Esse tipo de incêndio não produz chamas e possui baixa velocidade de propagação, porém seus efeitos na vegetação são letais, principalmente por afetar as raízes (ICMBio, 2010). Promove ainda o favorecimento nos processos erosivos e perda de fertilidade do solo, principalmente por consumir a matéria orgânica (TEBALDI et al., 2012).

Uma particularidade desse tipo de incêndio é a dificuldade em identificar sua ocorrência, pois produz pouca fumaça e queima vagarosamente. O método mais eficiente no combate desse tipo de incêndio é a construção de trincheiras no perímetro da área de ocorrência, quebrando assim a continuidade do material combustível (ICMBio, 2010).

Sua ocorrência é comum em florestas com acúmulo de húmus e em áreas alagadas, que no período de seca formam espessas camadas orgânicas abaixo do solo. No Brasil sua ocorrência geralmente se dá em solos de aluvião (TEBALDI et al., 2012).

Os incêndios de superfície são aqueles que ocorrem sobre o solo de floresta, queimando todo o material combustível até 1,80 m de altura, tais como ervas, galhos, capim, arbustos, serrapilheira e troncos, é de fácil detecção e dependendo das condições climáticas, relevo e tipo de material combustível, pode assumir comportamento variado e diferentes velocidades de propagação (TEBALDI et al., 2012).

Produz muitas chamas e, a partir da coloração da fumaça produzida, é possível inferir sobre a qualidade do material combustível. A fumaça de cor branca indica alto teor de umidade nos combustíveis que, geralmente, são de espessura fina e com pouco material lenhoso, representado principalmente por gramíneas. Já a fumaça de cor cinza mais escura ou mais clara indica combustível seco e com maior quantidade de lenho (ICMBio, 2010).

O incêndio de copa se propaga pelas copas das árvores, consumindo o material combustível acima de 1,80 m de altura. Geralmente esse tipo de incêndio tem seu início em um incêndio superficial e raramente em alguns casos são provocados por raios (TEBALDI et al., 2012).

Esse tipo de incêndio apresenta alta velocidade de propagação, podendo alcançar acima de 10 km/h. Seu comportamento é bem crítico e o combate extremamente complicado, devido a combustão liberar um alto poder calorífico, são necessários recursos e técnicas exclusivas para enfrentar essa situação (ICMBio, 2010).

O aumento da quantidade de incêndios florestais nas últimas décadas evidencia as ações de prevenção como fator principal à política ambiental relacionada aos incêndios. Para equacionar o problema causado pelos incêndios florestais é importante determinar suas causas (IBAMA, 2012).

Comumente, as condições socioeconômicas da população rural e indígena ou circunstâncias naturais são apontadas como as possíveis causas de incêndios. No entanto, para conhecer a realidade e prover com informações fidedignas e detalhadas, é imprescindível investigar as causas dos incêndios, para assim, adotar sistemas de prevenção mais eficientes.

Conclusões erradas, muitas vezes, são provenientes de suposições infundadas sem a devida investigação (IBAMA, 2012).

2.3.1 Manejo adaptativo do fogo

Em países como os Estados Unidos, décadas de prevenção e supressão de incêndios em ecossistemas propensos ao fogo proporcionaram mudanças na quantidade de biomassa, tornando-se combustível para incêndios severos e destrutivos (NATIONAL COMMISSION ON WILDFIRE DISASTERS 1995, USDA FOREST SERVICE 2000, MYERS 2006).

Antes a cobertura vegetal era mantida por incêndios frequentes, de superfície, não atingindo as copas, de baixa intensidade e não letais para a vegetação. Devido às mudanças no acúmulo de biomassa sob o solo da floresta, os incêndios se comportam de maneira mais intensa e destrutiva, ameaçando tanto a biodiversidade como a sociedade (MYERS, 2006).

Segundo Keeley (2001), a supressão do fogo em alguns casos promove mudanças na vegetação, tornando-a mais propensa ao fogo, como é observado nos campos de gramíneas exóticas.

Manejo do fogo refere-se ao conjunto de decisões técnicas e ações para evitar, preservar, controlar ou utilizar o fogo, em uma determinada paisagem com objetivos específicos. Para manejar as queimadas é necessário que ocorra a integração das realidades socioculturais e as necessidades ecológicas, utilizando abordagens tecnológicas. Dessa forma, estruturou-se o Manejo Integrado do Fogo (MIF), que considera as abordagens ecológica e socialmente apropriadas para manejar o fogo e as ameaças dele relacionadas à conservação (MYERS, 2006).

Parte importante desse conceito é demonstrar que o fogo pode assumir tanto o caráter benéfico como maléfico, dependendo de como, onde, quando e porque é utilizado. No MIF o importante é que se aproveite dos potenciais benefícios e se minimize os malefícios (MYERS, 2006).

Myers (2006) afirma que, para a implementação de estratégias mais eficientes e adequadas, é necessário que leis e políticas apoiem e adotem um modelo que contenha o conceito do MIF. Afirma ainda que informações ecológicas sobre o MIF deveriam ser mais abordadas em escolas, universidades e em programas de treinamento profissional, dentro do contexto de cada localidade.

Países que adotaram a postura de proibir ou restringir o uso do fogo tradicional, frequentemente falham, por não haver engajamento da população local. Isso se deve ao fato da necessidade de utilizar o fogo como fonte de energia primária para diversas atividades.

Essas políticas também falham ao não considerar a importância da presença do fogo em muitos ecossistemas (GANZ e MOORE 2002, MYERS 2006).

Myers (2006) lista algumas características importantes e necessárias para se abordar as ameaças provocadas pelas mudanças nos regimes de fogo. Ele cita a importância em compreender o papel ecológico do fogo, as principais causas, frequência, o motivo pelo qual as pessoas colocam fogo e porque utilizam esse método de queima, e a forma como elas são afetadas pelos incêndios. Nas áreas protegidas, Myers (2006) sugere a adoção de práticas sustentáveis, desenvolvendo abordagens integradas, para manejar os incêndios quando eles ocorrem ou quando se fazem necessários.

Outra abordagem importante no desenvolvimento do MIF diz respeito à gestão adaptativa. Os planos de ação devem ser baseados em um conhecimento pré-existente, e os efeitos das decisões devem ser monitorados, para que possam subsidiar alterações e adequações para tomada de decisões futuras. Sem um prévio conhecimento do papel ecológico do fogo, seria inviável inferir que as pessoas utilizam desse recurso com maior ou menor frequência que o necessário (MYERS, 2006).

O MIF envolve a integração de três componentes técnicos do manejo do fogo: i) necessidades socioeconômicas e culturais, juntamente com os impactos negativos que o uso do fogo pode propiciar; ii) atributos ecológicos do regime de fogo adequado; iii) os componentes prevenção, supressão e uso do fogo. Esses componentes sugerem que as decisões da aplicação do MIF devem ser tomadas pautadas no contexto socioeconômico, ambiental e cultural dos locais onde os incêndios ocorrem ou dos quais são excluídos (MYERS, 2006).

Todas as estratégias desenvolvidas para o manejo adaptativo devem ser retroalimentadas, caracterizando as tendências e transferindo as lições aprendidas. É perceptível a importância de se desenvolver o MIF nas áreas protegidas que mantêm as diferentes fisionomias de Cerrado, devido a sua origem histórica e evolução, além da presença de adaptações e características que conferem resistência e sobrevivência a passagens de fogo e beneficiamento de algumas espécies com esses eventos.

Logo, o conceito apresentado por Myers (2006) visa, de forma objetiva e prática, propor mudanças na atual conjuntura da abordagem do fogo em UC, deixando claro que a exclusão total do fogo não é a melhor solução para o problema dos incêndios florestais.

No Brasil essa prática já é aplicada em alguns parques federais, como o PNCD e o PNE. No estado de Goiás a única prática de manejo da vegetação utilizando fogo é registrada no PE Altamiro de Moura Pacheco, onde a aplicação de queimas controladas na faixa de

domínio da rodovia, servem para reduzir a quantidade de biomassa acumulada, reduzindo a possibilidade de que incêndios se originem nas margens da estrada e adentrem no parque.

As características do regime de fogo e do material combustível podem determinar se os esforços de supressão ao fogo estão sendo efetivos, seja pela exclusão ou redução de incêndios e do impacto do fogo (MYERS, 2006). Essa dissertação, juntamente com os diversos estudos já realizados no PESCaN, possibilitará contribuir para o monitoramento do ecossistema mantido em sua área, favorecendo a retroalimentação proposta por Myers (2006).

2.4 UNIDADES DE CONSERVAÇÃO

No Brasil, o direito ao meio ambiente é garantido aos cidadãos pela Constituição Federal de 1988, no Artigo 225:

Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações (BRASIL, 1988).

As unidades de conservação têm sua legislação específica e são definidas pelo Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC). Elas estão inseridas em uma macrocategoria e são denominadas áreas protegidas. Sua classificação depende principalmente do objetivo de sua criação e tipo de manejo a ser desenvolvido. De acordo com a Lei 9.985/2000, Art. 2º, a Unidade de Conservação (UC) é definida como:

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 (BRASIL, 2000).

Assim a Constituição Federal impõe ao Poder Público o dever e este comanda atendido com a promulgação da Lei 9.985/2000.

O SNUC compreende o conjunto das UC federais, estaduais e municipais e são classificadas em dois grupos principais, as de Proteção Integral (PI) e as de Uso Sustentável (US). As de proteção integral tem o objetivo de preservar a natureza, sendo permitido apenas o uso indireto dos seus recursos naturais. Já as unidades de uso sustentável o objetivo é compatibilizar a conservação da natureza com o uso sustentável de parte dos recursos disponíveis (BRASIL, 2000).

O Quadro 2 demonstra a divisão das unidades quanto a sua categorização, além de

definir suas principais características.

Quadro 2. Unidades de Conservação previstas no SNUC e suas características.

Grupo	Categoria	Características
Uso sustentável	Área de proteção ambiental	Proteger a diversidade biológica, disciplinar o processo de ocupação humano e assegurar a sustentabilidade do uso dos recursos naturais.
	Área de relevante interesse ecológico	Área em geral de pequena extensão, com pouca ou nenhuma ocupação humana. Possui características ecossistêmicas extraordinárias para manutenção da biodiversidade.
	Floresta Nacional	Área florestal predominantemente de espécies nativas, com objetivo de ordenar o uso múltiplo e sustentável dos recursos florestais e a pesquisa científica.
	Reserva de desenvolvimento sustentável	Área natural que abriga populações tradicionais, cuja existência baseia-se em sistemas sustentáveis de exploração dos recursos naturais, desempenhando um papel fundamental na proteção da natureza e na manutenção da diversidade biológica.
	Reserva extrativista	Manter a agricultura de subsistência, criação de animais de pequeno porte, e proteger os meios de vida e a cultura das populações extrativistas, assegurando o uso sustentável dos recursos naturais.
	Reserva de fauna	Proteger as espécies nativas, terrestres ou aquáticas, residentes ou migratórias, adequadas para estudos técnico-científicos sobre o manejo econômico sustentável de recursos faunísticos.
	Reserva particular do patrimônio natural	Área privada, gravada com perpetuidade, com o objetivo de conservar a diversidade biológica.

Proteção integral	Refúgio da vida silvestre	Proteção de ambientes naturais onde se asseguram condições para a existência ou reprodução de espécies ou comunidades da flora local e da fauna residente ou migratória.
	Estação ecológica	Estação Ecológica tem como objetivo a preservação da natureza e a realização de pesquisas científicas. A visitação pública é proibida, exceto quando com objetivo educacional.
	Reserva biológica	Preservação integral da biota e demais atributos naturais existentes em seus limites, sem interferência humana direta ou modificações ambientais. A visitação pública é proibida, exceto quando com objetivo educacional.
	Monumento natural	Preservar sítios naturais raros, singulares ou de grande beleza cênica.
	Parque nacional	Preservar os ecossistemas naturais de grande relevância ecológica e beleza cênica, possibilitar a realização de pesquisas científicas e o desenvolvimento de atividades de educação, recreação e turismo ecológico.

Fonte: Adaptado de (Brasil, 2000).

A primeira UC criada no mundo foi o Parque Nacional de Yellowstone, em 1872. Sua existência foi uma iniciativa do governo Americano e esta atitude se espalhou pelo mundo (U.S.A., 2012).

No Brasil, a primeira UC foi criada, por Decreto, em 1937. O então denominado Parque Nacional do Itatiaia está localizado no estado do Rio de Janeiro, com área total de 28.084,100 hectares. Este parque pertence ao Bioma Mata Atlântica e, assim como o Cerrado, é considerado *hotspot* para conservação da biodiversidade (ICMBio, 2012).

Em Goiás, a Lei nº 14.247, de 29 de julho de 2002, institui o Sistema Estadual de Unidades de Conservação (SEUC) em Goiás, que estabelece normas e critérios para implantação e gestão das UC.

Compõem o SEUC, as UC municipais e estaduais, as quais seguem a mesma classificação quanto ao exposto no SNUC. São divididas nas categorias de proteção integral e

de uso sustentável. Fazem parte das de proteção integral: Parque Estadual (PE), Estação Ecológica (ESEC), Monumento Natural (MN) e Refúgio da Vida Silvestre (RVIS). Já as UC de uso sustentável são: Área de Proteção Ambiental (APA), Reserva de Desenvolvimento Sustentável (RDS), Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN), Área de Relevante Interesse Ecológico (ARIE) e a Floresta Estadual (FLOE) e Reserva de Fauna (REFAU).

Fazem parte do SEUC, no grupo de proteção integral, 12 Unidades, PESCaN, PE de Terra Ronca, PE do Araguaia, PE dos Pirineus, PE da Serra Dourada, Parque Ecológico da Serra de Jaraguá, PE da Mata Atlântica, PE Altamiro de Moura Pacheco, PE de Paraúna, PE Telma Ortegal, PE do Descoberto e o mais recente PE do João Leite. O grupo das UC de uso sustentável é composto por dez unidades, são elas: ARIE de São João, APA Pouso Alto, APA da Serra Geral de Goiás, APA da Serra da Jibóia, APA dos Pirineus, APA do Encantado, APA Dr. Sullivan Silvestre, APA Serra das Galés, FLOE do Araguaia, APA do João Leite.

As UC sob administração federal que compõe o SNUC e estão inseridas no território goiano são a Floresta Nacional (FLONA) de Silvânia, APA Meandros do Araguaia, APA Nascentes do Rio Vermelho, FLONA da Mata Grande, Reserva Extrativista (RESEX) Lago do Cedro, RESEX Recanto das Araras, Parque Nacional (PN) das Emas e PN da Chapada dos Veadeiros.

Essas UC federais, juntamente com as de responsabilidade do estado e as municipais, além das RPPNs, que são de domínio particular, compõem o mosaico de proteção dos diferentes ecossistemas do bioma Cerrado em Goiás.

O Cadastro Nacional de Unidades de Conservação (CNUC), que é mantido pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA) com a colaboração dos órgãos gestores de UC a nível federal, estadual e municipal, tem o objetivo de manter um banco de dados oficial e atualizado, expondo a situação atualizada do SNUC, servindo para monitoramento e acompanhamento da evolução das áreas protegidas no território nacional.

Na última atualização do SNUC disponibilizada em 17 de fevereiro de 2015, a área total correspondente ao Cerrado foi de 2.040.176 km². As informações quanto as áreas protegidas encontram-se na Tabela 2.

Tabela 2. Tipo, categoria, quantidade, área e porcentagem de unidades de conservação mantidas no Cerrado.

Tipo	Categoria	Quantidade	Área (km²)	%
Proteção	Estação Ecológica	28	11.370	0,6

Integral				
Proteção	Monumento Natural	12	314	0,0
Integral				
Proteção	Parque	66	48.410	2,4
Integral				
Proteção	Refúgio da Vida Silvestre	5	2.460	0,1
Integral				
Proteção	Reserva Biológica	6	82	0,0
Integral				
Uso	Floresta	11	557	0,0
Sustentável				
Uso	Reserva extrativista	6	880	0,0
Sustentável				
Uso	Reserva de Desenvolvimento	2	686	0,0
Sustentável	Sustentável			
Uso	Reserva de Fauna	0	0	0,10,0
Sustentável				
Uso	Área de Proteção Ambiental	68	108.752	0,05,3
Sustentável				
Uso	Área de Relevante Interesse	15	79	0,0
Sustentável	Ecológico			
Uso	RPPN	160	1.015	0,0
Sustentável				
Total		379	174.604	8,6

Fonte: CNUC/MMA, 2015.

Considerando esse conjunto de UC, atualmente, 8,6% do Cerrado estão protegidos sob esta denominação, sendo que 3,1% pertencem ao grupo de PI e 5,5% ao de US. A maior representatividade nas UC de PI é composta por Parques, no total 66, correspondendo à área de 48.410 km². Já nas de US, as APA têm maior destaque, são 68 unidades que correspondem a 108.752 km², representando 5,3% do território protegido. Esse tipo de UC admite uma infinidade de usos e geralmente são áreas de grande extensão, envolvendo, por vezes, diversos municípios.

2.5 GEOTECNOLOGIAS

A geotecnologia é um termo amplo e engloba diversas tecnologias de tratamento e manipulação de dados geográficos. Destacam-se o sensoriamento remoto, o processamento digital de imagens, os sistemas de informação geográfica, automação de tarefas cartográficas, a utilização de Sistemas de Posicionamento Global (GPS), dentre outros (THOMSON et al., 1997).

Neste trabalho, as geotecnologias utilizadas foram o sensoriamento remoto, o processamento digital de imagens e o sistema de informação geográfica. Em nível de conhecimento, seguem algumas definições e aplicações de cada uma.

2.5.1 Sensoriamento Remoto

O sensoriamento remoto abrange um conjunto de técnicas para coleta, processamento e análise de dados da superfície terrestre a partir de informações provenientes da interação da radiação eletromagnética com os alvos terrestres, propiciando a identificação, descrição ou caracterização de padrões espaciais (CARVALHO et al., 1990; LOMBARDI, 2005).

A obtenção e registro da energia refletida é realizado sem que haja o contato físico do sensor com o objeto. Podem-se utilizar sensores específicos, câmeras fotográficas, estas podem estar ainda dispostas em balões, aeronaves e até mesmo em satélites orbitais, entre outros (FLORENZANO, 2011).

Florenzano (2011) considera que o sensoriamento remoto é fruto de um esforço multidisciplinar, integrando os avanços da Matemática, Física, Química, Biologia e das Ciências da Terra e da Computação. Sua origem está vinculada às fotografias aéreas realizadas por volta de 1860, principalmente com cunho militar, e, a partir de 1960, com o avanço da tecnologia e desenvolvimento de programas espaciais, teve-se o início das variadas imagens produzidas por sensores em satélites. Atualmente, seu uso ocorre em uma infinidade de áreas temáticas.

As principais fontes de energia para obtenção dos dados do sensoriamento remoto provém de forma natural, através da luz do sol e do calor emitido pela superfície terrestre. A radiação eletromagnética se propaga em forma de ondas, com a velocidade da luz (300.000 km por segundo). Ela é medida em frequência, na unidade de hertz (Hz), e no comprimento de onda (λ), em unidade de metros, por exemplo, $1\mu\text{m} = 10^{-6}$. Logo, o espectro eletromagnético representa a distribuição da radiação eletromagnética, por regiões, seguindo a variação e distribuição de sua frequência e comprimento de onda (FLORENZANO, 2011).

O olho humano, na região do espectro visível, é capaz de distinguir cores do violeta ao vermelho, o que corresponde a uma pequena parte do espectro eletromagnético. A radiação do infravermelho é subdividida em três regiões: 1-próximo (0,7 – 1,3 μm); 2- médio (1,3 – 6,0 μm); e 3- distante ou termal (6,0- 1,000 μm). Essa radiação quando atinge objetos na superfície da terra, como vegetação, solo exposto, asfalto e água, é absorvida, refletida e transmitida em proporções que variam com o comprimento de onda. Essa variação na energia refletida pelos objetos promove respostas espectrais diferenciadas, possibilitando que os sensores remotos absorvam e distingam os alvos (FLORENZANO, 2011).

Aplicando esse conceito na identificação de áreas queimadas, ao se utilizar dados adquiridos na região do visível e do infravermelho próximo e médio, a classificação digital pode apresentar baixa exatidão. Isso ocorre devido à dificuldade em se discriminar, inequivocamente, as áreas queimadas de outros elementos presentes na superfície terrestre, pois, podem apresentar características espectrais semelhantes, gerando falsos positivos. São exemplos corpos d'água, sombras de nuvens ou de relevos. Nesses casos, é necessário auxílio da interpretação visual para supervisionar o resultado (CHUVIECO, 1996; LOMBARDI, 2005).

Dessa forma, ao se utilizar produtos do sensoriamento remoto fornecidos por sensores de satélites, cada banda (isto é, uma imagem proveniente de uma faixa espectral) produzida pelo sensor promove uma característica diferente em seu espectro eletromagnético, possibilitando, assim, que várias composições sejam realizadas e aplicadas no intuito de melhor representar a informação.

2.5.2 Processamento Digital de Imagens

O processamento digital de imagens é objeto crescente de estudos, principalmente por permitir viabilizar seu uso em duas aplicações divididas em categorias bem distintas: (1) aprimoramento de informações pictóricas para interpretação humana; e (2) análise automática por computador (FILHO e NETO, 1999).

As imagens representam formas de captura indireta de informação espacial. Consideradas geo-campo, são armazenadas como matriz e cada elemento de imagem (pixel) tem um valor proporcional à energia eletromagnética refletida ou emitida pela área da superfície terrestre correspondente (PALMEIRA, 2004).

Uma das primeiras aplicações do aprimoramento de imagens foi registrado por volta de 1920, onde, através de um sistema de cabo submarino (sistema Bartlane), Londres e Nova Iorque transmitiam e compartilhavam suas imagens. Esse primeiro sistema codificava a imagem em cinco níveis de intensidade distintos, mas em, 1929, esta capacidade já havia sido expandida para quinze níveis, resultando em imagens mais aprimoradas (FILHO e NETO, 1999). Mas, o grande desenvolvimento do processamento de imagens se deu após três décadas, com o surgimento dos primeiros computadores digitais de grande porte e o início do programa espacial norte americano (FILHO e NETO, 1999).

O aprimoramento de imagens através do uso de técnicas computacionais teve início nas imagens transmitidas da lua por uma sonda. Correções de distorção e configurações saturação e realce serviram para melhorar a qualidade das imagens de programas espaciais posteriores, por exemplo, as expedições da série Apollo (FILHO e NETO, 1999).

Um sistema de processamento de imagens é composto de estações de trabalho para efetuar principalmente quatro operações: aquisição, armazenamento, processamento e exibição. A etapa de aquisição tem como função a conversão de uma imagem em uma representação numérica adequada para o processamento subsequente, ou seja, um sensor ou dispositivo físico, captura uma faixa de energia no espectro eletromagnético (como o raio X, ultravioleta ou raios infravermelhos) e produz na saída um sinal elétrico proporcional ao nível de energia detectado (FILHO e NETO, 1999).

O armazenamento de imagens digitais é um dos maiores desafios nos projetos de processamento de imagens, principalmente pela quantidade de espaço (*bytes*) necessário. Ele pode ser dividido em três tipos: armazenamento de curta duração, enquanto ela é utilizada nas etapas do processamento; armazenamento de massa, para operações de recuperação de imagens relativamente rápidas, e o arquivamento de imagens, para posteriores consultas quando for necessário (FILHO e NETO, 1999).

Já o processamento diz respeito aos procedimentos expressos sob forma algorítmica e são implementadas via *softwares*. Diferentes técnicas são utilizadas para manipulação de imagens, com objetivo de identificar e extrair informações úteis à análise e interpretação (PALMEIRA, 2004). No processamento das imagens é necessário que o *hardware* tenha boa capacidade atuação, otimizando o procedimento. Quanto à exibição, esse procedimento diz respeito basicamente à forma como a imagem é exposta. Geralmente sendo realizada por meio de periféricos de saída, como monitores, telas, ou mesmo pela impressão de fotografias, mapas, slides e transparências (FILHO e NETO, 1999).

A transmissão dos dados é a principal dificuldade do sistema. As imagens digitalizadas podem ser transmitidas a grandes distâncias utilizando redes de computadores e protocolos de comunicação, porém, o maior desafio é a transmissão de grande quantidade de dados no menor tempo possível (FILHO E NETO, 1999).

Várias são as técnicas de aprimoramento de imagens, podendo ser citadas a filtragem, realce, suavização, modificação no histograma, aplicação de limiares, dentre diversas outras. Existem também expressões algorítmicas, de correções e de ajustes, diretamente envolvidas no processamento. O objetivo da aplicação dessas técnicas é que a imagem resultante seja mais adequada que a original.

Segundo Lombardi (2005), as informações provenientes dos dados produzidos pelo sensoriamento remoto podem ser extraídas dos métodos de análise digital e análise visual de imagens. O primeiro engloba técnicas de manipulação numérica de dados, incluindo o pré-processamento, as técnicas de realce e as técnicas de classificação. Por exemplo, na classificação digital de imagens, procura-se o reconhecimento automático dos objetos presentes na cena a partir da análise quantitativa dos níveis de cinza (NOVO, 1992).

Embora a classificação digital proporcione maior rapidez e consistência na discriminação das distintas coberturas terrestres, tais vantagens não são absolutas, e dependem principalmente de fatores como: (a) o sistema sensor (resoluções espacial, espectral e radiométrica, assim como o ângulo de incidência do sensor); (b) a geometria de iluminação (sombra do relevo); (c) o ângulo de elevação solar (diretamente relacionado com a proporção de sombras que o sensor detecta); e (d) as condições ambientais (nuvens com as respectivas sombras e a sazonalidade; mudanças na cobertura terrestre, estiagem e alagamentos), os quais podem influenciar o grau de discriminação dos alvos terrestres que apresentam características espectrais similares ou muito próximos (CHUVIECO, 1996; LOMBARDI, 2005).

Já a análise visual utiliza-se da interpretação e experiência do usuário, podendo ser utilizadas chaves de identificação como matiz, textura, tamanho, localização, forma e contexto espacial para realizar classificações de imagens (CHUVIECO, 1996).

A aplicação do processamento digital é extensa e abrange diferentes áreas de atuação, por exemplo, na biologia, através da contagem automática de células em imagens obtidas de microscópios. Já as imagens de satélites são usadas no geoprocessamento, na meteorologia, na identificação de distúrbios ou fatores que afetem a vegetação, dentre outros (FILHO e NETO, 1999).

2.5.3 Sistemas de Informações Geográficas

As geotecnologias são vistas na atualidade como as ferramentas que agilizam a organização de informações georrefenciadas. Os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) propiciam e aceleram a compilação do banco de dados para elaboração de mapas exploratórios. Essa busca por ferramentas técnicas que auxiliem no entendimento dos sistemas ambientais é útil quando aplicada com caráter objetivo dentro da ciência geográfica (MASCARENHAS et al., 2013).

Essa ferramenta permite ainda analisar dados de diversas fontes e automatizar a produção de documentos cartográficos através de um banco de dados georreferenciado (INPE, 2000). Existem no mercado, vários *softwares* para desenvolver os SIGs e geralmente eles são divididos em duas categorias, os livres (e.g., QGIS) e licenciados, tendo o ArcGIS como principal exemplo. Sua principal diferença diz respeito à necessidade de aquisição de licenças e pacotes de serviços, limitando o usuário a desenvolver certos tipos de atividades. Além disso, os *softwares* livres possibilitam ao usuário formular sua programação, desenvolvendo suas próprias ferramentas para atender suas peculiaridades.

Segundo Aronoff (1989) existem dois tipos de representação digital dos dados no qual os sistemas de entrada processam, são eles o formato vetorial e *raster* (matricial). Geralmente, o formato vetorial representa ou é o resultado da digitalização de objetos ou feições de modo que o elemento tenha a melhor e mais fiel representatividade em relação ao mundo real. Eles podem ser especializados em forma de pontos, linhas e polígonos, e em seus atributos existe a orientação de um sistema de coordenadas de referência (PALMEIRA, 2004).

Já o formato *raster* é composto por uma malha quadriculada ou uma matriz regular composta de “n” linhas e “n” colunas. Essa conformidade de uniões de célula a célula forma o elemento a ser representado. As imagens digitais são adquiridas nesse formato (PALMEIRA, 2004).

O módulo de saída de um SIG é concebido para que o usuário tenha a possibilidade de visualizar e contabilizar as informações armazenadas na base de dados. O procedimento é realizado normalmente por meio de mapas, tabelas, gráficos, histogramas ou pela unidade de visualização do computador (BURROUGH, 1987; ARONOFF, 1989; PALMEIRA, 2004).

Os SIGs são utilizados em diversas áreas. FRANÇA et al. (2007), por meio de um SIG, realizaram o processamento de 234 imagens de satélite obtidas para a identificação de incêndios no PARNA da Chapada Diamantina. Dessas, 131 foram descartadas devido ao fato

da presença de nuvens recobrir a área de estudo, porém nas imagens restantes foi possível identificar as cicatrizes de incêndios ocorridos nas áreas desse parque.

Para Mascarenhas et al. (2013), o uso de sistemas de informações geográficas auxilia na espacialização das formas, configurações e tipologias das paisagens, subsidiando a gestão ambiental e a elaboração de políticas públicas de manejo.

3. OBJETIVOS

Diante da ocorrência histórica e cultural de fogo em fisionomias do Cerrado e a frequente incidência de incêndios florestais no PESCaN, presume-se que a exclusão do fogo por período superior a quatro anos propicie a ocorrência de incêndios de grande proporção. Logo, espera-se que o conhecimento histórico da ocorrência de incêndios através da elaboração de mapas gerados a partir de análises de imagens de satélite possa subsidiar a elaboração de alternativas para o manejo do fogo neste parque estadual.

3.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral dessa pesquisa consistiu em identificar e analisar cicatrizes de áreas queimadas no interior do Parque Estadual da Serra de Caldas Novas no período de 1984 a 2014, por meio da análise multitemporal de imagens orbitais produzidas pelo sensoriamento remoto, para, assim, subsidiar o manejo do fogo nesta UC.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar e quantificar áreas queimadas;
- Elaborar mapas de áreas queimadas e de recorrências;
- Caracterizar a ocorrência histórica de incêndios no parque.

4. ÁREA DE ESTUDO

O Parque Estadual da Serra de Caldas Novas foi criado pela Lei N° 7.282, de 25 de setembro de 1970, sendo a primeira Unidade de Conservação estadual, decretada por iniciativa do governo de Goiás. Toda sua área foi indenizada e é de posse e domínio do estado de Goiás (Figura 2).

A preocupação com o crescimento acelerado dos municípios de Caldas Novas e Rio Quente, devido ao processo de urbanização e a perfuração indiscriminada de poços tubulares profundos na busca de águas termais, levou alguns ambientalistas a sensibilizarem os órgãos governamentais para a criação do Parque Estadual da Serra de Caldas Novas, como forma de proteger toda a serra da ação antrópica (FEMAGO, 1997).

O PESCaN está localizado na Serra de Caldas Novas, formação geográfica situada nos municípios de Caldas Novas a NW e a NE de Rio Quente, dentro das seguintes coordenadas geográficas: 17°43'56"S, 48°40'23,7"W; 17°43'56"S, 48°44'25"W; 17°50'55,75"S, 48°42'57,6"W; 17°50'55,7"S, 48°40'0"W (FEMAGO, 1997). A Serra de Caldas constitui uma elevação com um cume aplainado formando uma chapada em forma elipsoidal com eixos de 15 e 9 km, situada a 1.043 metros de altitude em relação ao nível do mar (FEMAGO, 1997).

O Parque está inserido no Bioma Cerrado. Sua vegetação é caracterizada por um mosaico composto por formações campestres, savânicas e florestais (RIBEIRO e WALTER, 2008; LIMA et al., 2010). No platô da Serra, a vegetação característica é cerrado *stricto sensu*, campo sujo e campo limpo. Já nos afloramentos rochosos são encontrados campo rupestre, cerradão, veredas em lugares úmidos e matas de galeria, as quais estão sempre próximas aos córregos e nascentes nos vales da encosta (NOVAES, 1983; MAGNAGO et al., 1983; LOPES et al., 2009).

O clima característico do PESCaN é AW, segundo o sistema de classificação de Köppen, apresentando pluviosidade média anual de 1.500 mm, com as chuvas concentrando-se no período de outubro a março (NIMER, 1989; LIMA, et al., 2010).

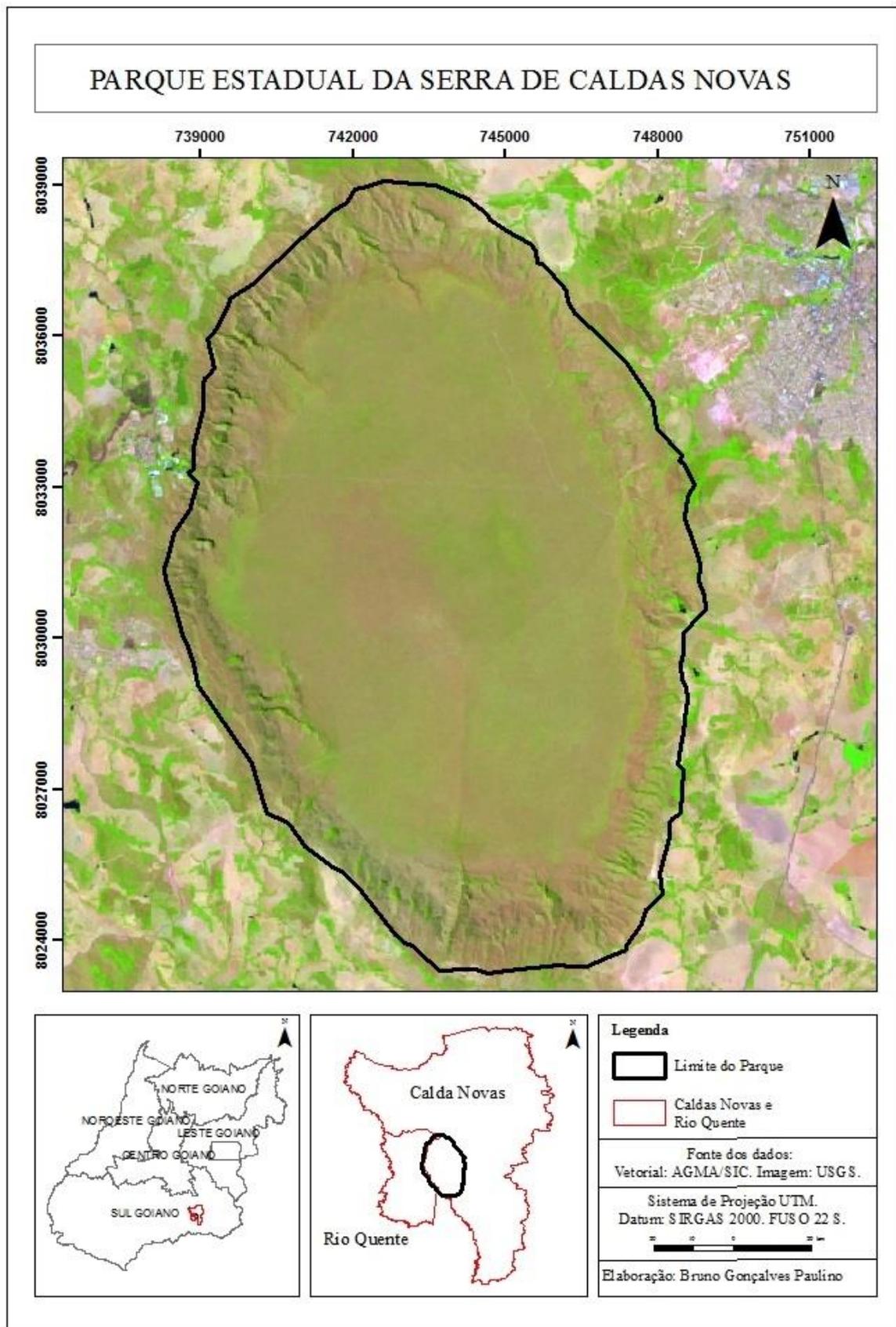


Figura 2. Localização do Parque Estadual da Serra de Caldas Novas (PESCaN).

O PESCaN é um dos poucos PE com estrutura para receber visitação. Ele possui salas, auditório, alojamento e um memorial com animais típicos do Cerrado. Devido sua proximidade e o acesso facilitado, as trilhas e cachoeiras com água fria e de excelente qualidade, são uma alternativa para os turistas que preferem um contato com atividades ao ar livre.

O parque possui um sistema de controle a visitação, com portaria de entrada, servidores e segurança patrimonial envolvidas nas atividades diárias. O PESCaN possui em seu calendário anual, dias e horários de funcionamento, com prazos para entrada e saída dos visitantes. Geralmente em feriados prolongados ocorre aumento na visitação e, conseqüentemente, mais servidores são demandados para auxiliar no controle e orientação dos visitantes.

O Plano de Manejo do PESCaN foi elaborado no ano de 1997, antes mesmo da Lei 9.985/2000 (SNUC). Porém até o momento não foi aprovado e nem publicado. Este Plano estabeleceu o zoneamento da unidade, bem como as regras que devem reger a UC e seu entorno. O planejamento está estruturado em programas e subprogramas. Nos “Programas de Manejo do Meio Ambiente” destacam-se: i) subprograma de proteção: entre as ações sugeridas está a adoção de medidas específicas para prevenção de incêndios, as quais deveriam ser desenvolvidas em conjunto com o Batalhão Florestal e o Corpo de Bombeiros Militar, o controle rigoroso de entrada e visitação, cercamento do perímetro da UC, regularização fundiária, proteção contra a introdução de espécies exóticas, tanto de fauna como de flora e proteção das fontes de água; ii) subprograma de pesquisas: detalhar e desenvolver trabalho técnicos nos diversos ambientes do Parque, incentivar e dar condições para o desenvolvimento de pesquisas e buscar subsídios técnicos para promover o manejo adequado do PESCaN; iii) subprograma de monitoramento: acompanhar a evolução dos ambientes, identificar característica da visitação objetivando adequação ao uso público e monitorar e identificar locais de risco para ocorrência de incêndios objetivando a prevenção (FEMAGO, 1997).

O plano de manejo contempla ainda um subprograma específico sobre atividades desenvolvidas no entorno da UC, com objetivo de integrar a população no contexto do Parque e informar sobre a importância ecológica de sua implantação para a sociedade. As ações visam principalmente a prevenção de incêndios, coibir a caça e pesca, além da conservação da fauna, flora e solos (FEMAGO, 1987).

4.1 FATORES DE CONFLITO

A agropecuária e a urbanização têm ocupado intensivamente as proximidades da Serra de Caldas. A expansão urbana é o fator que mais ameaça a unidade, além da constante ocorrência de fogo de origem antrópica. A construção de infraestruturas no interior (antenas) e a criação de gado nas bordas da serra também são ameaças em potencial à biodiversidade do parque.

Apesar do cercamento do parque, em 1998, a entrada de invasores é um potencial fator de risco. Atualmente existe uma portaria para controle da entrada de visitantes, porém devido à extensão do perímetro do parque e o número reduzido de servidores para monitorar e fiscalizar os acessos, entradas indevidas são constantes na UC.

A via por onde se realiza a atual entrada para a serra de Caldas, no seu percurso, apresenta uma área degradada pela exploração de cascalho e disposição de lixo. As áreas próximas à Serra, no sentido norte-sul, estão urbanizadas sob a forma de loteamentos populares e nobres, convivendo com clubes de veraneios. Na porção norte, entre Caldas Novas e Rio Quente e na porção sul, encontram-se pequenas propriedades e fazendas de médio porte (FEMAGO, 1987).

Por meio da Portaria 69, de 26 de janeiro de 2014, da Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos de Goiás (SEMARH), novos limites foram estabelecidos para a zona de amortecimento do parque, além de estabelecer normas específicas para uso e ocupação do solo. Anteriormente, a zona de amortecimento sugerida pelo plano de manejo era de 10 km, logo, com a publicação dessa portaria, vários recortes foram realizados, permitindo que o zoneamento das cidades de Rio Quente - GO e Caldas Novas - GO se desenvolvessem no sentido das bordas do parque. A Figura 3 apresenta as drenagens e malha viária no entorno do PESCaN, representando os acessos mais próximos e que dão acesso aos municípios de Rio Quente e Caldas Novas.

O PESCaN foi escolhido como área de estudo, por ser a primeira unidade de conservação criada em Goiás e para preservar os recursos naturais, faunísticos e de fisionomias vegetacionais com importância para a manutenção do Cerrado, além de apresentar fatores como: área total indenizada, plano de manejo (não publicado), proximidade com centros urbanos, importância turística e na recarga dos aquíferos termais, além e ser atingida por frequentes ocorrências de incêndios, reforçando a importância de se realizar trabalhos voltados para o monitoramento e manejo das áreas protegidas no estado de Goiás.

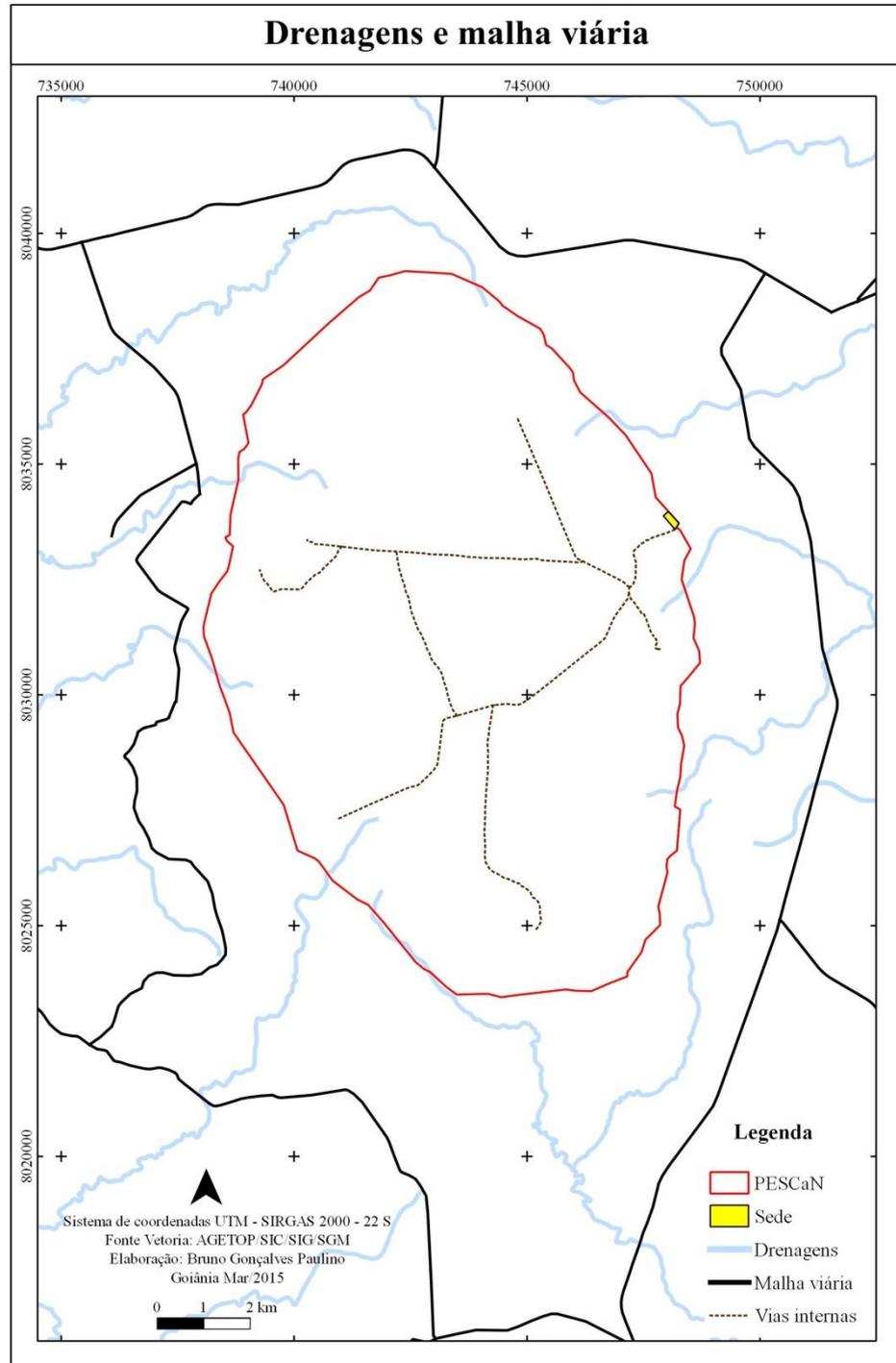


Figura 3. Malha viária e drenagens nas proximidades do PESCaN.

5. METODOLOGIA

A ocorrência de incêndios no PESCaN foi avaliada por meio do método de análise visual de imagens de sensoriamento remoto orbital. Os dados obtidos foram trabalhados no ambiente de um sistema de informações geográficas.

5.1 AQUISIÇÃO DE IMAGENS DE SATÉLITE

Foram produzidos mapas com a identificação de queimadas a partir de imagens fornecidas pelos satélites Landsat 5, Landsat 7, Landsat 8 e Resourcesat 1. As imagens foram obtidas gratuitamente por meio do banco de dados do sítio eletrônico do *United States Geological Survey* (USGS), disponível no endereço <<http://earthexplorer.usgs.gov>>, juntamente com imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), disponíveis no endereço <www.dgpi.inpe.br>.

Utilizou-se a informação de órbita/ponto (221/72) referente ao quadrante da localização do município de Caldas Novas em relação a passagem dos satélites Landsat 5, 7 e 8, obtendo, assim, cenas abrangendo os limites do PESCaN.

Posteriormente, utilizando opções de pesquisa no sítio da USGS, limitou-se o período de abrangência do estudo para os meses de maio a outubro. Os meses utilizados no estudo foram definidos em função do clima, pois, devido à baixa umidade e às temperaturas elevadas, esse período é considerado o mais crítico para a ocorrência de incêndios florestais no Cerrado, além de apresentar cenas com menor quantidade de nuvens sobrepondo a área de estudo.

A aquisição das imagens foi realizada por meio de uma triagem visual. Foram selecionadas imagens disponíveis para o período compreendido entre 01/05/1984 e 31/10/2014. O parâmetro utilizado para a escolha das imagens consistiu na ausência de falhas e interferências, como ruídos, sombras e nuvens sobrepondo a área de estudo, selecionando, quando possível, uma imagem por mês.

Quanto a disponibilidade de cenas, no período de 1984 a 2011, utilizou-se imagens dos satélites Landsat 5 e Landsat 7, com os respectivos sensores TM e ETM+. O sensor TM possui sete bandas espectrais, infravermelho (IV) próximo, IV termal, duas no IV médio e três nas regiões do visível. Essa separação das faixas espectrais é melhor adequada para mapeamentos de recursos naturais (EMBRAPA, 2013).

O sensor ETM+, sucessor operacional do instrumento TM, manteve configurações técnicas muito semelhantes. Além disso, ampliou a resolução espacial da banda IV termal, tornou a banda pancromática operante e permitiu a geração de composições coloridas com 15 metros de resolução, a partir da fusão com as demais bandas. A resolução temporal é de 16 dias, com resolução espacial de trinta metros para as bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7 (EMBRAPA, 2013).

No período de 2009 a 2013, com intuito de preencher o lapso temporal provocado pela inatividade dos satélites Landsat 5 e 7 até o lançamento e operação do Landsat 8, utilizou-se o satélite Resourcesat 1. Este possui a bordo de sua estrutura o sensor LISS-III, operando em quatro comprimentos de onda: verde, vermelho, IV próximo e IV médio. Este sensor oferece resolução espacial de 23,5 metros para todos os canais espectrais e possui periodicidade de passagem de cinco dias (INPE, 2013).

Nos anos 2013 e 2014 utilizou-se imagens do satélite Landsat 8, fornecidas pelo sensor OLI. Este sensor possui bandas espectrais para coleta de dados na faixa do visível, infravermelho próximo e infravermelho de ondas curtas, além de uma banda pancromática. A resolução temporal é de 16 dias, com resolução espacial de trinta metros para as bandas 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7 (EMBRAPA, 2013).

As imagens fornecidas pelo satélite Landsat 5 (TM), Landsat 7 (ETM) e Landsat 8 (OLI) possuem resolução espacial de 30m x 30m, ou seja, cada pixel da imagem representa uma área de 900m². Já o pixel do Resourcesat 1 representa uma área de 552,25m². Os satélites utilizados encontram-se na Tabela 3.

Tabela 3. Satélites, sensores, localização e resolução espacial das imagens de satélite utilizadas para avaliar a ocorrência de incêndios entre os anos de 1984 e 2014 no Parque Estadual da Serra de Caldas Novas, Goiás.

Satélite	Sensor	Órbita/Ponto	Resolução espacial	Período analisado
Landsat 5	ETM	221/72	30 m	1984 a 2011
Landsat 7	ETM+	221/72	30 m	1999 a 2003
Landsat 8	OLI	221/72	30 m	2013 a 2014
Resourcesat 1	LISS-III	328/90	23,5 m	2009 a 2013

Fonte: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, (2013).

5.2 PROCESSAMENTO DE IMAGENS

O programa utilizado no processamento das cenas e elaboração dos mapas foi o *software* QGIS 2.0.1 – Dufour. Esse programa foi criado em 2002 e utiliza uma interface gráfica simples e reativa, distribuído sobre a Licença Pública Geral (GPL), ou seja, é aberto à programação pelo usuário e não necessita de licença para seu funcionamento (QGIS, 2013).

Este programa disponibiliza diversas ferramentas para o desenvolvimento de atividades que necessitam de geoprocessamento de dados, tanto na estrutura vetorial como *raster*, sendo ideal para o desenvolvimento de um SIG.

No *software*, primeiramente, realizou-se a definição e padronização do sistema de referência de coordenadas, adotando-se o sistema SIRGAS 2000 / UTM zona 22S. As cenas obtidas pela USGS já são fornecidas com o registro correto das coordenadas, dispensando o georreferenciamento, diferentemente das cenas obtidas pelo INPE, nas quais onde há a necessidade de realizar-se o registro. Esse registro, quando necessário, foi desenvolvido no *software* QGIS.

Posteriormente, utilizou-se a função mosaico, disponível na aba de ferramentas *raster*, unindo as três bandas de cada cena para produzir uma imagem colorida. A composição colorida utilizada *Red (R) Green (G) Blue (B)* foi R5G4B3 nas cenas Landsat 5 e 7 (Figura 4), R6G5B4 no Landsat 8 e R4G5B6 no Resourcesat1.

Utilizou-se a composição R5G4B3, pois as matizes de cores relacionadas à vegetação apresentam-se mais amigáveis ao intérprete. A cor verde é atribuída a banda 4, nela a resposta refletida pela vegetação é mais evidente. Assim, o fotointérprete faz uma associação direta dos matizes do verde com áreas providas de cobertura vegetal (PALMEIRA, 2004). Os matizes do magenta (azul + vermelho), resultado da resposta refletida pelo solo em porcentagem maior nas bandas B3 e R5, identificam áreas com exposição de solo, ou rocha, com reduzida cobertura vegetal. Os matizes do azul se relacionam à água e seu relativo conteúdo de sedimentos em suspensão (PALMEIRA, 2004).

Logo, as cicatrizes de incêndios foram identificadas de duas formas. A primeira situação é típica de pós-queima, devido ao acúmulo de carvão e cinzas da vegetação depositada sob o solo. Esse material absorve a radiação em uma ampla faixa do espectro ótico e isso promove pouca reflectância. Dessa forma, as queimadas aparecem como manchas escuras, contrastando com a vegetação não queimada, na Figura 5 nota-se a área queimada contrastando com as áreas não atingidas. Sua permanência no campo depende dos fatores climáticos, já que o vento e a chuva podem remover esse material. A segunda situação foi através da observação do solo exposto, sem cinzas, carvão ou vegetação, em função da

queimada. Seu tempo de duração é curto devido, principalmente, ao início da rebrota das gramíneas, podendo durar poucas semanas (FRANÇA et al., 2007).

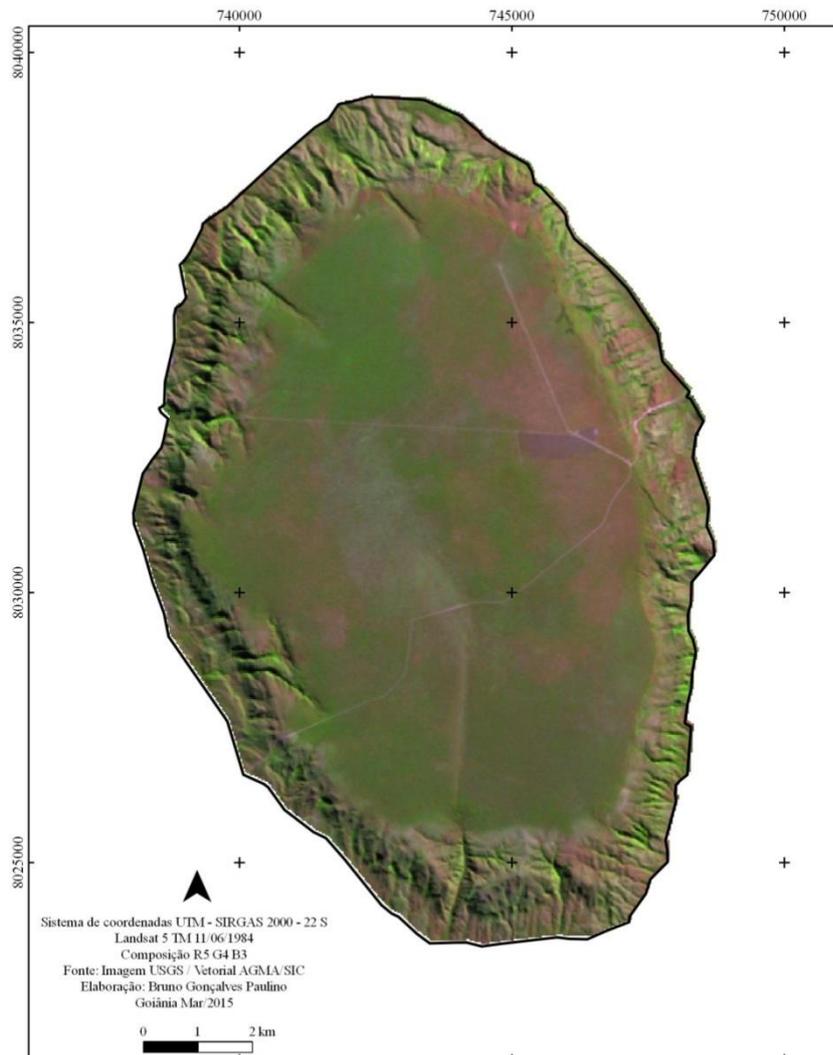


Figura 4. Imagem do PESCaN por uma composição R5G4B3 realizada através da ferramenta *raster*, gerando o mosaico colorido de uma cena Landsat 5 de 11 de junho de 1984.

Os polígonos representando as cicatrizes mensais de incêndios em cada ano foram demarcados manualmente de forma sequenciada (Figura 6) e os dados foram expressos em formato vetorial. No banco de dados alfanumérico (Figura 7) foram criados quatro campos de valores, a saber: Ano, Mês, Área e Hectares. Os campos de valores foram utilizados para copilar os dados de cada polígono individualmente demarcado.

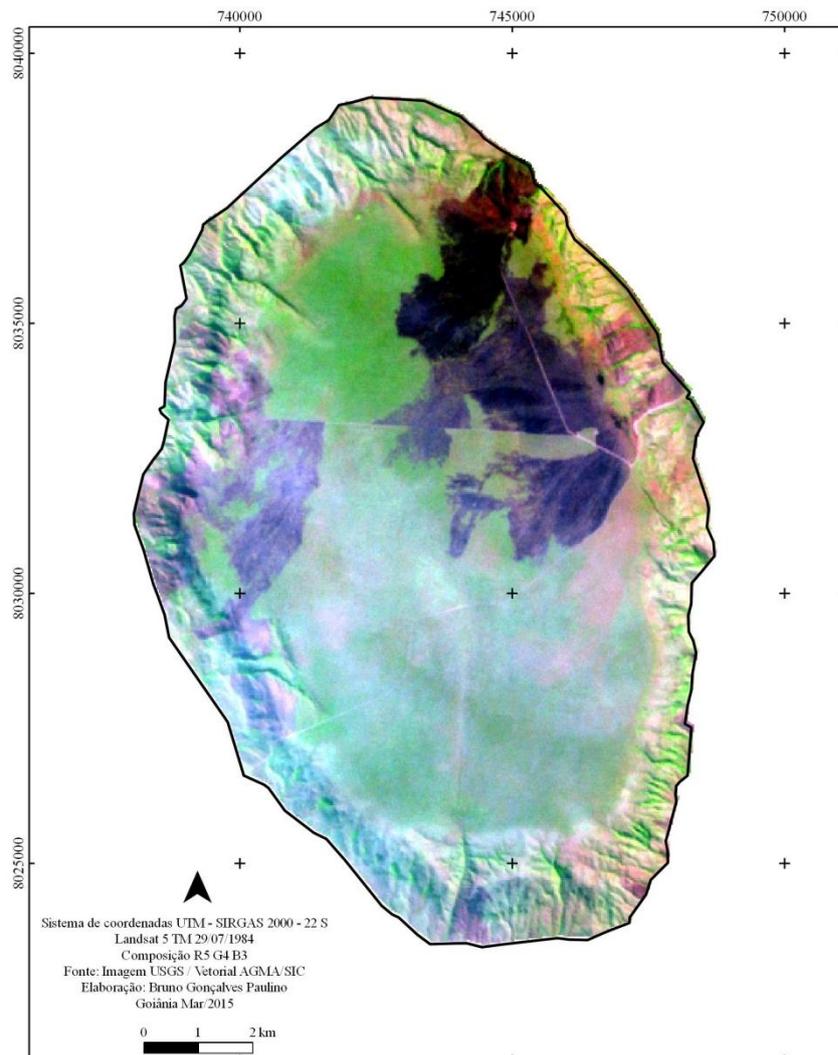


Figura 5. Imagem do PESCaN por uma composição R5G4B3 realizada através da ferramenta *raster*, gerando o mosaico colorido de uma cena Landsat 5 de 29 de julho de 1984.

Para o cálculo da área queimada dos polígonos demarcados, utilizou-se a ferramenta “Calculadora de campo”, que possibilita, por meio de uma função pré-definida, o cálculo automático (Figura 8). A prévia de saída dos dados está na escala métrica, logo, para converter os dados para a unidade de medida em hectares apenas dividiu-se o valor da área por dez mil (10.000) (Figura 9).

Quanto a definição adotada para o termo “recorrência de incêndios”, utilizado em estudos de padrões de recorrência do fogo, adotou-se a proposta por Heinselman (1981), referindo-se aos intervalos de retorno do fogo a uma mesma área.

Para representar os dados obtidos, foram gerados mapas anuais utilizando-se das imagens *raster* e os dados vetoriais dos polígonos de áreas queimadas. Para quantificar o número de sobreposições dos polígonos de áreas queimadas, aplicou-se o método “*Spaghetti*

and Meatballs”. Desenvolvido por Dale Honeycutt, esse método promove a contagem de um mapeamento realizado repetidas vezes, em diferentes períodos, sobre uma mesma área. Neste trabalho, o fenômeno analisado foi a recorrência de incêndios e, por meio da contagem dos polígonos sobrepostos foi possível categorizar o número de recorrências, classificando áreas com maiores reincidências de eventos de queima (HONEYCUTT, 2012).

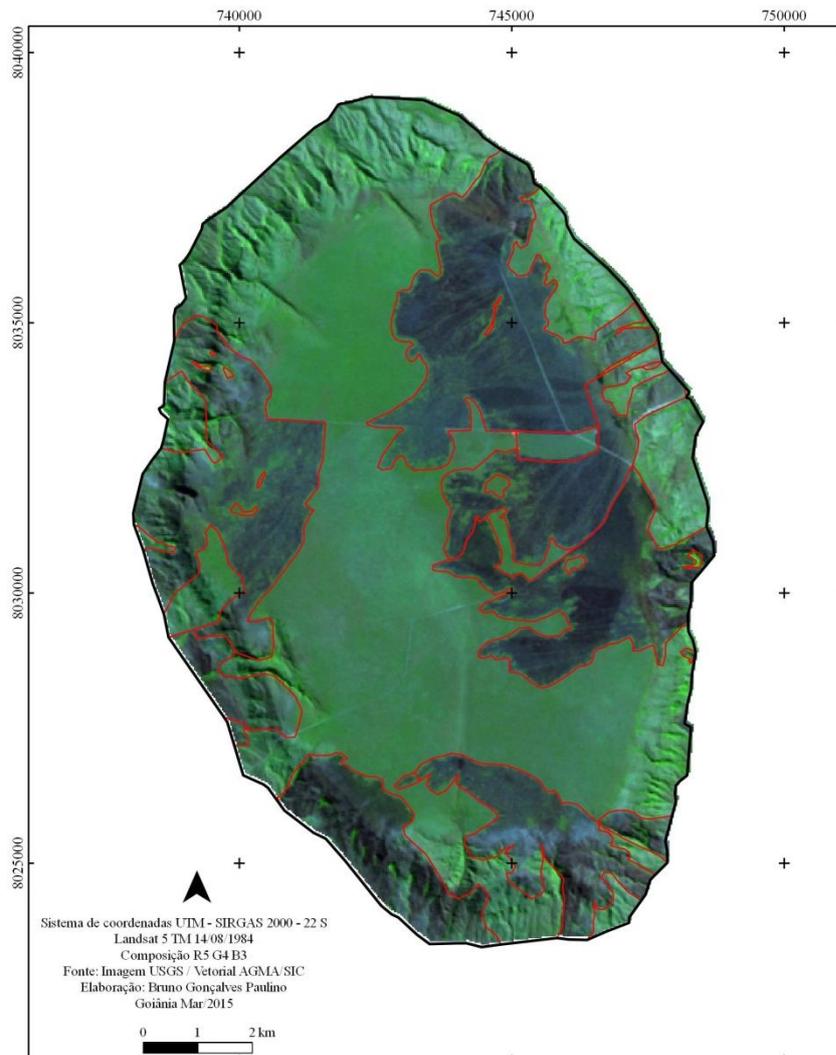


Figura 6. Imagem do PESCaN por uma composição R5G4B3 realizada através da ferramenta *raster*, gerando o mosaico colorido de uma cena Landsat 5 de 14 de agosto de 1984. O contorno na cor vermelho representa a demarcação manual dos polígonos.

Tabela de atributo - 1984 :: Total de feições: 13, filtrada(S): 13, selecionada(s): 0



	Ano	Mês	Área	Hectares
2	1984	Junho	771661.6840	77.1662
12	1984	Julho	13728277.9000	1372.8278
11	1984	Julho	11128511.4000	1112.8511
1	1984	Julho	6296292.4500	629.6292
0	1984	Julho	26063.8647	2.6064
10	1984	Agosto	8611723.4100	861.1723
5	1984	Agosto	5746776.5500	574.6777
7	1984	Agosto	5634718.3900	563.4718
4	1984	Agosto	2079789.0700	207.9789
8	1984	Agosto	654550.8260	65.4551
3	1984	Agosto	131284.6510	13.1285
6	1984	Agosto	75621.5728	7.5622

Figura 7. Ambiente QGIS, demonstrando a tabela de atributo com a definição dos campos de valores. Cada linha representa as informações de um polígono demarcado na imagem.

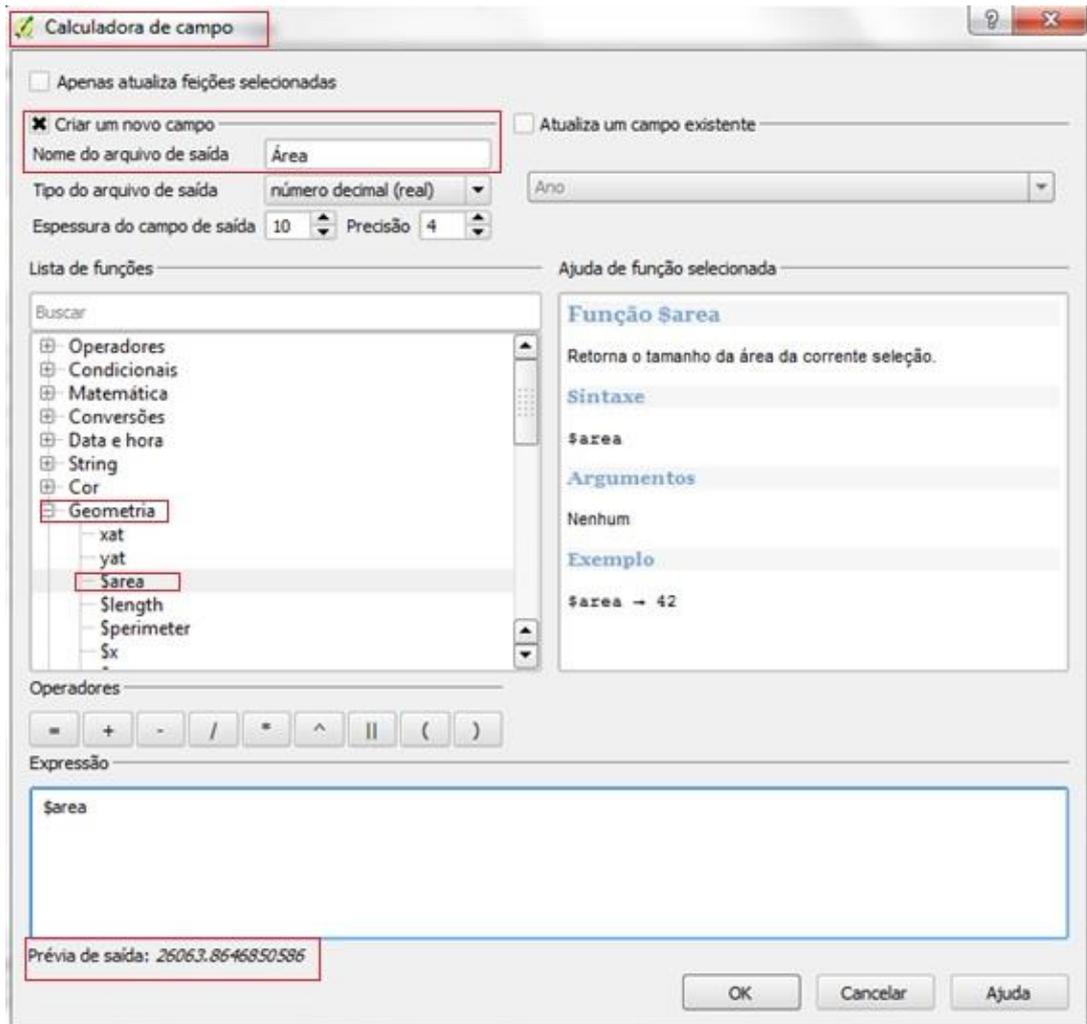


Figura 8. Fluxo seguido no *software* de geoprocessamento QGIS 2.0.1 – Dufour para cálculo de área utilizando a calculadora de campo, demonstrando uma prévia de saída dos valores em metros.

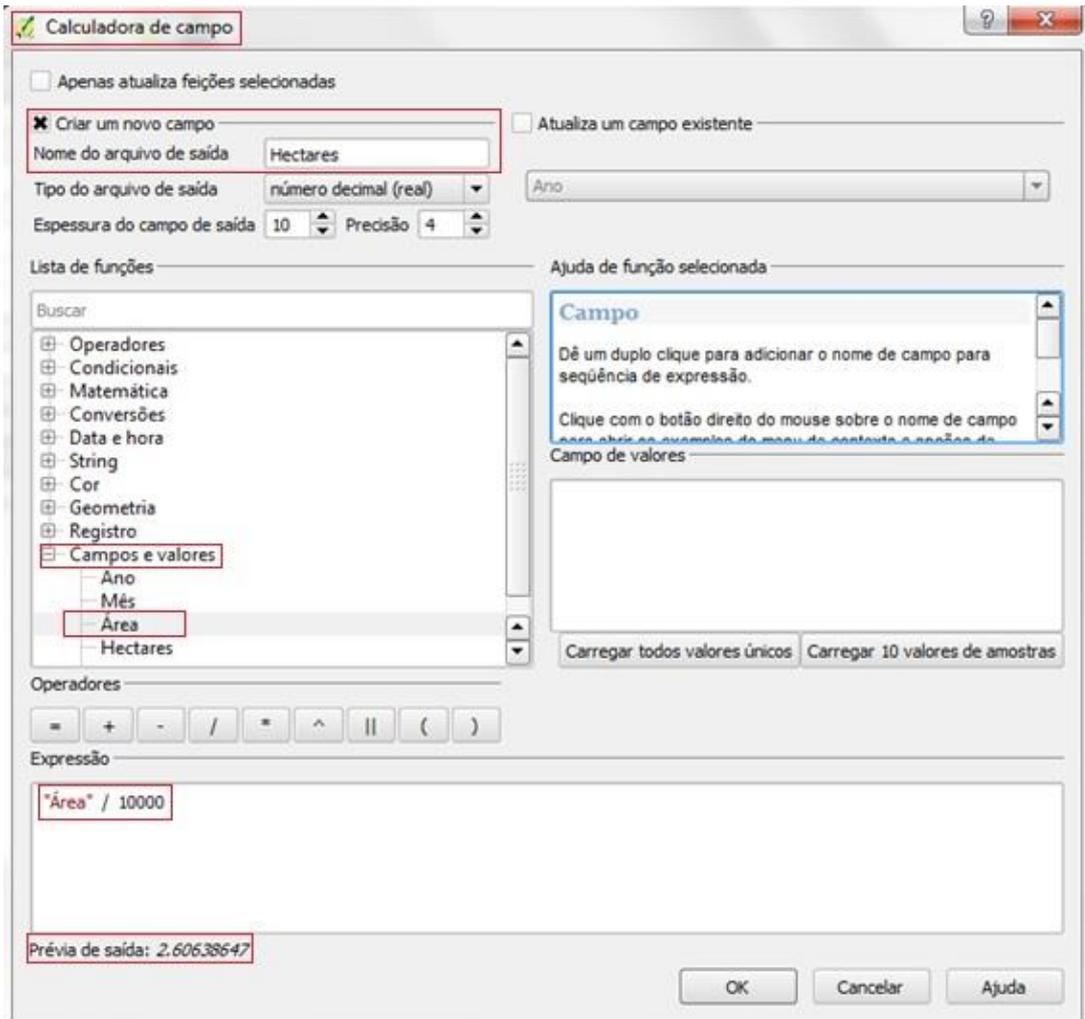


Figura 9. Fluxo seguido no *software* de geoprocessamento QGIS 2.0.1 – Dufour para converter o campo de valor da área (metros) para hectares, visualizado na prévia de saída.

6. RESULTADOS

No processamento digital foram triadas 126 imagens de satélite. Para a elaboração dos mapas com as cicatrizes de queimadas utilizou-se 31 das imagens que foram triadas. As características das imagens são listadas na Tabela 4.

Tabela 4. Relação de imagens Landsat 5 e 7 obtidas na página da USGS e utilizadas para delimitar as cicatrizes de incêndios no Parque Estadual da Serra de Caldas Novas, Goiás.

Nº imagem	Data	Satélite	Órbita/Ponto
1	11/06/1984	Landsat 5	222/71
2	29/07/1984	Landsat 5	222/71
3	14/08/1984	Landsat 5	222/71
4	16/07/1985	Landsat 5	222/71
5	01/08/1985	Landsat 5	222/71
6	17/08/1985	Landsat 5	222/71
7	18/09/1985	Landsat 5	222/71
8	04/10/1985	Landsat 5	222/71
9	21/09/1986	Landsat 5	222/71
10	07/10/1986	Landsat 5	222/71
11	06/07/1987	Landsat 5	222/71
12	10/10/1987	Landsat 5	222/71
13	25/08/1988	Landsat 5	222/71
14	10/09/1988	Landsat 5	222/71
15	21/09/1992	Landsat 5	222/71
16	08/09/1993	Landsat 5	222/71
17	13/10/1994	Landsat 5	222/71
18	13/08/1995	Landsat 5	222/71
19	14/09/1995	Landsat 5	222/71
20	22/09/1998	Landsat 5	222/71
21	24/10/1998	Landsat 5	222/71
22	08/08/1999	Landsat 5	222/71
23	30/09/2001	Landsat 5	222/71
24	11/10/2002	Landsat 7	222/71
25	27/10/2002	Landsat 7	222/71
26	22/09/2004	Landsat 5	222/71
27	12/09/2006	Landsat 5	222/71
28	28/09/2006	Landsat 5	222/71
29	01/09/2008	Landsat 5	222/71
30	23/09/2010	Landsat 5	222/71
31	26/09/2011	Landsat 5	222/71

No período de 31 anos avaliado neste estudo, identificou-se a ocorrência de incêndios florestais em 18 anos. Nestes 18 anos, ocorreram sete incêndios que queimaram uma extensão superior a 50% da área total do PESCaN. Além disso, houve grande variabilidade na extensão anual dos incêndios. Os anos que apresentaram maior extensão de área queimada foram 1985 com 9.824,58 ha (80,80%) e 2008 com 10.692,68 ha (87,94%) (Tabela 5).

Para melhor análise dos dados, os 31 anos avaliados nas imagens de satélite para este estudo foram divididos em três períodos: i) 1984 a 1993; ii) 1994 a 2003; iii) 2004 a 2014. Dessa forma é possível acompanhar a evolução dos incêndios durante as décadas estudadas.

6.1 INCÊNDIOS FLORESTAIS NO PESCaN ENTRE 1984 E 1993

A partir da análise das imagens Landsat 5, foi possível detectar e delimitar a ocorrência de sete incêndios florestais ocorridos no período de dez anos (Figura 10, Tabela 5). Pode-se inferir que as maiores extensões de áreas queimadas foram registradas, respectivamente, nos meses de setembro, outubro e agosto (Figura 11, Tabela 6). Não foram identificados incêndios nas imagens referentes ao mês de maio e apenas um polígono foi demarcado em junho.

Foram registrados três incêndios florestais de grandes proporções nos anos de 1985, 1987 e 1992, cada um atingindo mais de 50% da área total do parque. Outros três incêndios, de média proporção, ocorreram nos anos de 1984, 1986 e 1993, queimando entre 20 e 50% da área total do parque, e o de menor proporção, com apenas 8,47% de área afetada, ocorreu em 1988 (Tabela 5).

O intervalo entre o registro das maiores ocorrências foi de sete anos (1985 a 1992). Nesse intervalo, uma queimada de grande proporção atingiu 6.464,23 ha do PESCaN em 1987.

Constatou-se que no ano de 1989 só haviam cenas disponíveis para os meses de julho e agosto e em 1990 apenas junho e julho. Nessas cenas não foram identificadas cicatrizes. Porém, a ausência de imagens prejudicou o registro de possíveis incêndios, podendo subestimar a área real afetada. Em 1991 não houve identificação de cicatriz de incêndio. Os mapas com as delimitações das áreas queimadas mapeadas estão dispostos nas Figuras 12, 13, 14, 15, 16, 17 e 18.

Tabela 5. Área queimada (ha) no interior do Parque Estadual da Serra de Caldas Novas no período compreendido entre os anos de 1984 e 1993.

Ano	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Hectares	%
1984	-	77,17	3.117,91	2.297,21	-	-	5.492,30	45,17
1985	-	0	2.292,61	2.558,71	4.973,27	0	9.824,58	80,80
1986	-	0	-	0	2.479,95	1.083,056	3.563,01	29,30
1987	0	-	49,83	-	-	6.414,40	6.464,23	53,16
1988	-	-	-	955,19	74,20	-	1.029,39	8,47
1989	-	-	0	0	-	-	0	0
1990	-	0	0	-	-	-	0	0
1991	-	0	0	0	0	0	0	0
1992	-	-	-	-	7.970,31	-	7.970,31	65,55
1993	0	-	0	0	4.278,18	0	4.278,18	35,19
Total	0	77,17	5.460,35	5.811,11	19.775,91	7.497,46	38.622	317,64

Tabela 6. Área queimada (ha) no interior do Parque Estadual da Serra de Caldas Novas no período compreendido entre os anos de 1984 e 1993 distribuídos nos meses de maio a outubro.

Mês	Hectares	%
Maio	0	0
Junho	77,17	0,20
Julho	5.460,35	14,14
Agosto	5.811,11	15,05
Setembro	19.775,91	51,20
Outubro	7.497,46	19,41

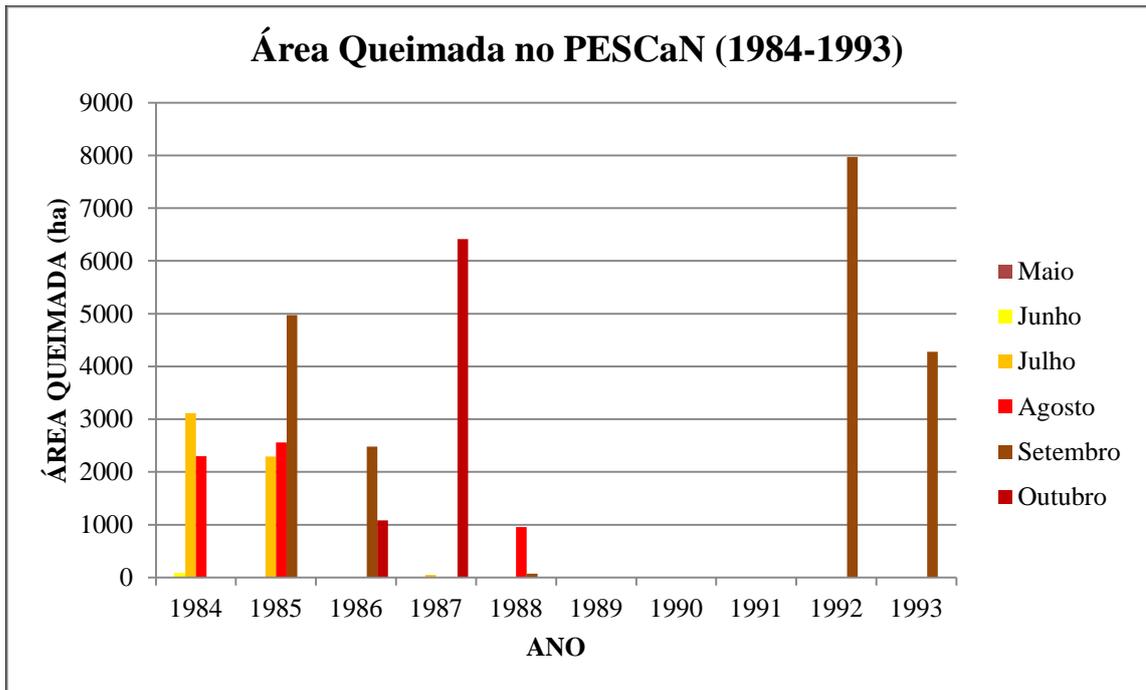


Figura 10. Área queimada (ha) no interior do Parque Estadual da Serra de Caldas Novas no período compreendido entre os anos de 1984 e 1993.

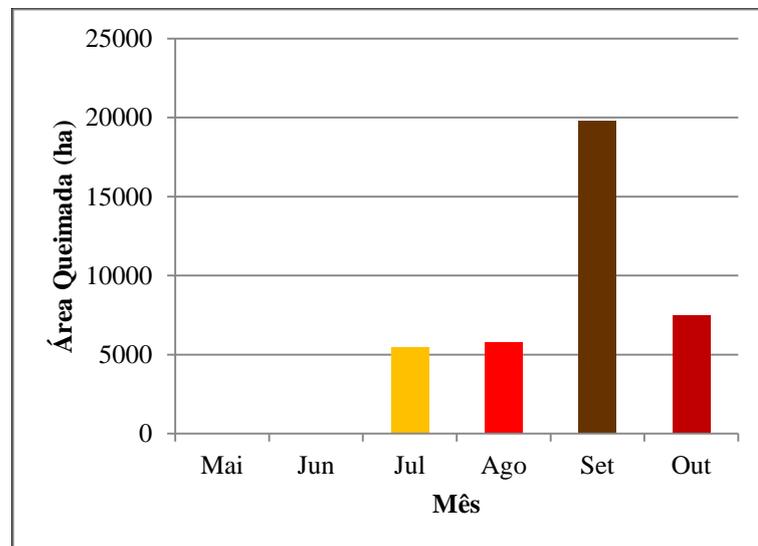


Figura 11. Área queimada (ha) no interior do Parque Estadual da Serra de Caldas Novas no período compreendido entre os anos de 1984 e 1993 distribuídos nos meses de maio a outubro.

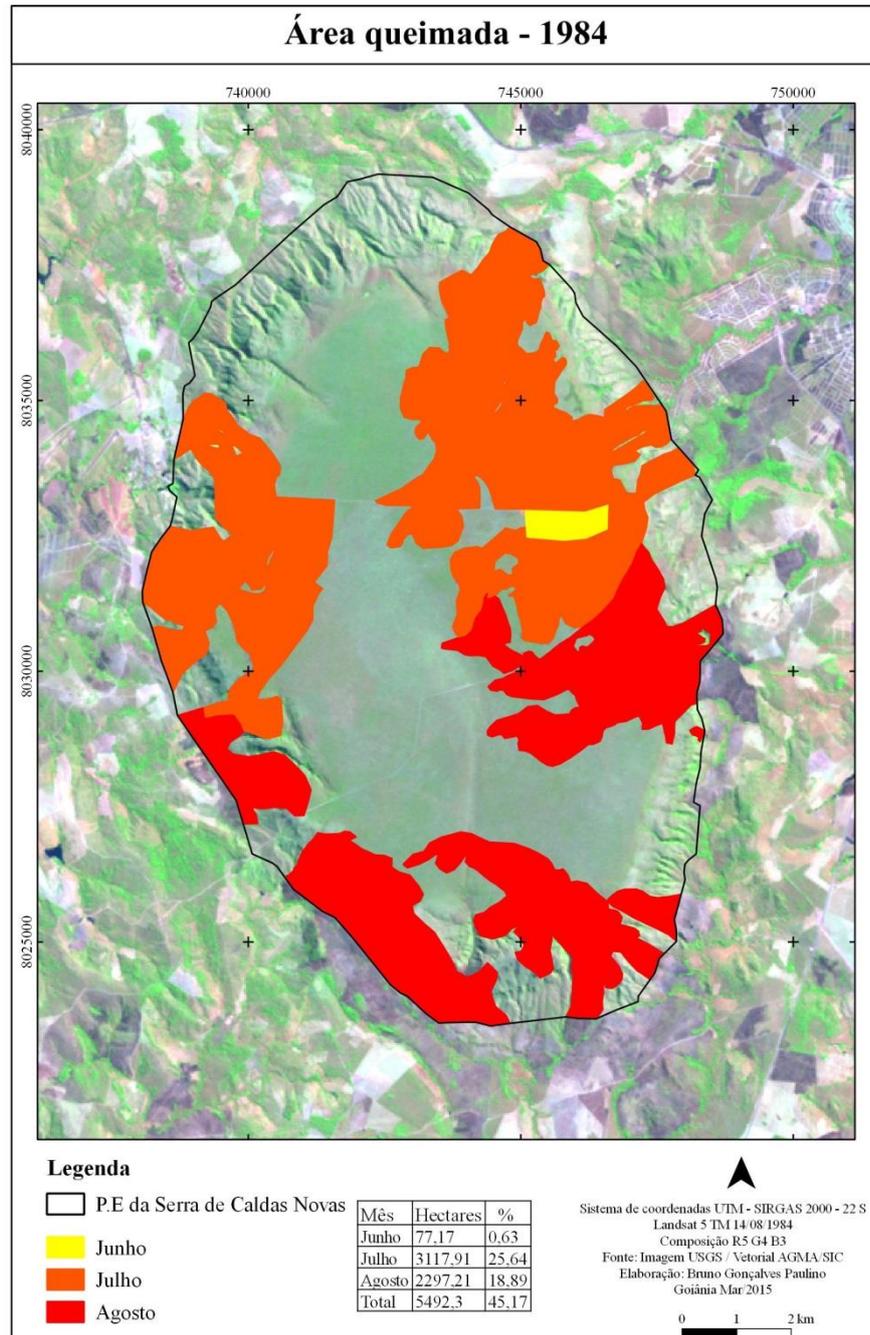


Figura 12. Áreas Queimadas no interior do Parque Estadual da Serra de Caldas Novas-Go no ano de 1984.

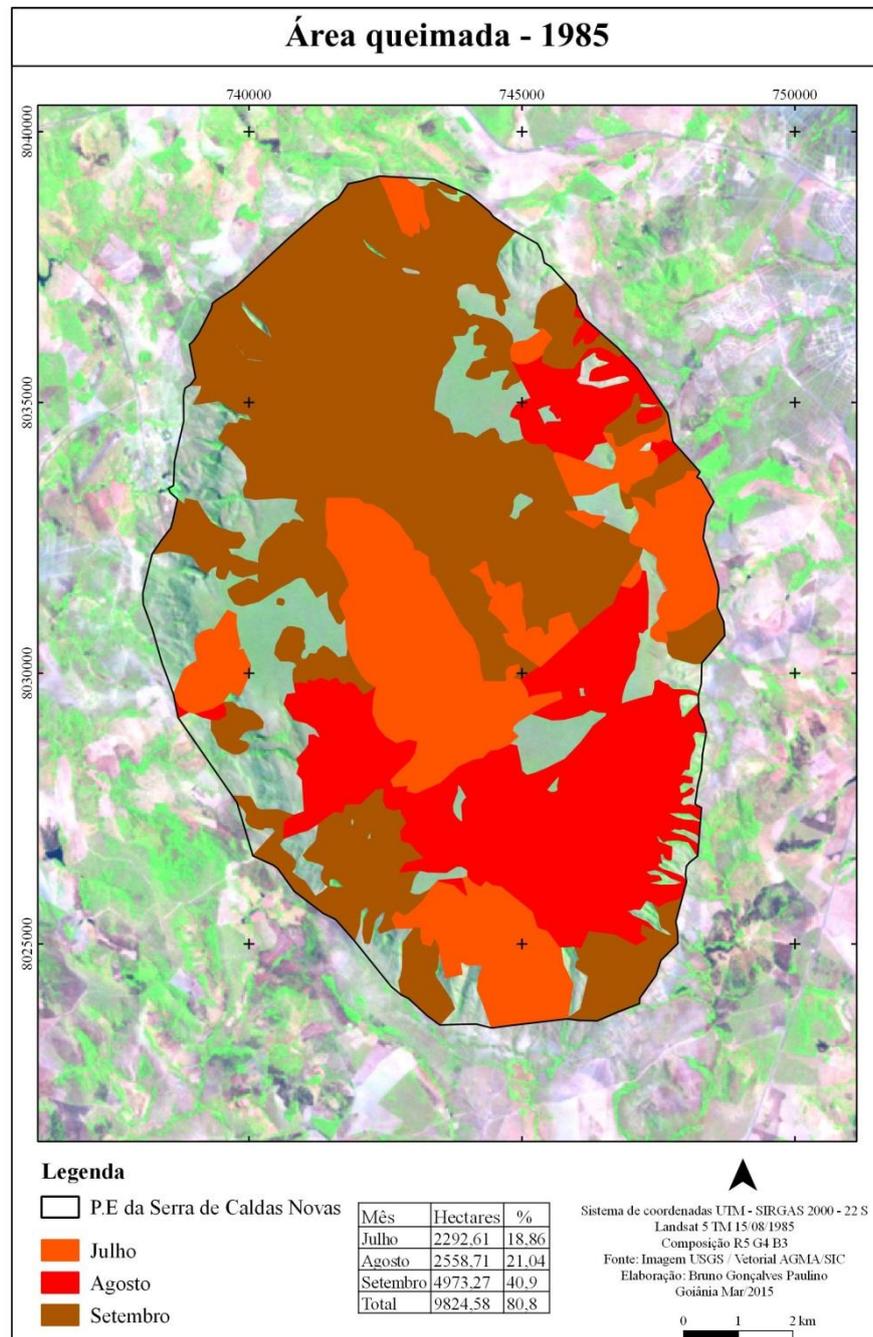


Figura 13. Áreas Queimadas no interior do Parque Estadual da Serra de Caldas Novas-Go no ano de 1985.

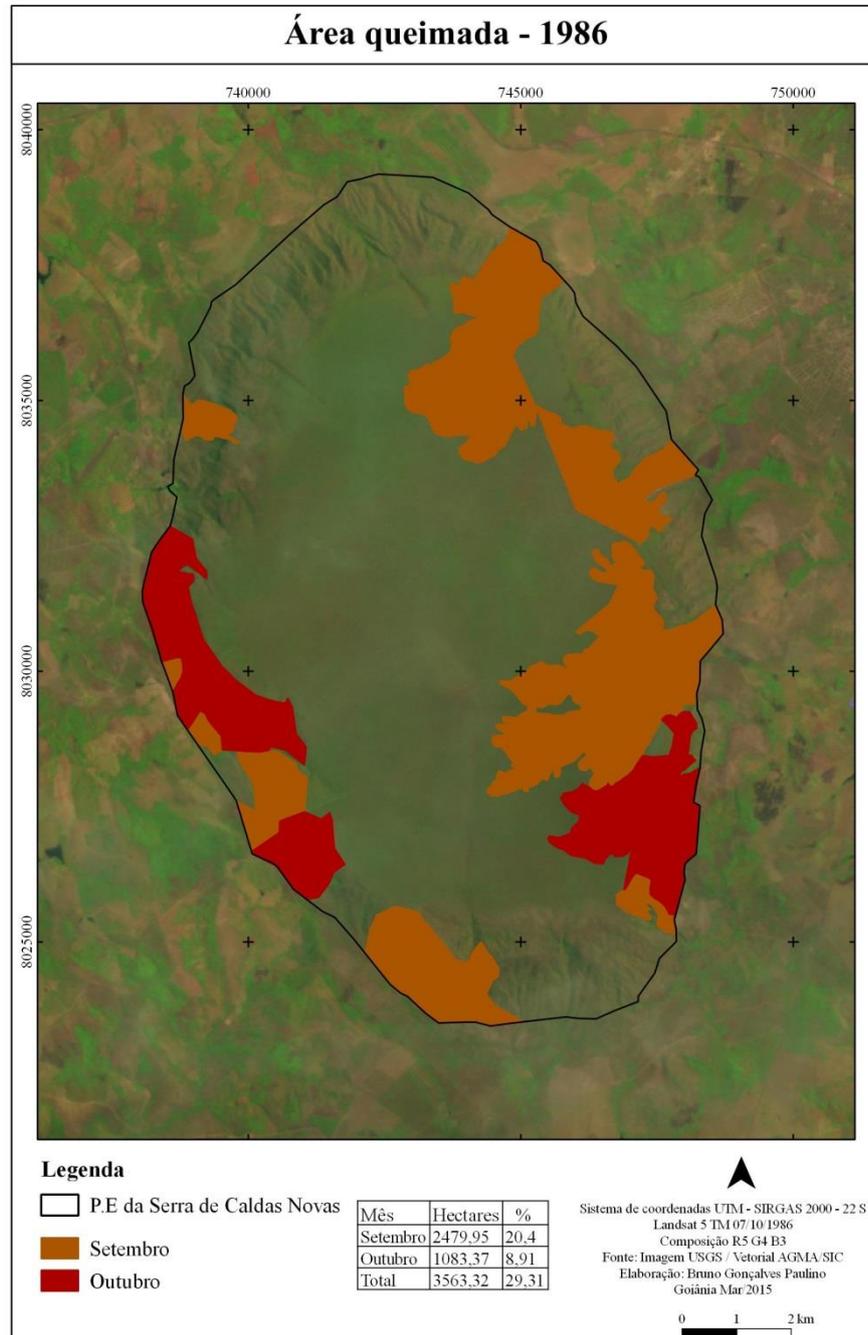


Figura 14. Áreas Queimadas no interior do Parque Estadual da Serra de Caldas Novas-Go no ano de 1986.

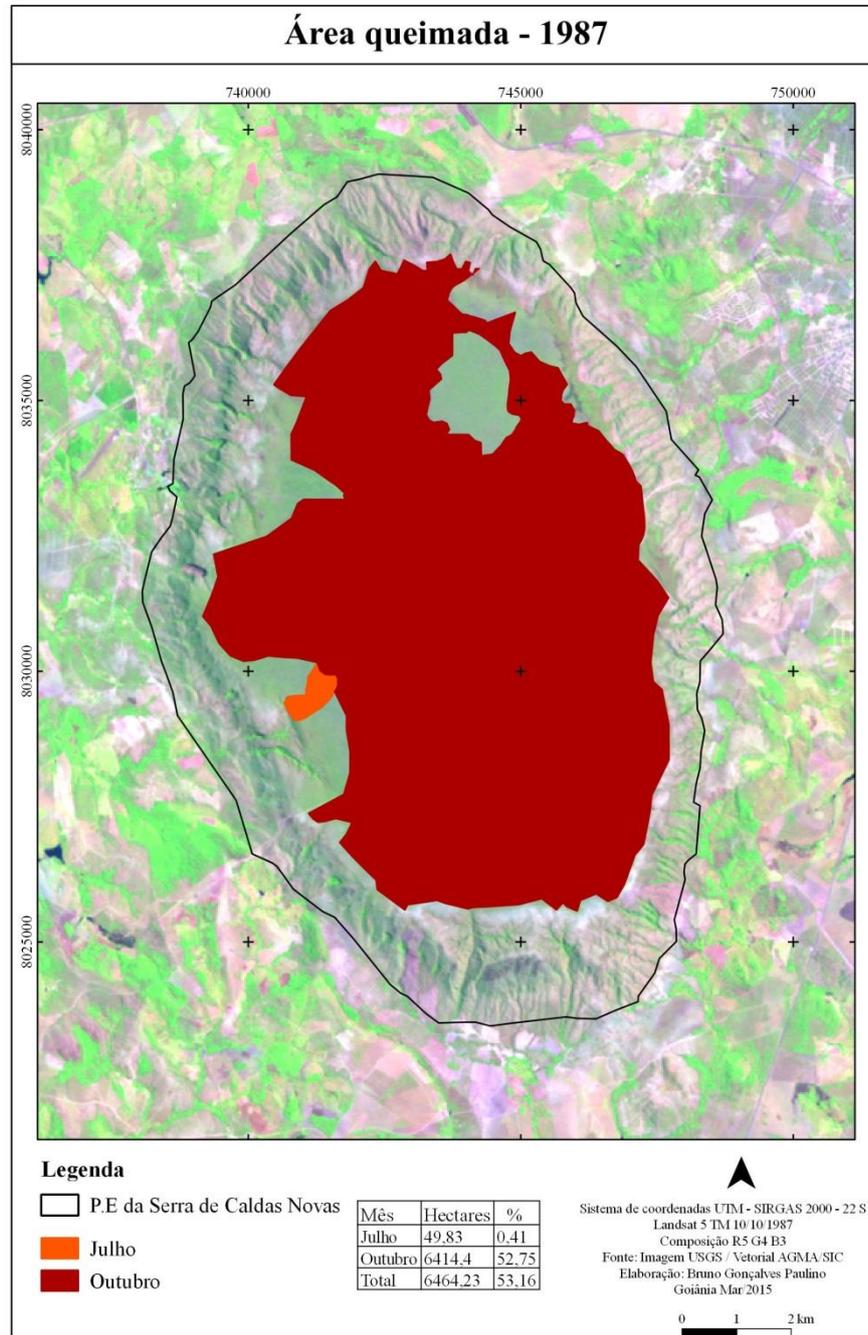


Figura 15. Áreas Queimadas no interior do Parque Estadual da Serra de Caldas Novas-Go no ano de 1987.

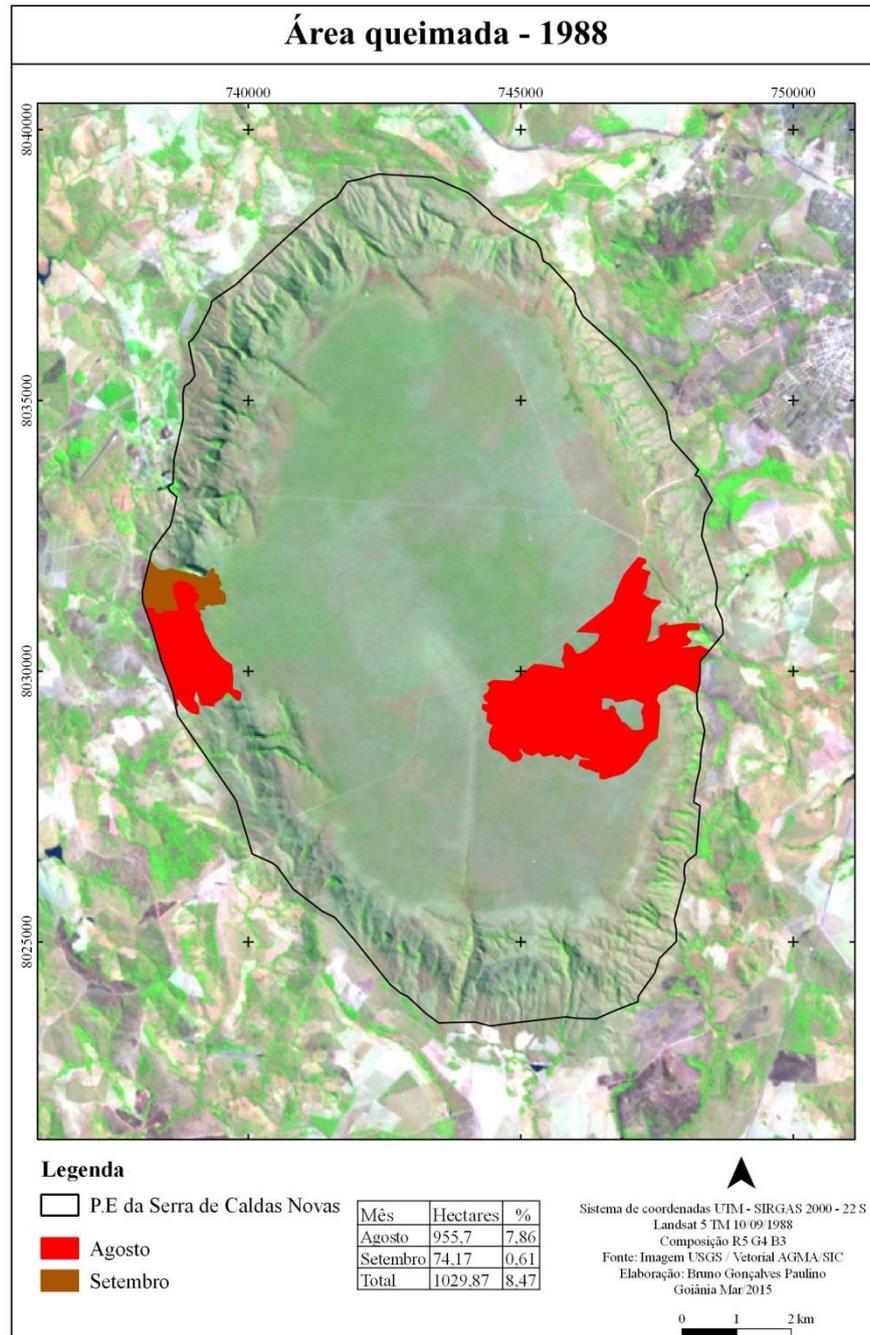


Figura 16. Áreas Queimadas no interior do Parque Estadual da Serra de Caldas Novas-Go no ano de 1988.

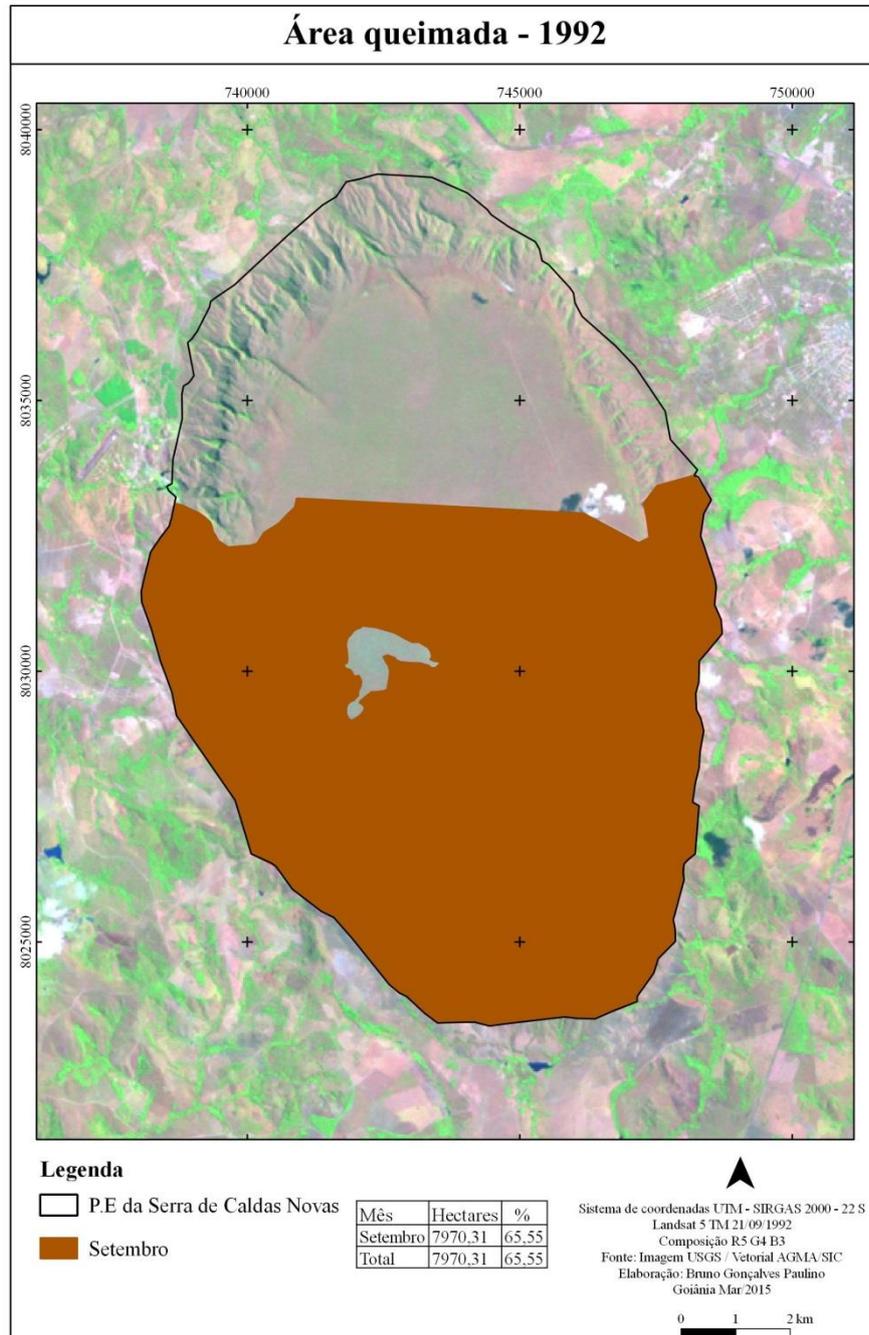


Figura 17. Áreas Queimadas no interior do Parque Estadual da Serra de Caldas Novas-Go no ano de 1992.

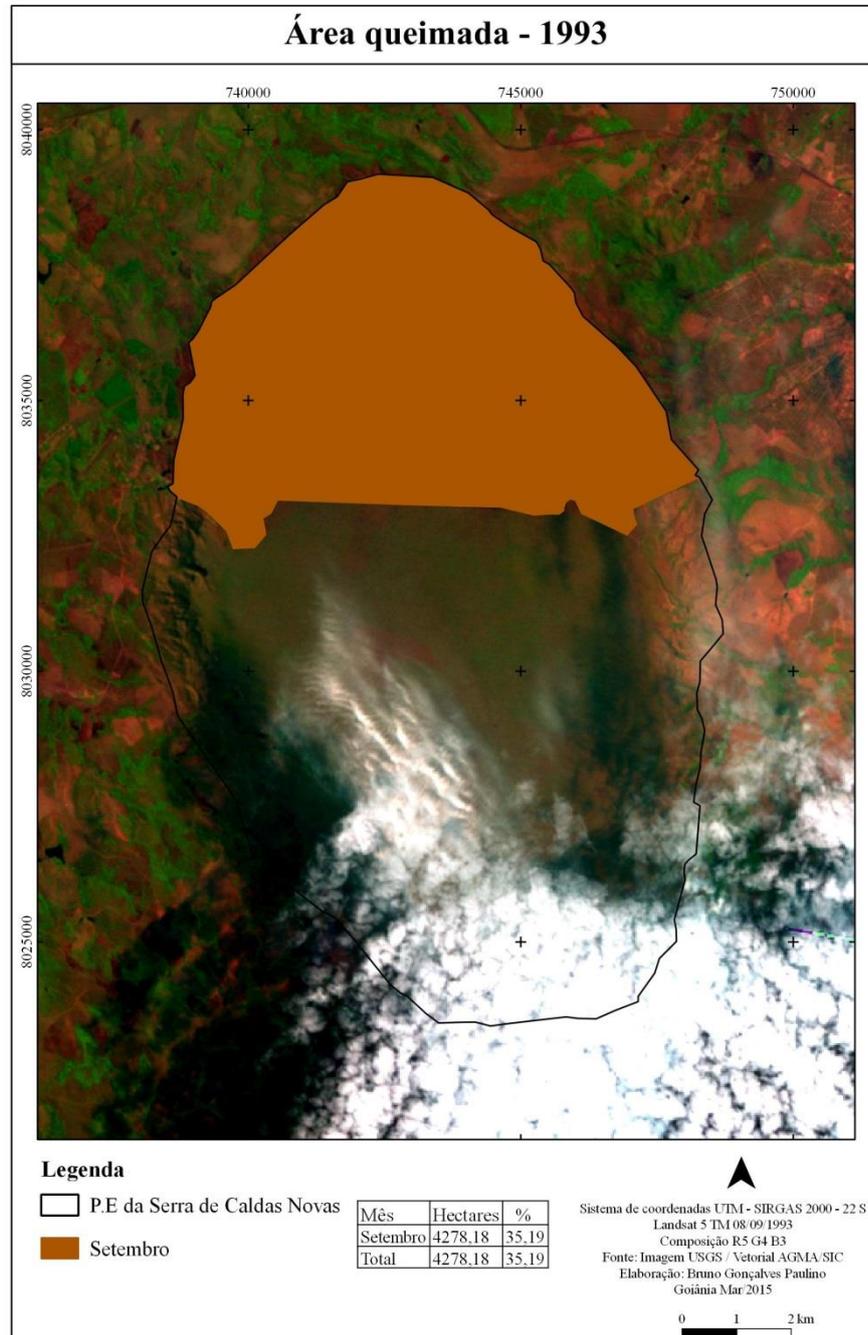


Figura 18. Áreas Queimadas no interior do Parque Estadual da Serra de Caldas Novas-Go no ano de 1993.

O regime de incêndios no período de 1984 a 1993 foi intenso, com recorrência quase anual. No total, aproximadamente 38.622 ha foram queimados, cerca de 317,64%, ou seja, mais de três vezes a área total do Parque (Tabela 7).

No total, 549 polígonos foram demarcados e sua ocorrência ficou distribuída entre uma e seis repetições. A classe que apresentou maior quantidade de área queimada foi de três recorrências, somando uma área de aproximadamente 15.098,57 ha, cerca de 124,18% dos incêndios registrados no período. O maior número de recorrências registradas foi distribuído em seis polígonos, totalizando 16,31% da área do Parque. Os dados demonstram que apenas 2,38% da área do PESCaN queimou somente uma vez.

O mapa de sobreposição (Figura 19) ilustra a distribuição das recorrências ao longo do período. Na Figura 19, identificou-se que o maior número de recorrências está localizado na porção do parque voltada para Caldas Novas, limítrofes às vias de acesso internas. Nesse período, por inferir que o parque não possuía cercamento e estrutura adequada para o controle de acesso ao interior da UC, e devido à existência de fluxo de pessoas nas vias internas de forma desordenada, a ação de incendiários pode ser uma justificativa para o maior número de registros próximos a essas vias.

Tabela 7. Polígonos, áreas e percentuais do Parque Estadual da Serra de Caldas Novas afetados pelas diferentes recorrências de incêndios no período compreendido entre os anos de 1984 e 1993.

Nº de recorrências	Nº de polígonos	Hectares	% PESCaN
1	52	289,35	2,38
2	120	5.853,11	48,14
3	162	15.098,57	124,18
4	138	12.025,82	98,90
5	71	3.371,60	27,73
6	6	1.983,55	16,31
Total	549	38.622	317,64

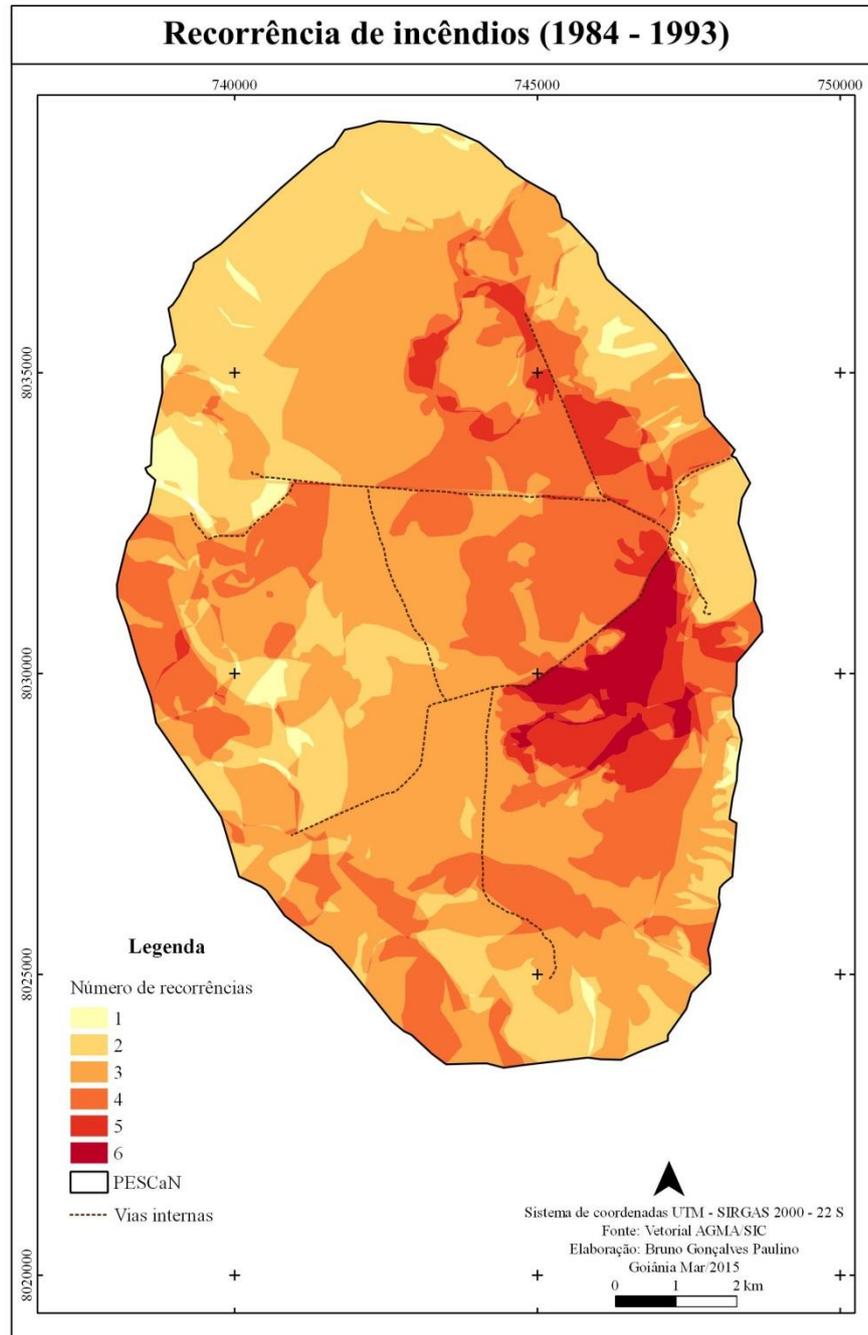


Figura 19. Mapa de queima acumulada, representando as recorrências de incêndios no Parque Estadual da Serra de Caldas Novas no período compreendido entre 1984 a 1993.

6.2 INCÊNDIOS FLORESTAIS NO PESCaN ENTRE 1994 E 2003

A partir da análise das imagens Landsat 5 e Landsat 7, foi possível detectar e delimitar a ocorrência de seis incêndios florestais ocorridos no período de dez anos. Pode-se inferir que as maiores extensões de áreas queimadas foram registradas, respectivamente, nos meses de outubro, setembro, e agosto (Tabelas 8 e 9).

No ano de 2002 foi registrado um incêndio de grande proporção, atingindo mais de 52,54% da área total do PESCaN. Em 1994 houve um incêndio de média proporção, queimando 40,40% da área do parque. Outras quatro ocorrências de incêndio foram caracterizadas de pequena proporção, ocorreram nos anos de 1995, 1998, 1999 e 2001, afetando até 20% do parque.

Tabela 8. Área queimada (ha) no interior do Parque Estadual da Serra de Caldas Novas no período compreendido entre os anos de 1994 e 2003.

Ano	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Hectares	%
1994	0	0	0	0	0	4.912,55	4.912,55	40,40
1995	0	-	0	1.188,10	901,97	-	2.090,07	17,19
1996	0	-	-	-	-	-	0	0
1997	0	-	0	-	-	0	0	0
1998	-	0	0	-	2.211,17	0	2.211,17	18,19
1999	0	0	0	282,70	0	-	282,70	2,33
2000	0	0	0	0	-	0	0	0
2001	0	0	0	0	1.198,36	0	1.198,36	9,86
2002	0	0	0	-	-	6.388,08	6.388,08	52,54
2003	0	0	0	0	0	-	0	0
Total	0	0	0	1.470,8	4.311,5	11.300,63	17.082,93	140,51

Tabela 9. Área queimada (ha) no interior do Parque Estadual da Serra de Caldas Novas no período compreendido entre os anos de 1994 e 2003 distribuídos nos meses de maio a outubro.

Mês	Hectares	%
Maio	0	0
Junho	0	0
Julho	0	0
Agosto	1.470,80	8,61
Setembro	4.311,50	25,24
Outubro	11.300,63	66,15

A somatória dessas pequenas ocorrências (5.782,30 ha) foi menor do que a área total registrada em um único evento no ano 2002 (6.388,08 ha), a maior ocorrência nesse período. Observou-se que houve uma redução de áreas queimadas em relação ao período anterior, de 38.622 ha para 17.082,93 ha, cerca de 177,13%.

A distribuição das ocorrências de incêndios ao longo dos anos foi heterogênea (Figuras 20 e 21), com períodos curtos de recorrências, cerca de dois anos, e um intervalo de oito anos entre os maiores incêndios. Nas cenas dos anos 1997, 2000 e 2003 não foram identificadas cicatrizes, e no ano de 1996 não haviam cenas disponíveis. A ausência de imagens prejudicou o registro de possíveis incêndios, podendo subestimar a área real afetada. Os mapas com as delimitações das áreas queimadas mapeadas encontram-se nas Figuras 22, 23, 24, 25, 26 e 27.

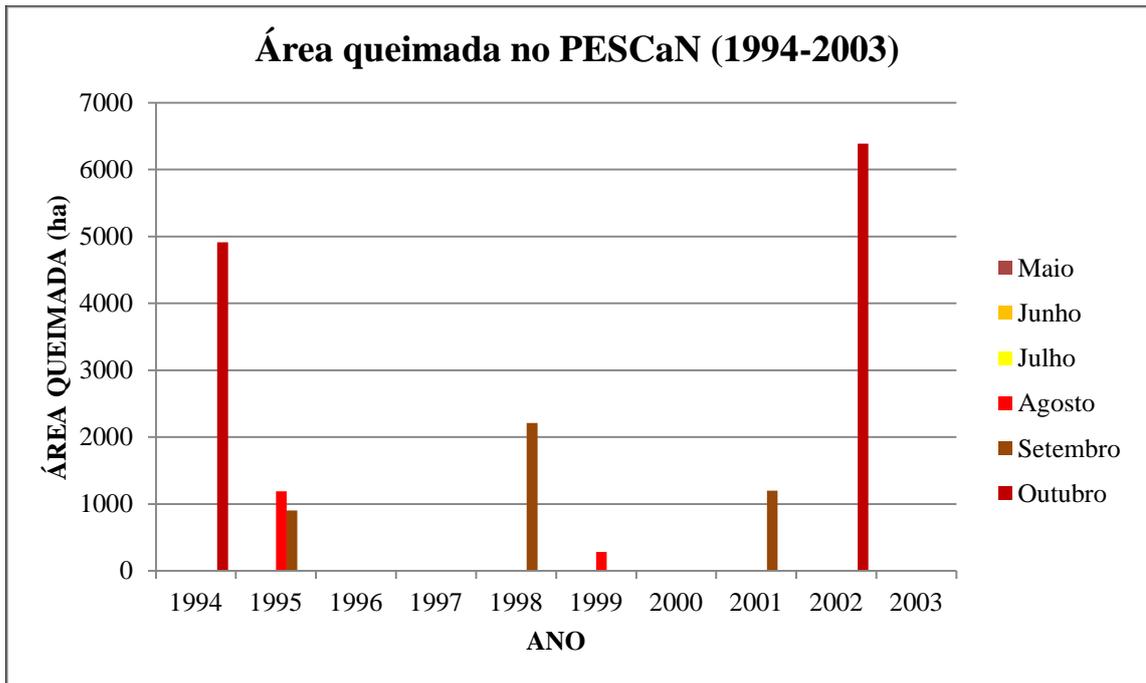


Figura 20. Área queimada no interior do Parque Estadual da Serra de Caldas Novas no período compreendido entre os anos de 1994 e 2003.

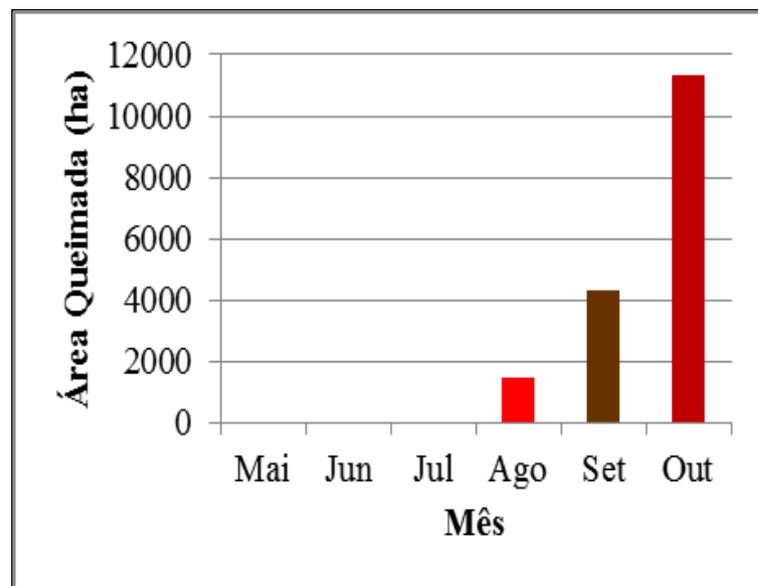


Figura 21. Área queimada (ha) no interior do Parque Estadual da Serra de Caldas Novas no período compreendido entre os anos de 1994 e 2003 distribuídos nos meses de maio a outubro.

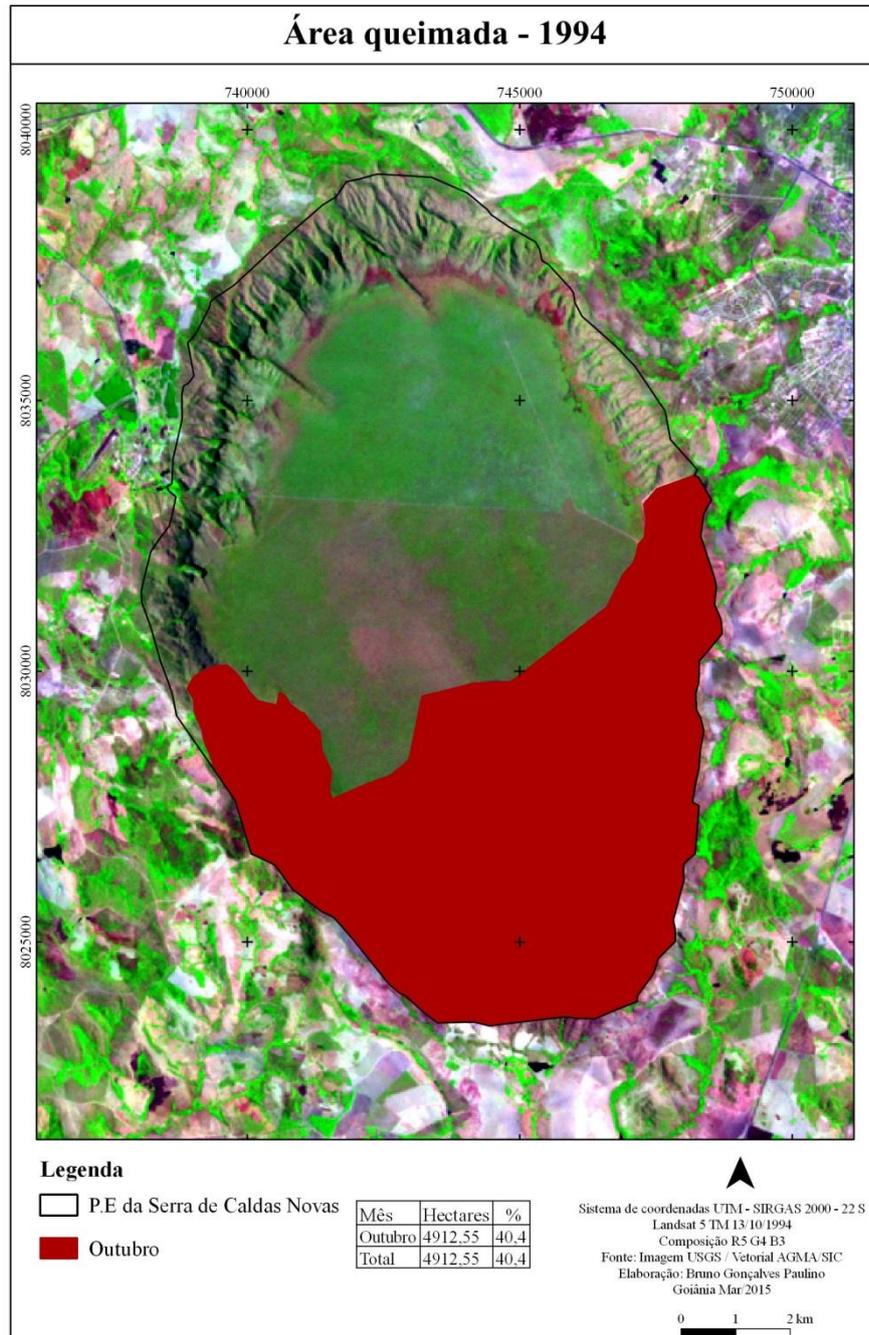


Figura 22. Áreas Queimadas no interior do Parque Estadual da Serra de Caldas Novas-Go no ano de 1994.

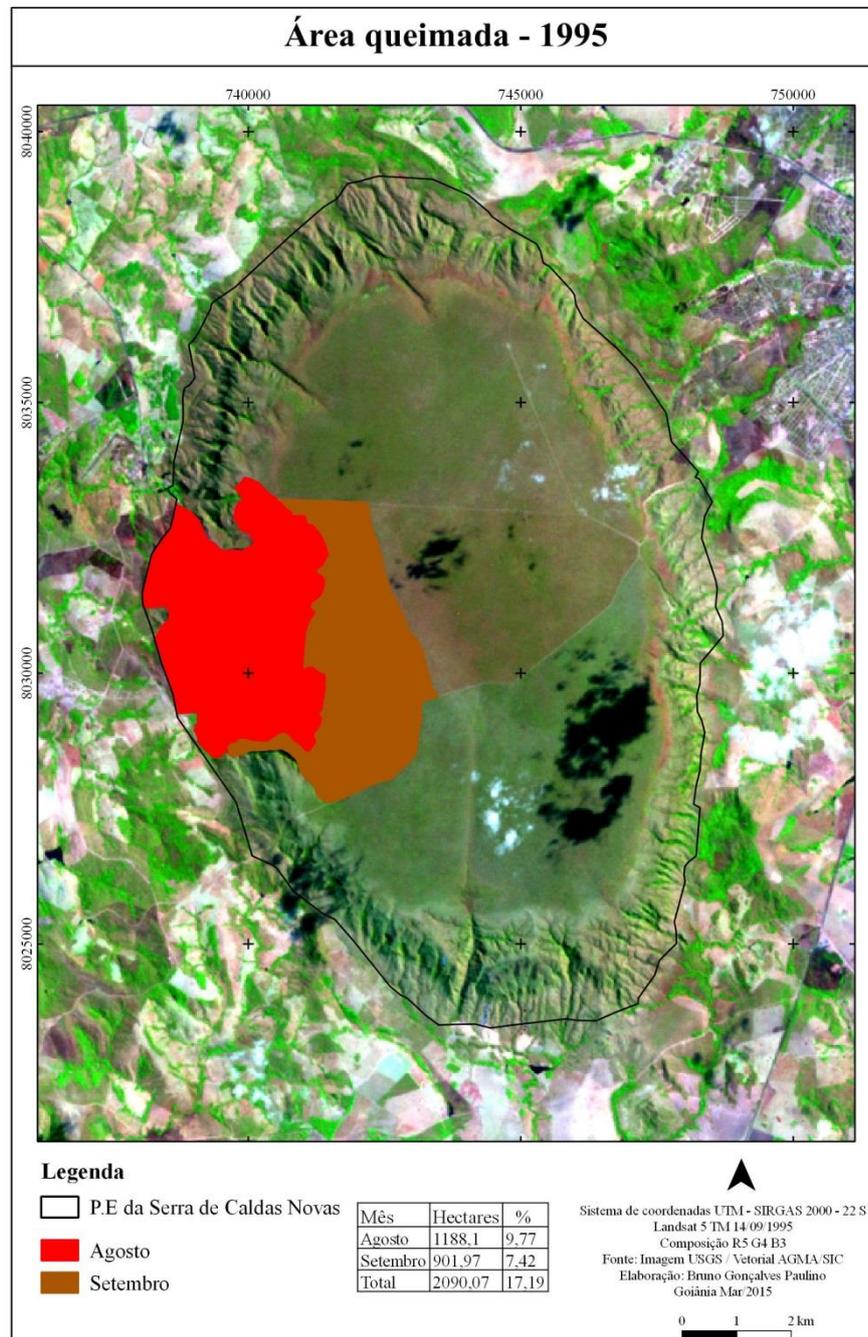


Figura 23. Áreas Queimadas no interior do Parque Estadual da Serra de Caldas Novas-Go no ano de 1995.

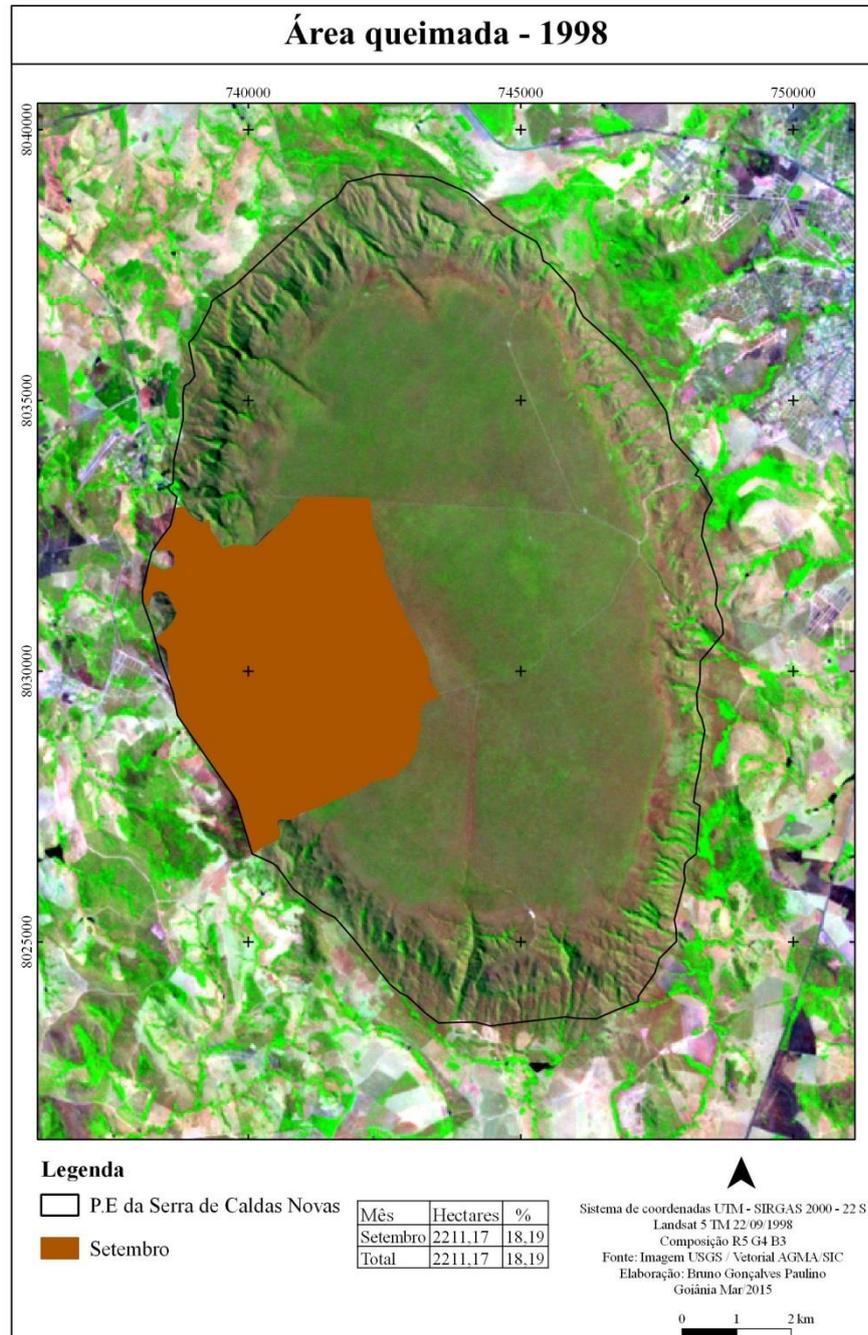


Figura 24. Áreas Queimadas no interior do Parque Estadual da Serra de Caldas Novas-Go no ano de 1998.

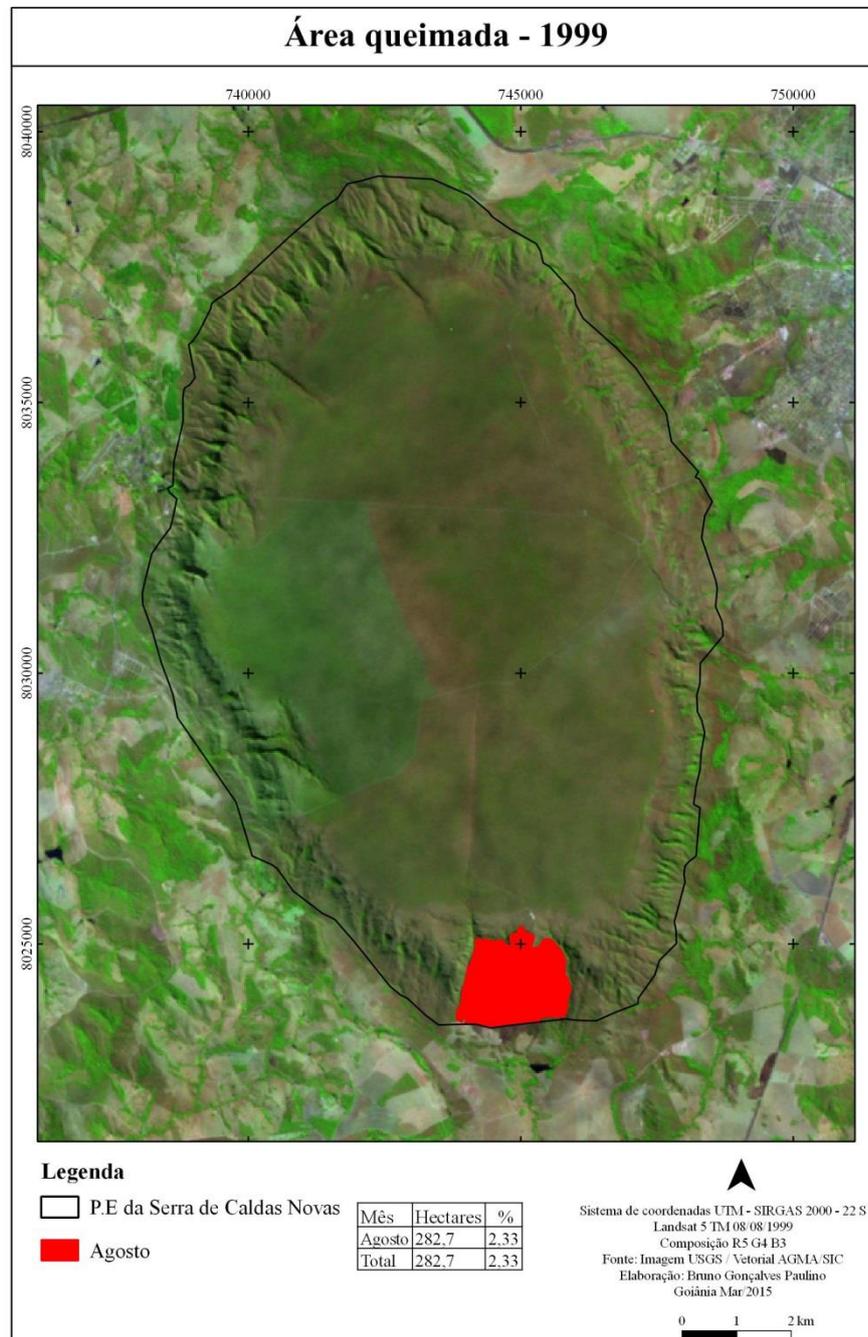


Figura 25. Áreas Queimadas no interior do Parque Estadual da Serra de Caldas Novas-Go no ano de 1999.

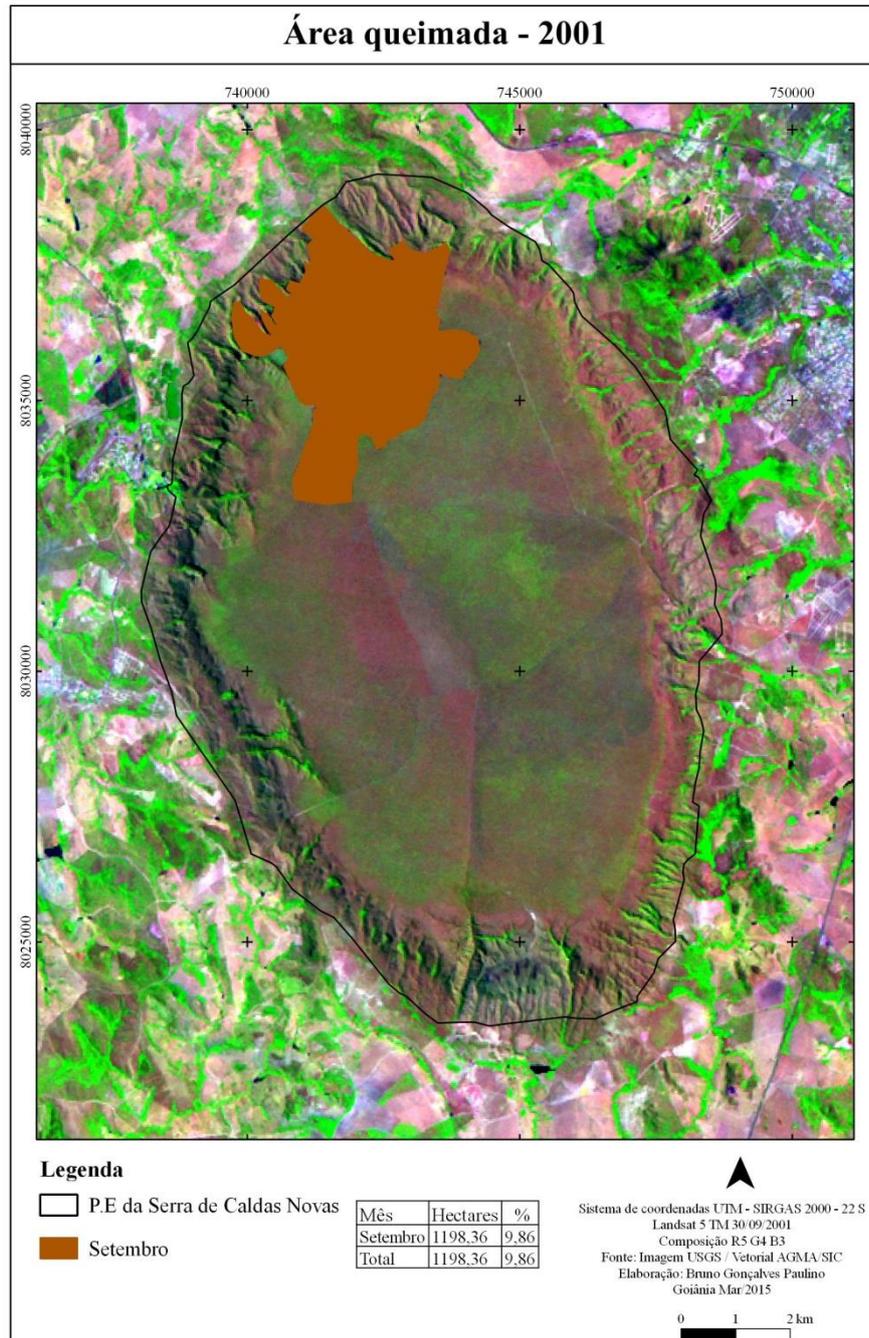


Figura 26. Áreas Queimadas no interior do Parque Estadual da Serra de Caldas Novas-Go no ano de 2001.

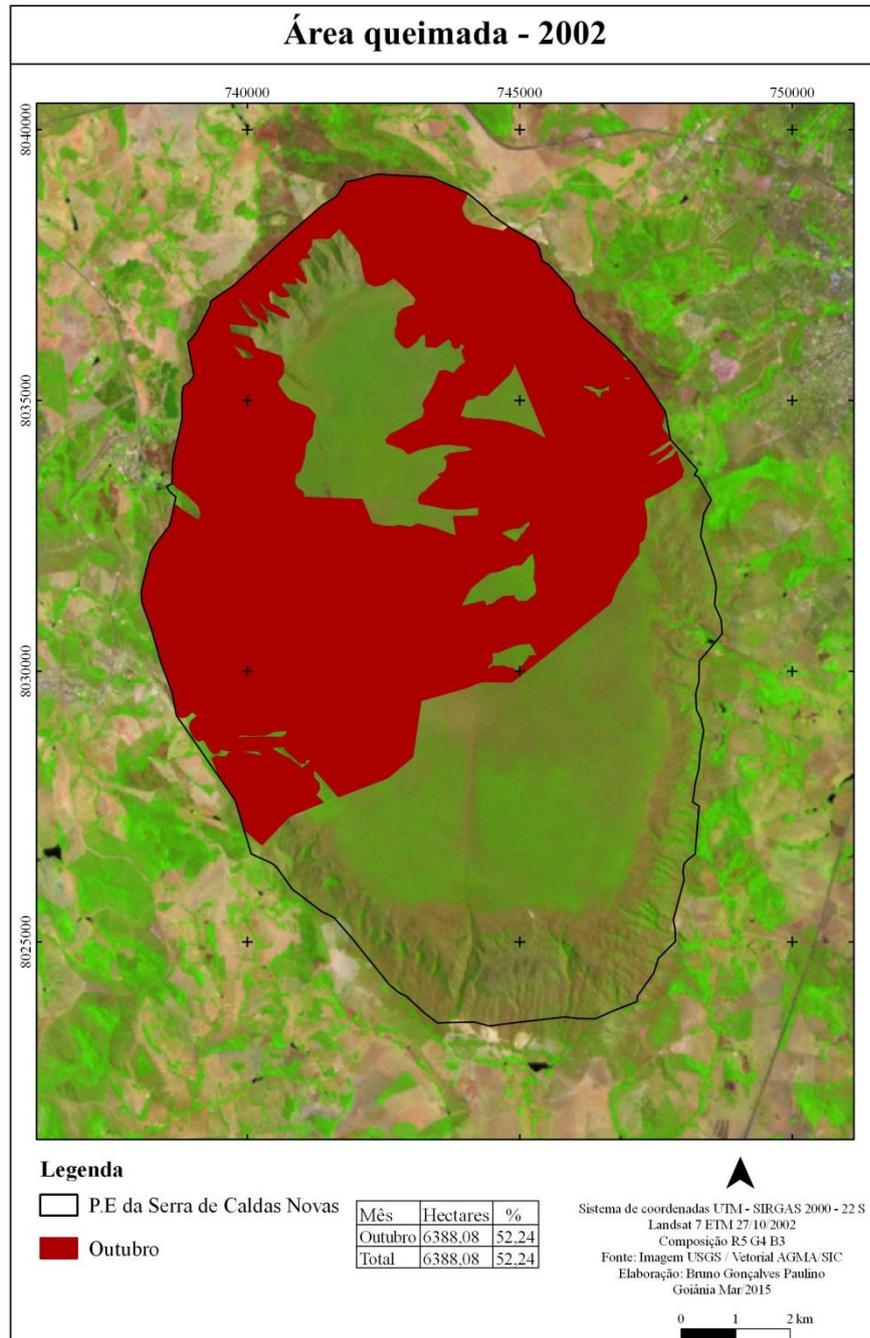


Figura 27. Áreas Queimadas no interior do Parque Estadual da Serra de Caldas Novas-Go no ano de 2002.

Quanto à recorrência, no total 129 polígonos foram demarcados e sua ocorrência ficou distribuída entre uma e quatro repetições. O regime de incêndios no período de 1994 a 2003, em comparação ao período anterior, apresentou redução no número de recorrência máxima para até quatro vezes, essa classe apresentou aproximadamente 1.144,28 ha queimados, cerca de 9,41% do total registrado (Tabela 10).

A classe que apresentou maior quantidade de área queimada foi de apenas uma ocorrência, com vinte polígonos, somando uma área de aproximadamente 8.736,62 ha, cerca de 71,85% dos incêndios registrados no período. Seguida pela de três ocorrências, apresentando cerca de 46,60% do total registrado, distribuídos em 31 polígonos. Outros 71 registraram até duas ocorrências, totalizando 12,63% da área total queimada no período.

O mapa de sobreposição (Figura 28) ilustra a distribuição das recorrências ao longo do período. Nele, identificou-se que o maior número de recorrências está localizado na porção do parque voltada para Rio Quente, novamente em áreas limítrofes as vias de acesso internas. Nesse local existe uma trilha da base da serra que dá acesso a um mirante natural, porém neste local não há controle da visitação, o que pode facilitar a ação de incendiários.

Nesse período avaliado, o Parque começou a ser estruturado e várias mudanças ocorreram na administração. No ano de 1998 foi inaugurada a sede do Parque, juntamente com o cercamento de toda a UC. Tal fato pode ter contribuído para a redução da ocorrência de incêndios, pois promoveu restrições ao trânsito de pessoas no interior da unidade e o controle na entrada de visitantes. Isso pode ter dificultando o acesso de incendiários ao topo do platô e, conseqüentemente, no número de recorrências.

Tabela 10. Polígonos, áreas e percentuais do Parque Estadual da Serra de Caldas Novas afetados pelas diferentes recorrências de incêndios no período compreendido entre os anos de 1994 e 2003.

Nº de recorrências	Nº de polígonos	Hectares	% PESCaN
1	20	8736,62	71,85
2	71	1535,54	12,63
3	31	5666,49	46,60
4	7	1144,28	9,41
Total	129	17082,93	140,50

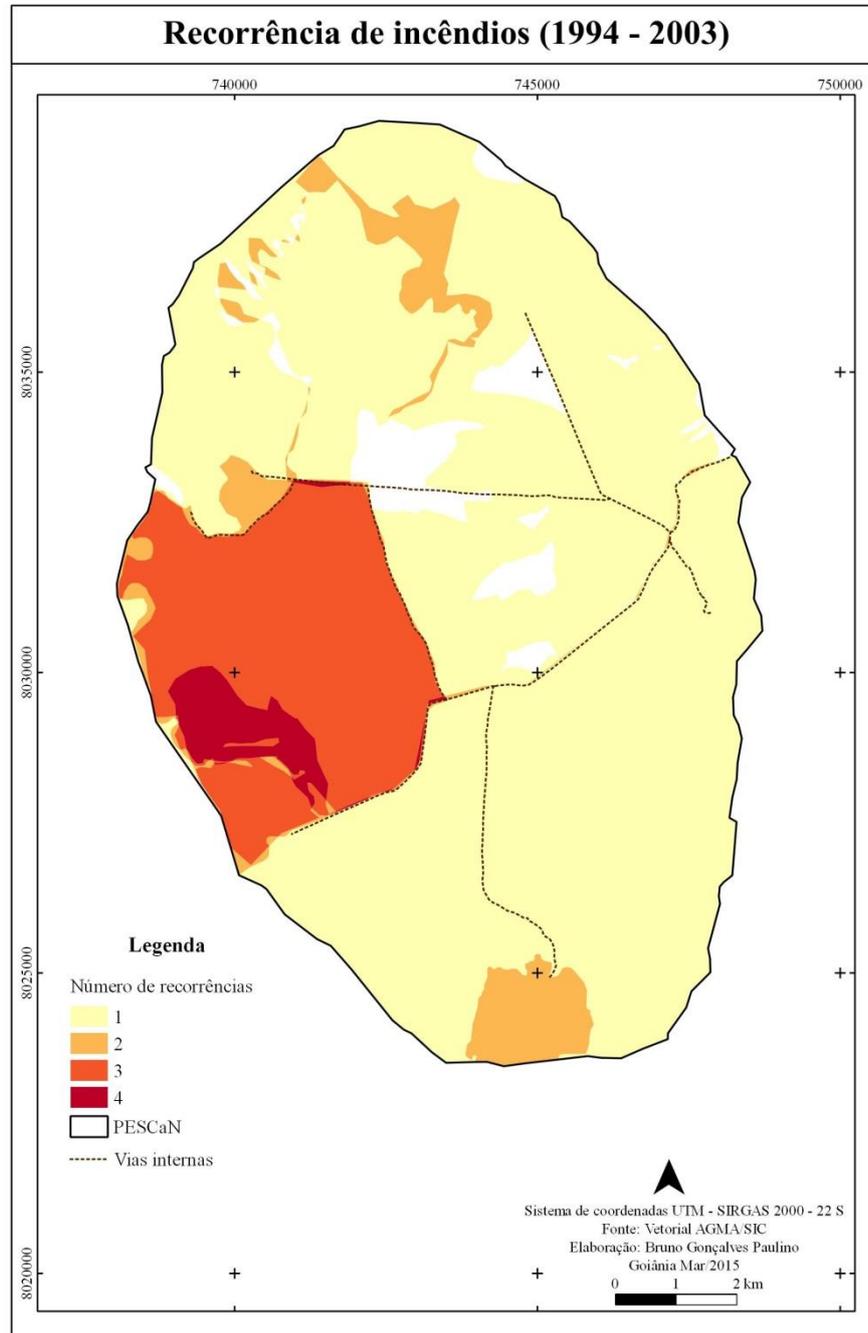


Figura 28. Mapa de queima acumulada, representando as recorrências de incêndios no Parque Estadual da Serra de Caldas Novas no período compreendido entre 1994 a 2003.

6.3 INCÊNDIOS FLORESTAIS NO PESCaN ENTRE 2004 E 2014

A partir da análise das imagens Landsat 5, foi possível detectar e delimitar a ocorrência de cinco incêndios florestais ocorridos no período de 11 anos (Tabela 11). Pode-se inferir que todas as queimadas foram registradas no mês de setembro (Tabela 12 e Figura 29).

Foram registrados três incêndios de grande proporção nos anos de 2006, 2008 e 2011, cada um atingindo mais de 50% da área total do PESCaN. O incêndio de 2008 foi o que apresentou a maior extensão de área queimada neste estudo, com cerca de 10.692,68 ha, representando 87,94% da UC. Outras duas ocorrências foram caracterizadas de pequena proporção, em 2004 e 2010. O registro de menor proporção foi observado em 2004, com área atingida de 222,31 ha ou 1,83% do parque (Figura 30).

Neste período, observou-se o maior e o menor registro de área queimada em todo o intervalo avaliado no estudo. Outro ponto importante foi a percepção e caracterização do regime de queima de forma bienal, ou seja, a cada dois anos o parque foi afetado por incêndios (2002, 2004, 2006, 2008, 2010), intercalado por pequenos registros de ocorrência contrastando com extensas áreas queimadas.

A somatória dessas pequenas ocorrências (522,18 ha) foi menor do que a área total registrada em um único evento no ano 2008 (10.692,68 ha). Percebeu-se ainda aumento no quantitativo de áreas queimadas em relação ao período anterior, de 17.082,93 ha para 27.580,66 ha, totalizando 226,83% da UC.

A distribuição das ocorrências de incêndios ao longo dos anos apresentou caráter homogêneo, com períodos curtos de recorrência, cerca de dois anos, até mesmo no intervalo entre os maiores registros de incêndios (2006 e 2008).

Não foram identificados incêndios nas cenas de 2005, 2007 e 2009. Porém, a ocorrência de nuvens nas cenas de agosto a outubro de 2009 impediram a visualização da área de estudo. A ausência de imagens prejudicou o registro de possíveis incêndios, podendo subestimar a área real afetada. Analisando as imagens do satélite Resourcesat 1, não foram identificados incêndios nas cenas de 2012. Nas cenas do Landsat 8, em 2013 e 2014, também não foram identificados ocorrência de incêndios. Os mapas com as delimitações das áreas queimadas mapeadas são apresentadas nas Figuras 31, 32, 33, 34 e 35.

Tabela 11. Área queimada (ha) no interior do Parque Estadual da Serra de Caldas Novas no período compreendido entre os anos de 2004 e 2014.

Ano	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Hectares	%
2004	0	0	0	0	222,31	0	222,31	1,83
2005	0	0	0	0	0	0	0	0,00
2006	-	0	-	0	8.858,36	-	8.858,36	72,85
2007	0	0	0	0	0	0	0	0
2008	-	-	0	0	10.692,68	-	10.692,68	87,94
2009	0	-	0	-	-	-	0	0
2010	0	0	0	0	299,87	0	299,87	2,47
2011	0	0	0	0	7.507,44	-	7.507,44	61,74
2012	0	0	0	-	0	0	0	0
2013	0	0	-	0	-	-	0	0
2014	-	-	-	-	-	-	0	0
Total	0	0	0	0	27.580,66	0	27.580,66	226,83

Tabela 12. Área queimada (ha) no interior do Parque Estadual da Serra de Caldas Novas no período compreendido entre os anos de 2004 e 2014 distribuídos nos meses de maio a outubro.

Mês	Hectares	%
Maio	0	0
Junho	0	0
Julho	0	0
Agosto	0	0
Setembro	2.7580,66	100
Outubro	0	0

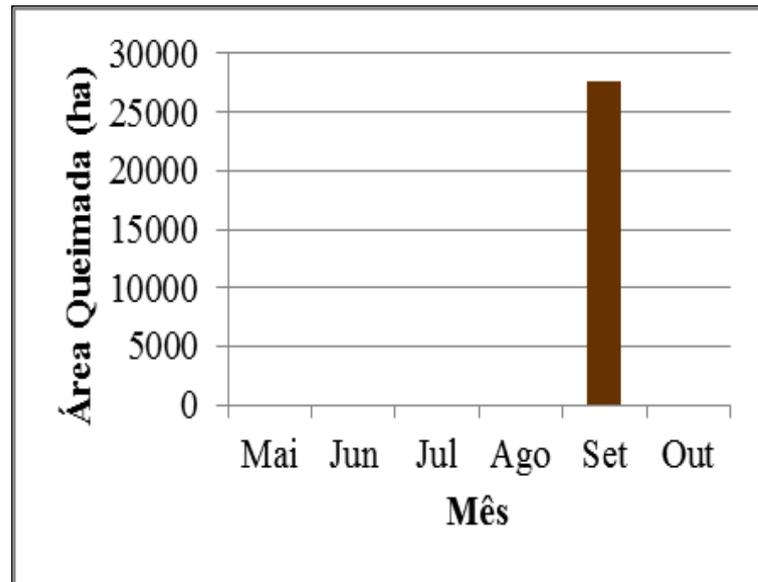


Figura 29. Área queimada (ha) no interior do Parque Estadual da Serra de Caldas Novas no período compreendido entre os anos de 2004 e 2014 distribuídos nos meses de maio a outubro.

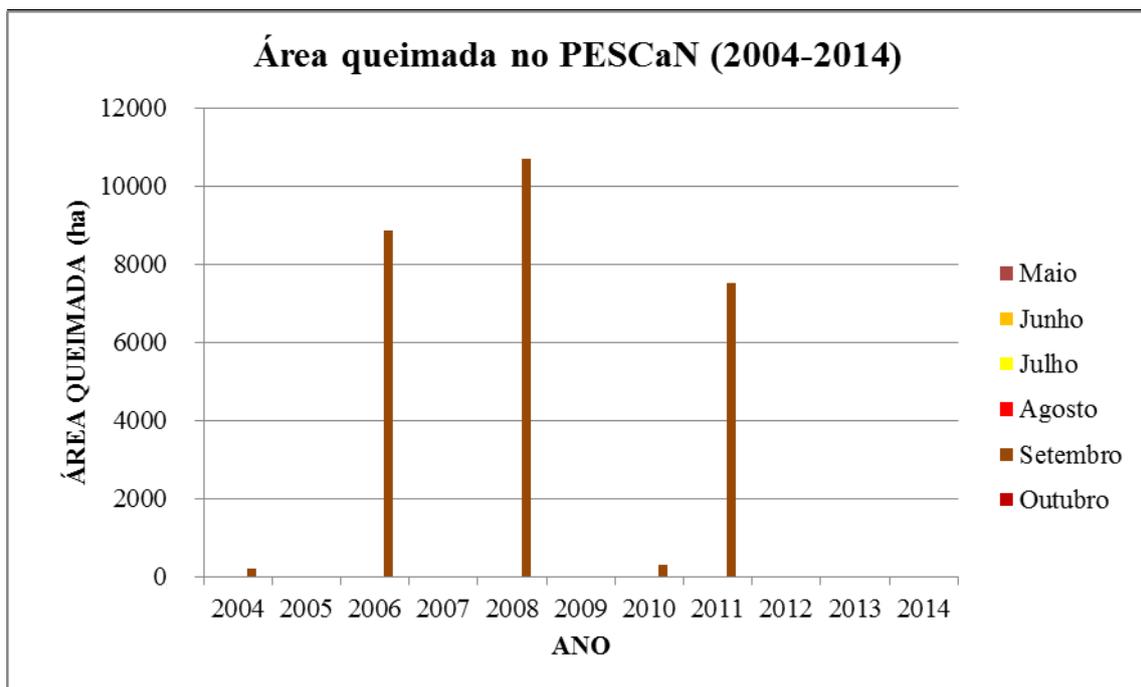


Figura 30. Área queimada no interior do Parque Estadual da Serra de Caldas Novas entre 2004 e 2014.

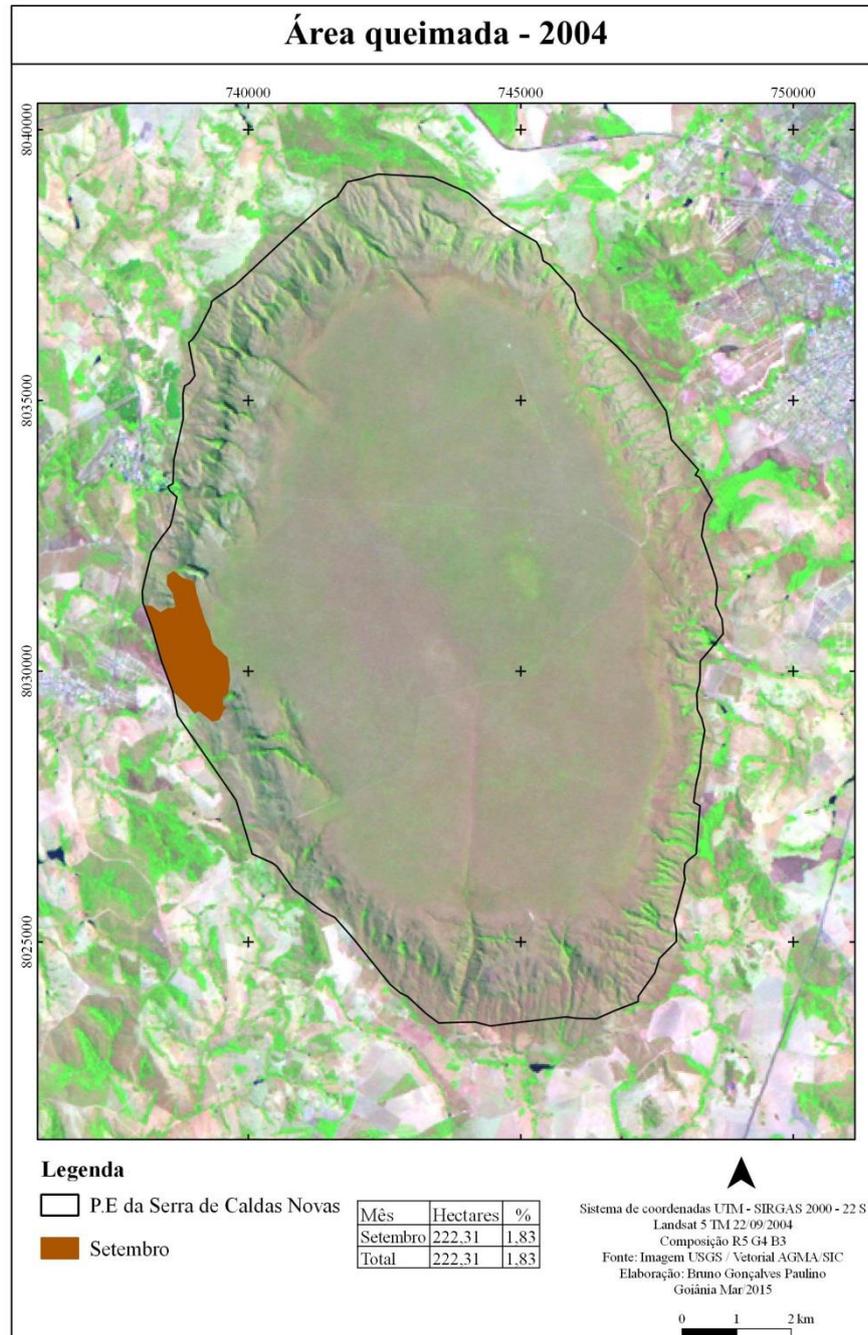


Figura 31. Áreas Queimadas no interior do Parque Estadual da Serra de Caldas Novas-Go no ano de 2004.

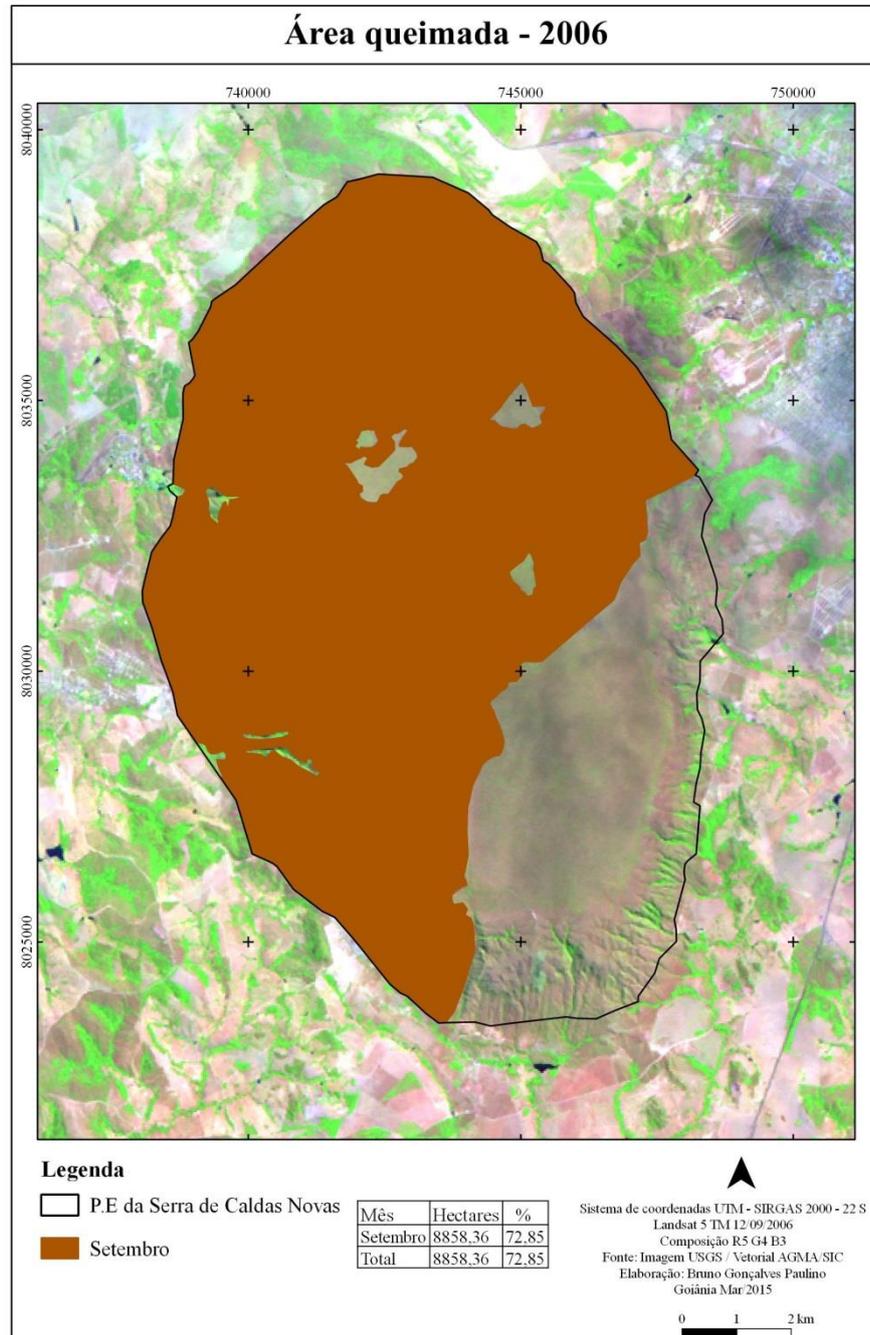


Figura 32. Áreas Queimadas no interior do Parque Estadual da Serra de Caldas Novas-Go no ano de 2006.

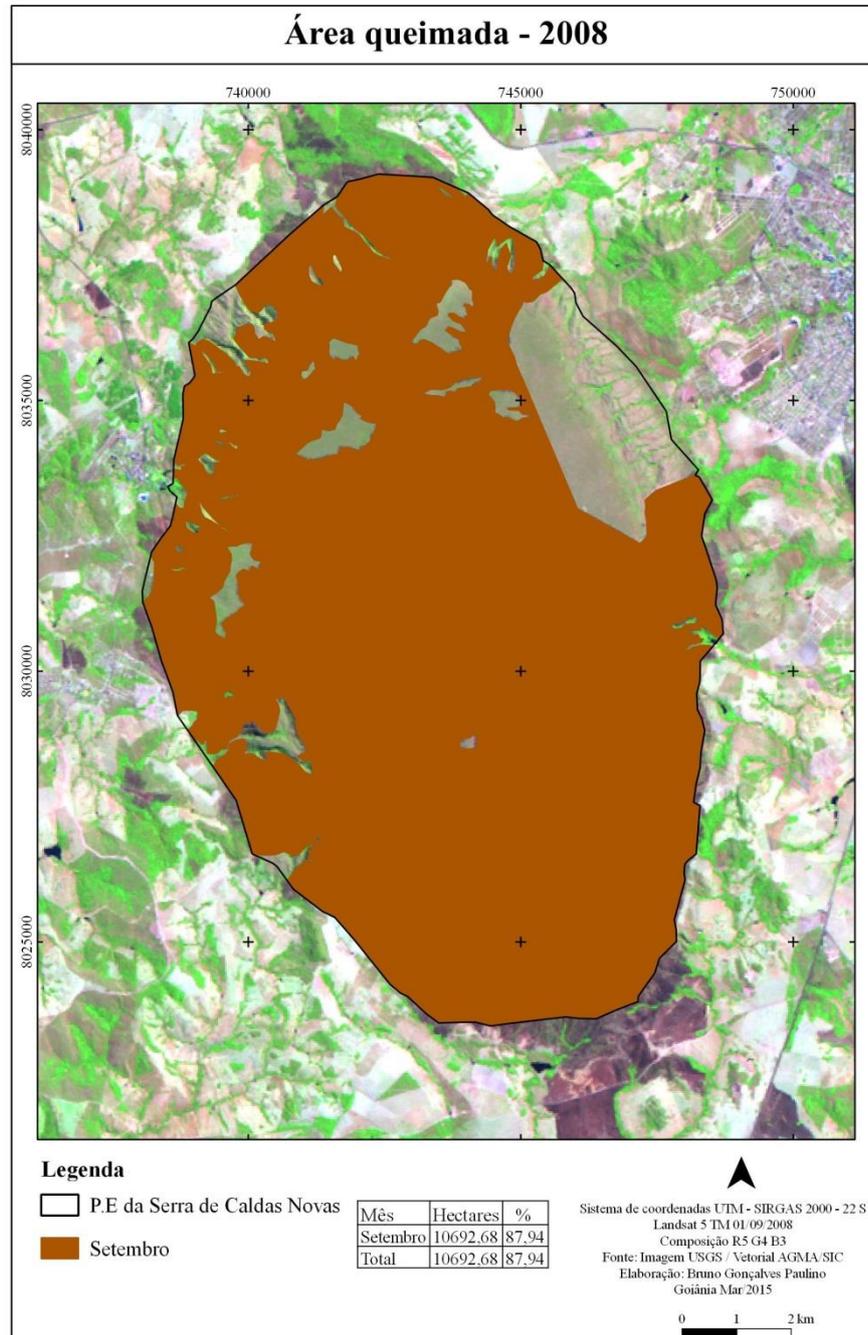


Figura 33. Áreas Queimadas no interior do Parque Estadual da Serra de Caldas Novas-Go no ano de 2008.

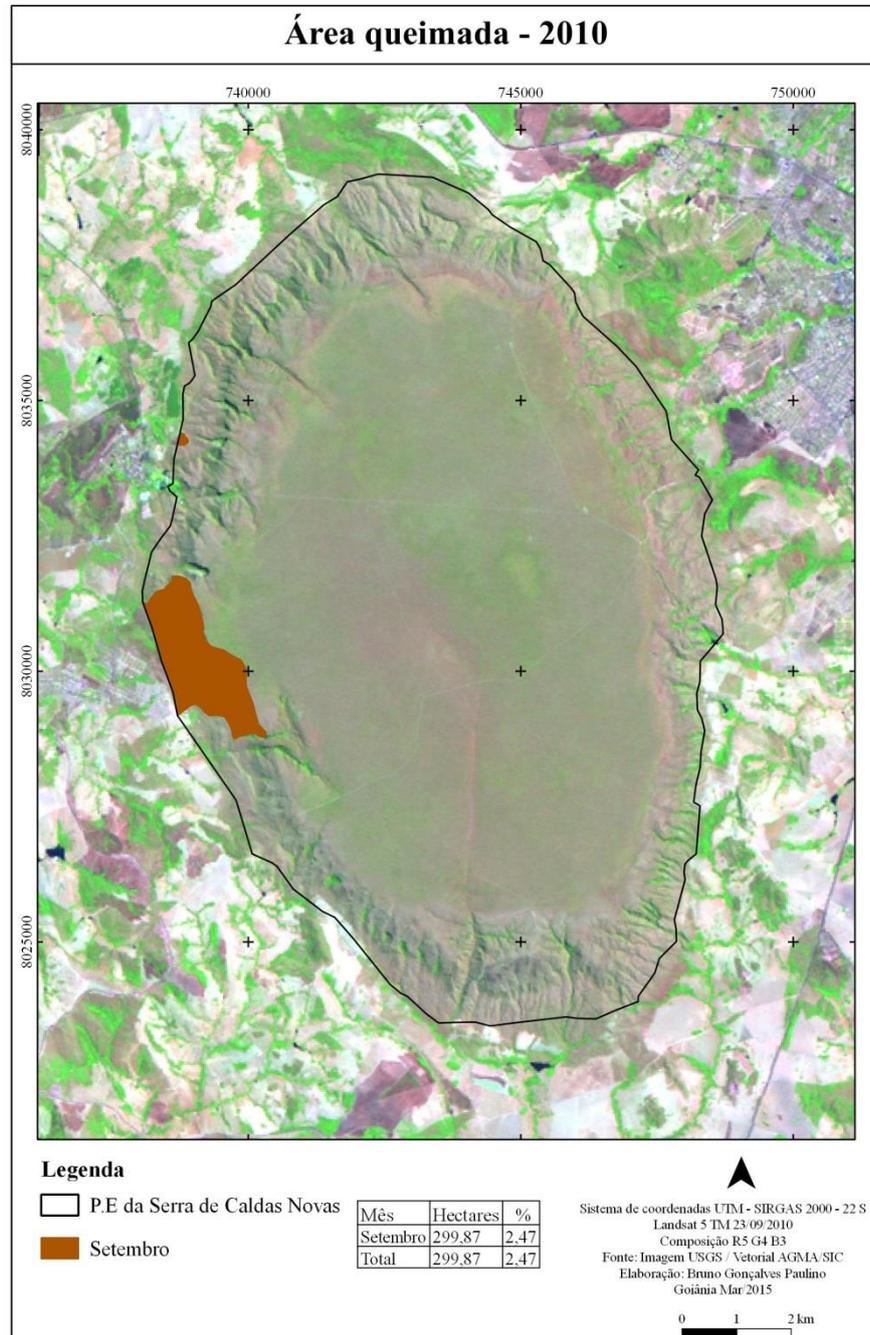


Figura 34. Áreas Queimadas no interior do Parque Estadual da Serra de Caldas Novas-Go no ano de 2010.

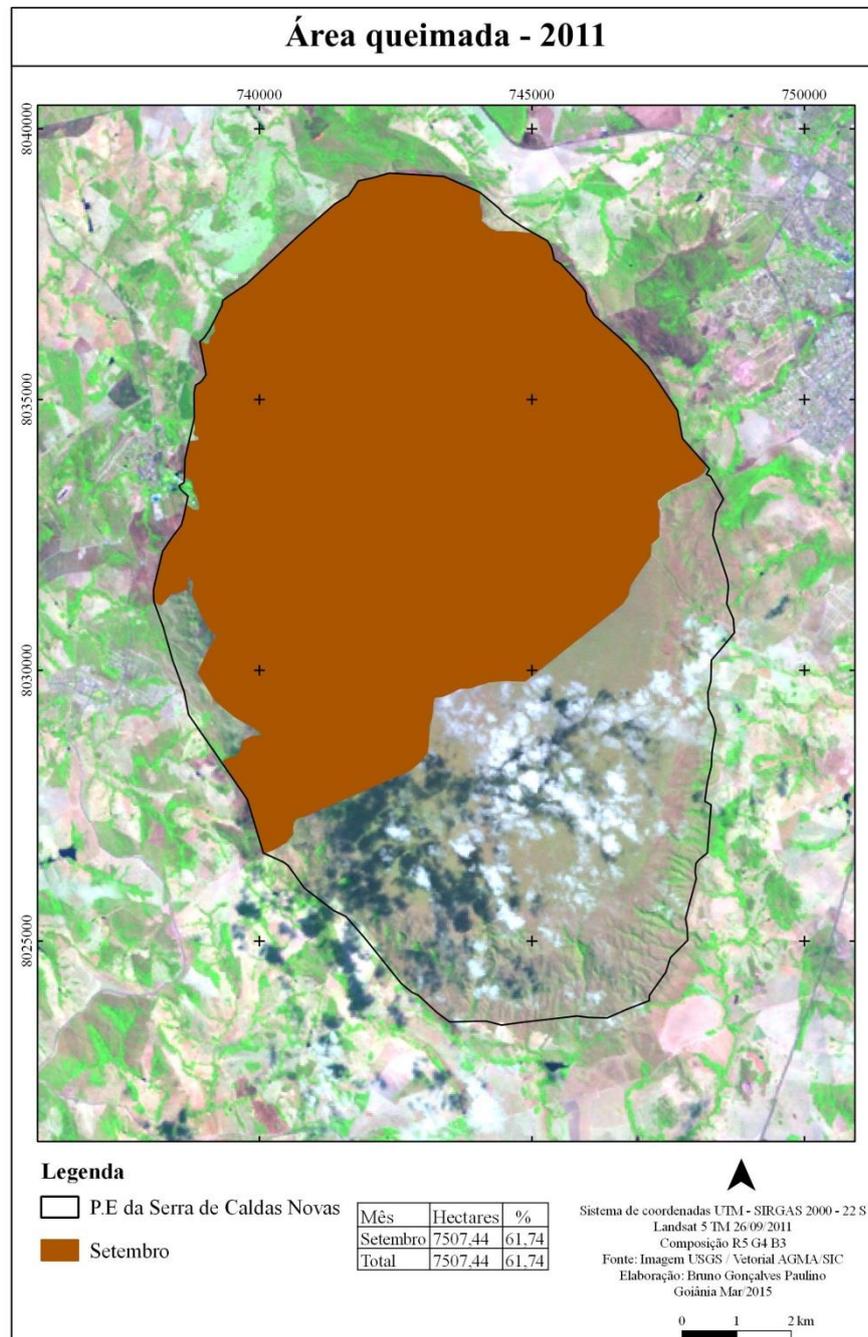


Figura 35. Áreas Queimadas no interior do Parque Estadual da Serra de Caldas Novas-Go no ano de 2011.

Quanto à recorrência, no total de 225 polígonos, foram demarcados e sua ocorrência ficou distribuída entre uma e cinco repetições. O regime de incêndios no período de 2004 a 2014, em comparação ao período anterior, apresentou aumento no número de recorrência máxima para até cinco vezes. Essa classe apresentou aproximadamente 420,82 ha queimados, cerca de 3,46% do total registrado (Tabela 13).

A classe que apresentou maior quantidade de área queimada foi de três ocorrências, 58 polígonos, somando uma área de aproximadamente 17.574,08 ha, cerca de 144,54% dos incêndios registrados no período. Seguida pela de duas ocorrências, apresentando cerca de 46,69% do total registrado, distribuídos em 107 polígonos. Outros 47 polígonos registraram apenas uma ocorrência, totalizando 25,92% da área total queimada no período.

O mapa de sobreposição (Figura 36) ilustra a distribuição das recorrências ao longo do período. Foi identificado o maior número de recorrências na porção do parque voltada para Rio Quente, em uma região bem próxima aos limites do Parque. O mapa define claramente grandes polígonos com suas respectivas ocorrências, as vias de acesso aparentemente limitam os polígonos, possivelmente pela quebra da continuidade do material combustível.

Tabela 13. Polígonos, áreas e percentuais do Parque Estadual da Serra de Caldas Novas afetados pelas diferentes recorrências de incêndios no período compreendido entre os anos de 2004 e 2014.

Nº de recorrências	Nº de polígonos	Hectares	% PESCaN
1	47	3.151,5	25,92
2	107	5.676,53	46,69
3	58	17.574,08	144,54
4	10	757,73	6,23
5	3	420,82	3,46
Total	225	27.580,66	226,83

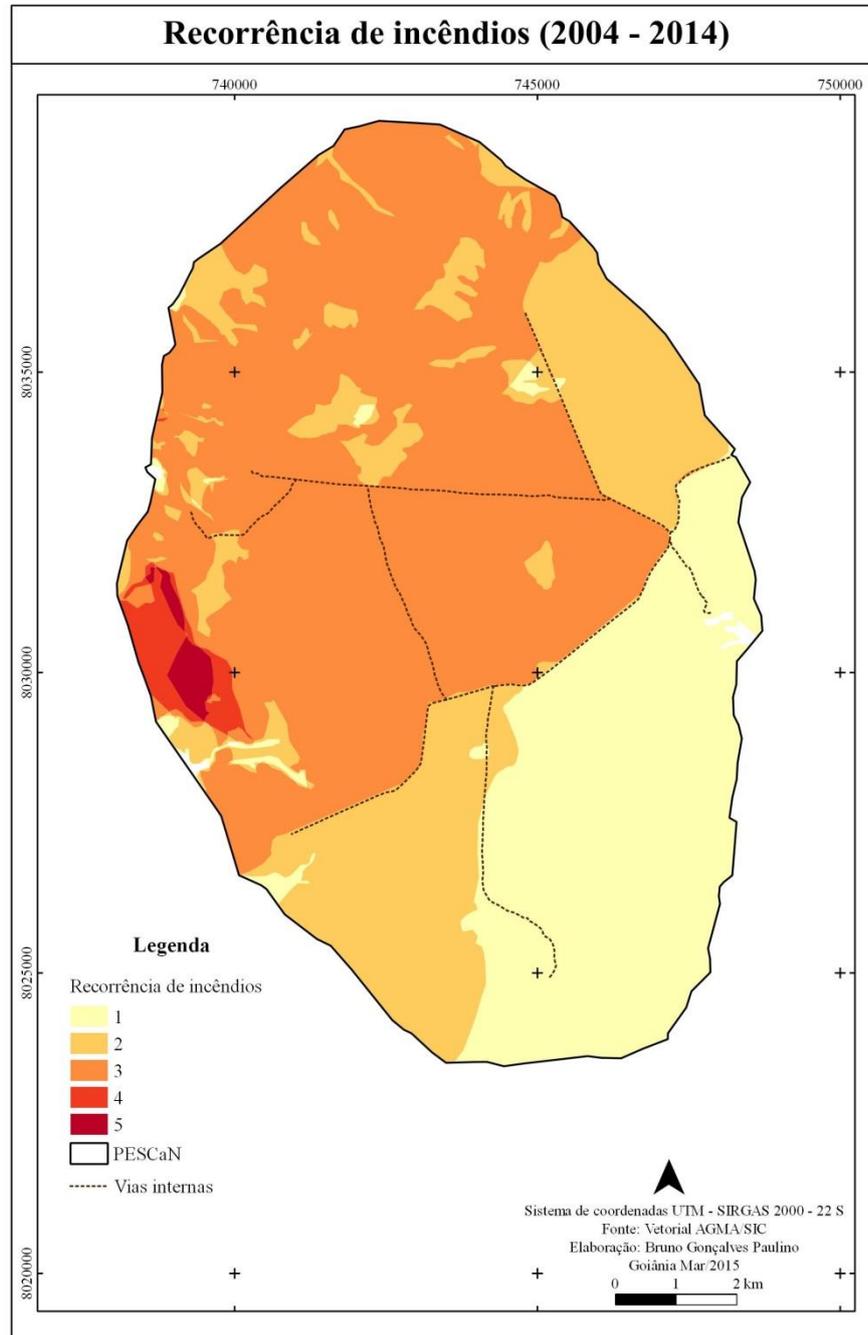


Figura 36. Mapa de queima acumulada, representando as recorrências de incêndios no Parque Estadual da Serra de Caldas Novas no período compreendido entre 2004 a 2014.

6.4 RECORRÊNCIA TOTAL DE INCÊNDIOS

Todos os dados referentes aos incêndios identificados no período de estudo estão listados na Tabela 14. A área queimada ao longo dos últimos 31 anos foi de aproximadamente 83.285,60 ha, cerca de 684,97%, ou seja, mais de seis vezes a área total do PESCaN. Com este conjunto de dados, é possível determinar que a área queimada anual apurada no PESCaN foi de $2.686,63 \pm 626,75$ ha.

A Figura 37 representa, visualmente, as recorrências de incêndios florestais no interior do PESCaN no período compreendido entre os anos de 1984 e 2014. Neste intervalo, observou-se que toda a extensão do parque foi atingida pelo menos uma vez por algum incêndio florestal. As vias de acesso internas funcionaram como obstáculos, impedindo a passagem do fogo para outros quadrantes do parque. Na Figura 37 é possível observar a variação de reincidências de incêndios em polígonos próximos às vias internas do parque.

É possível observar com detalhes as áreas com maiores recorrências de incêndios. Foram identificados polígonos que tiveram de 1-14 ocorrências, correspondendo aos valores mínimos e máximos observados e a área afetada (Tabela 15).

A área de maior recorrência está localizada na porção oeste do parque, voltado para o município de Rio Quente. Nessa região existe alto fluxo irregular de pessoas devido, principalmente, às atividades de turismo envolvendo a água termal. A proximidade do município aos limites do parque e o desenvolvimento de atividades turísticas dentro da área de influência deste são pressões que devem ser estudadas detalhadamente, buscando subsidiar a gestão e o manejo adaptativo do parque.

Tabela 14. Área queimada (ha) no interior do Parque Estadual da Serra de Caldas Novas no período compreendido entre os anos de 1984 e 2014.

Ano	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Hectares	%
1984	0	77,17	3.117,91	2.297,21	0	0	5.492,30	45,17
1985	0	0	2.292,61	2.558,71	4.973,27	0	9.824,58	80,80
1986	0	0	0	0	2.479,95	1.083,056	3.563,01	29,30
1987	0	0	49,83	0	0	6.414,40	6.464,23	53,16
1988	0	0	0	955,19	74,20	0	1.029,39	8,47
1989	0	0	0	0	0	0	0	0
1990	0	0	0	0	0	0	0	0
1991	0	0	0	0	0	0	0	0
1992	0	0	0	0	7.970,31	0	7.970,31	65,55
1993	0	0	0	0	4.278,18	0	4.278,18	35,19
1994	0	0	0	0	0	4.912,55	4.912,55	40,40
1995	0	0	0	1.188,10	901,97	0	2.090,07	17,19
1996	0	0	0	0	0	0	0	0
1997	0	0	0	0	0	0	0	0
1998	0	0	0	0	2.211,17	0	2.211,17	18,19
1999	0	0	0	282,70	0	0	282,70	2,33
2000	0	0	0	0	0	0	0	0
2001	0	0	0	0	1.198,36	0	1.198,36	9,86
2002	0	0	0	0	0	6.388,08	6.388,08	52,54
2003	0	0	0	0	0	0	0	0
2004	0	0	0	0	222,31	0	222,31	1,83
2005	0	0	0	0	0	0	0	0,00
2006	0	0	0	0	8.858,36	0	8.858,36	72,85
2007	0	0	0	0	0	0	0	0
2008	0	0	0	0	10.692,68	0	10.692,68	87,94
2009	0	0	0	0	0	0	0	0
2010	0	0	0	0	299,87	0	299,87	2,47
2011	0	0	0	0	7.507,44	0	7.507,44	61,74
2012	0	0	0	0	0	0	0	0
2013	0	0	0	0	0	0	0	0
2014	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	0	77,17	5.460,35	7.281,91	51.668,07	18.798,10	83.285,60	684,97

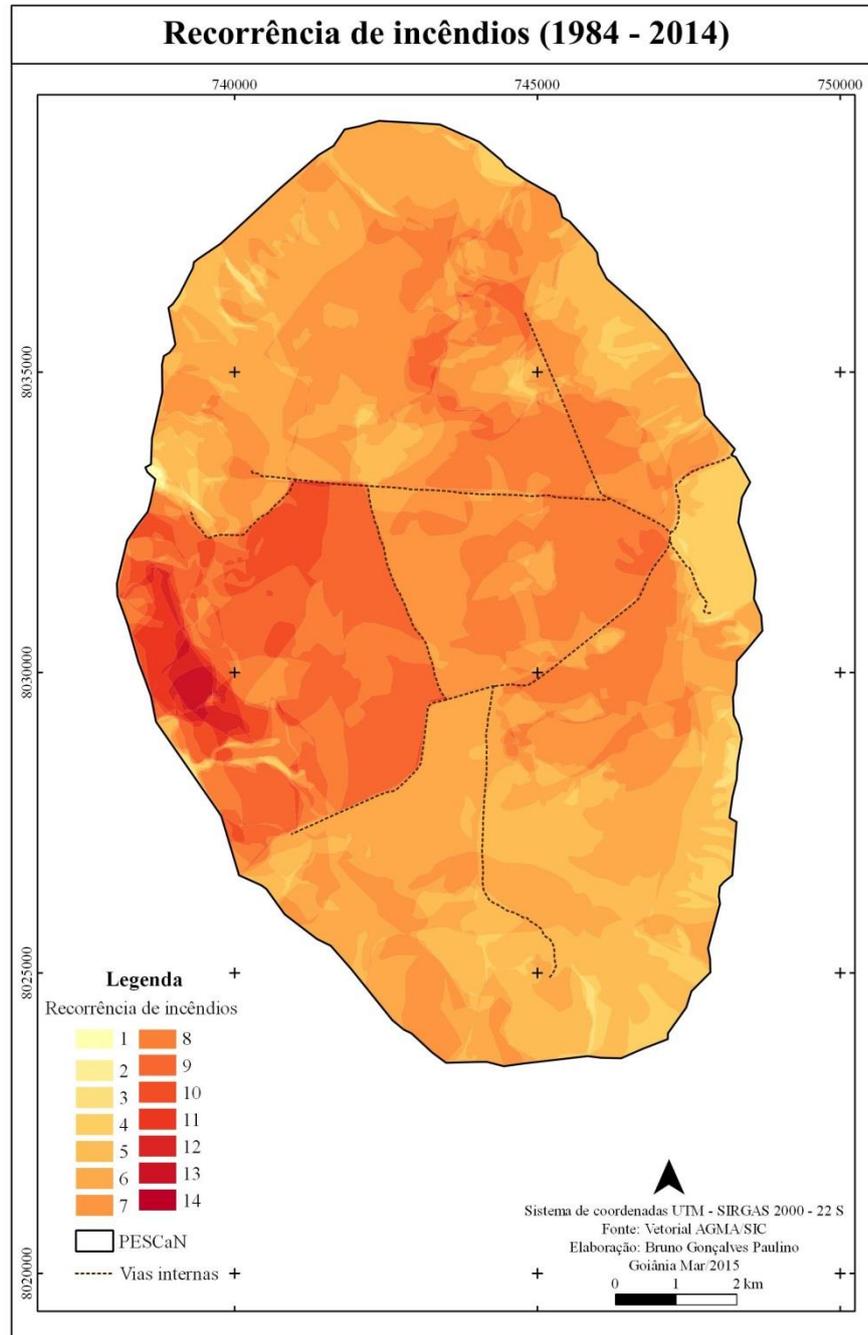


Figura 37. Mapa de queima acumulada, representando as recorrências de incêndios no Parque Estadual da Serra de Caldas Novas entre 1984 a 2014.

Tabela 15. Polígonos, áreas e percentuais do Parque Estadual da Serra de Caldas Novas afetados pelas diferentes recorrências de incêndios no período compreendido entre os anos de 1984 e 2014.

Nº de recorrências	Nº de polígonos	Hectares	% PESCaN
1	12	33,15	0,27
2	16	39,24	0,32
3	46	172,12	1,42
4	163	2.354,95	19,37
5	285	9.313,32	76,60
6	445	18.929,81	155,69
7	494	18.579,08	152,80
8	354	16.509,73	135,78
9	228	10.958,08	90,12
10	105	3.544,87	29,15
11	48	1.372,93	11,29
12	23	880,21	7,24
13	5	569,77	4,69
14	1	28,34	0,23
Total	2.225	83.285,60	684,97

6.4.1 Distribuição dos incêndios ao longo dos meses

A partir do processamento dos dados obtido, foi possível identificar e determinar os meses que apresentaram maiores extensões de áreas queimadas. Nos meses de agosto, setembro e outubro o parque foi mais atingido por incêndios florestais (Tabela 16 e Figura 38), informação que coincide com o clímax do período seco em Goiás.

Observou-se que as cicatrizes de incêndios foram mais identificadas no mês de setembro, correspondendo a uma área de 51.668,07 ha ou 62,03% do total de ocorrências. No mês de outubro foram registradas 22,57% do total de ocorrências, em agosto 8,74% e em julho 6,55%. O mês de junho apresentou apenas 0,92% de ocorrências de cicatrizes de incêndios, correspondendo a apenas um polígono demarcado. Não foram identificadas cicatrizes de incêndios nas imagens referentes ao mês de maio.

Tabela 16. Percentual de identificação de incêndios ao longo dos meses avaliados no período compreendido entre os anos de 1984 e 2014 no Parque Estadual da Serra de Caldas Novas.

Mês	Hectares	%
Maio	0	0
Junho	77,17	0,92
Julho	5.460,35	6,55
Agosto	7.281,91	8,74
Setembro	51.668,07	62,03
Outubro	18.798,10	22,57
Total	83.285,60	100

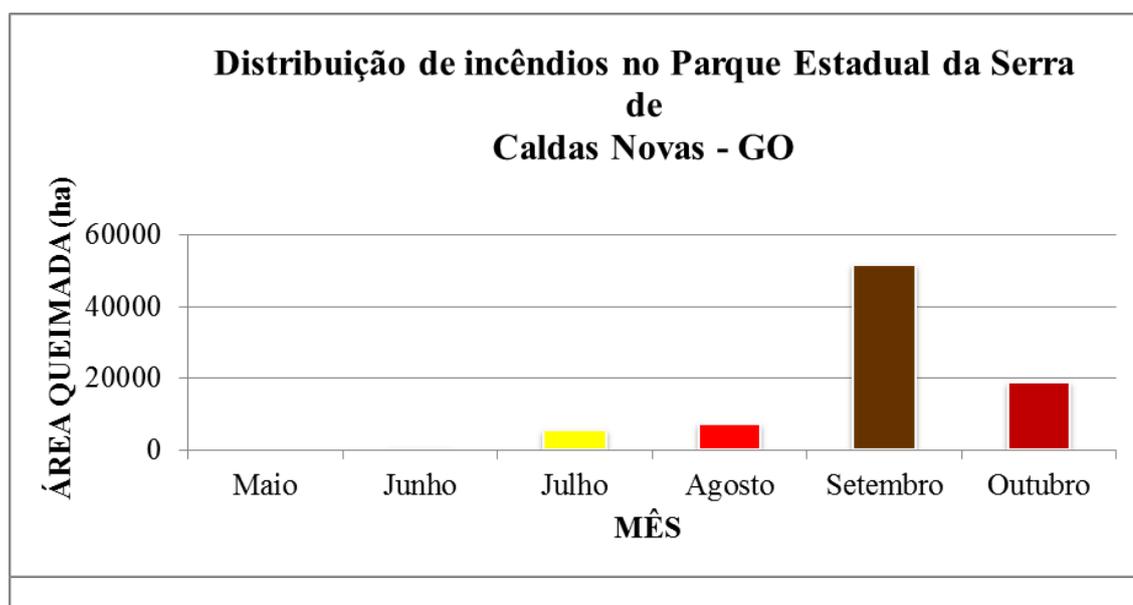


Figura 38. Distribuição de áreas queimadas mensalmente avaliadas no período compreendido entre os anos de 1984 a 2014 no Parque Estadual da Serra de Caldas Novas.

6.4.2 Tempo decorrido do último incêndio

O tempo decorrido do último incêndio deriva do mapa de recorrência total, e, por meio da utilização de ferramentas de seleção espacial, os polígonos sobrepostos foram identificados por sua ocorrência, do mais recente ao mais antigo, produzindo um mapa que informa quais os locais não queimam há mais tempo (Figura 39 e Tabela 17).

Por meio do mapa, também é possível inferir sobre áreas com maior acúmulo de biomassa, e que, conseqüentemente, oferecem maior risco para ocorrência de incêndios de grande intensidade. Essa informação é extremamente importante, pois, por meio dela, pode-se

sugerir ações de manejo para o controle do material combustível armazenado nas áreas, promovendo mosaicos de vegetação com diferentes tempos de queima.

Pode-se inferir que o parque tem aproximadamente 61,74% de sua área apresentando três anos sem queimar e outros 36,30% há seis anos, dividindo o parque em duas principais áreas com acúmulo de biomassa. Esse fato pode propiciar uma homogeneidade na distribuição da biomassa ao longo da área do parque, o que facilita a dispersão de incêndios no seu interior.

Tabela 17. Tempo decorrido do último incêndio nas áreas do Parque Estadual da Serra de Caldas Novas, no período compreendido entre os anos de 1984 e 2014.

Tempo Decorrido (ano)	Área (há)	%
28	0,76	0,0063
22	2,29	0,0188
21	3,26	0,0268
20	18,38	0,1511
19	0,04	0,0003
16	5,04	0,0414
12	1,27	0,0104
8	57,43	0,4723
6	4414,14	36,3018
4	149,64	1,2307
3	7507,33	61,7400
Total	12159,58	100

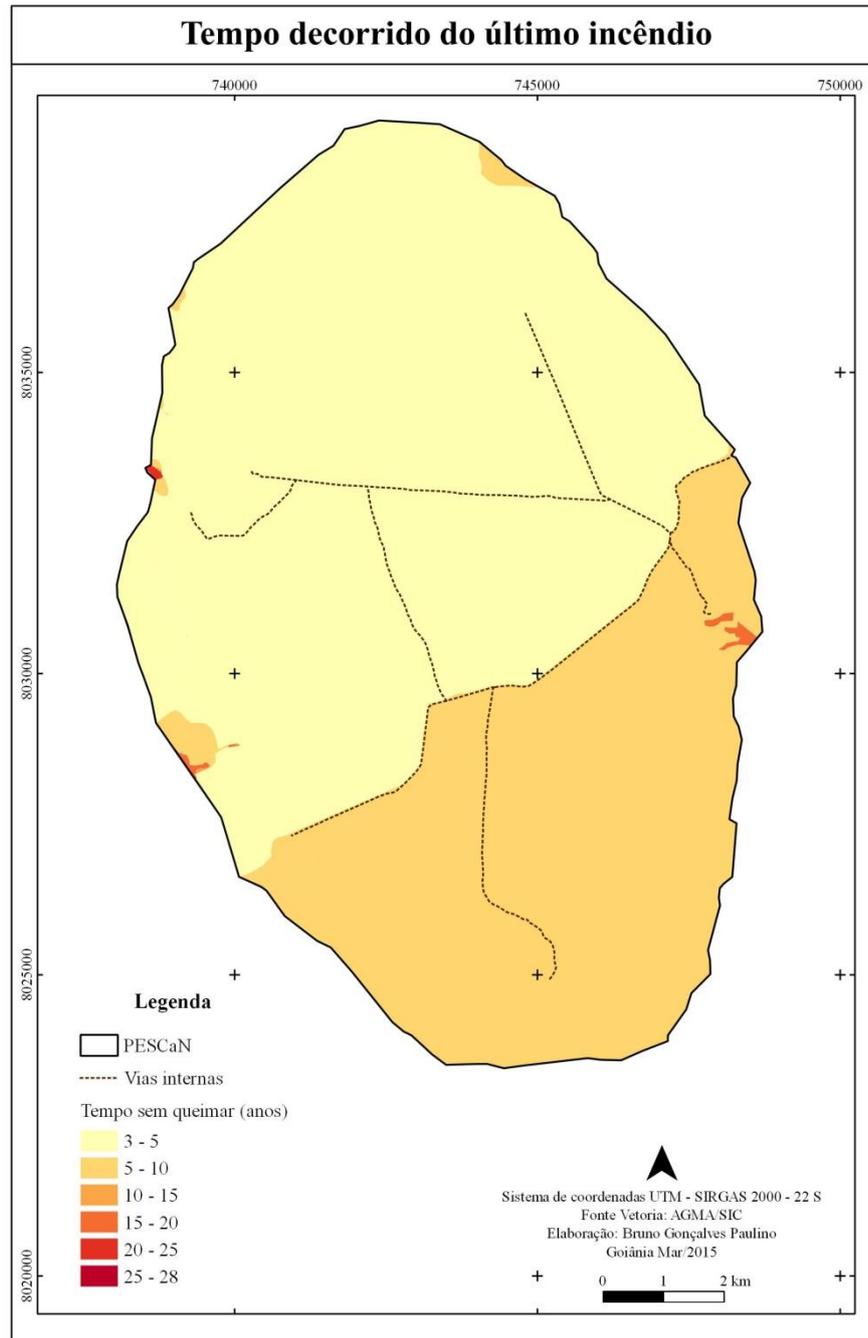


Figura 39. Mapa de tempo decorrido do último incêndio nas áreas do Parque Estadual da Serra de Caldas Novas, no período compreendido entre os anos de 1984 e 2014.

7. DISCUSSÃO

O levantamento histórico dos incêndios ocorridos no PESCaN permitiu inferir sobre diversos fatores observados, porém, houve limitações na obtenção de imagens de satélite. Este foi o principal problema identificado na análise da série histórica. Nem sempre haviam cenas disponíveis para os meses avaliados na série temporal desse estudo. Esse fato deve-se, principalmente, a fatores atribuídos a falhas nos sensores, inconstância na obtenção de sequências de cenas livres, de interferências e ruídos ou perda de sinal entre a estação e o satélite.

Quanto às análises quantitativas da extensão de área queimada, uma observação importante deve ser esclarecida: não necessariamente pode-se afirmar que os incêndios identificados e delimitados, através do uso das imagens de satélite, ocorreram realmente no mês em que foram delimitados nas respectivas imagens.

Exemplificando essa situação, no ano de 2008 a data da cena utilizada para delimitar os polígonos de áreas queimadas foi 01/09/2008 e na cena obtida anteriormente (16/08/2008), não havia cicatriz de incêndio. Isso pressupõe que o incêndio teve sua origem nesse intervalo de tempo, mas o seu registro na imagem de satélite apenas ocorreu em setembro. Logo, utilizando-se apenas a informação visual da identificação da cicatriz de incêndio não é possível afirmar que, realmente, a área tenha sido queimada no mês em que foi captada pelo sensor do satélite. Porém, seguindo a metodologia estabelecida neste estudo e objetivando a padronização dos dados, as cicatrizes de incêndios foram contabilizadas no mês referente a sua identificação na imagem.

O exemplo citado anteriormente corresponde ao maior incêndio registrado em todo o período histórico avaliado. Sua extensão atingiu 87,94% do Parque. Analisando o contexto das cenas, principalmente devido à data da passagem e registro da imagem pelo satélite, pode-se inferir que a origem do incêndio foi anterior ao mês de setembro, devido principalmente ao tempo necessário para que o fogo consumisse toda essa extensão de área queimada e deixasse cicatrizes. Logo, a precisão da informação da delimitação do incêndio, quando observado o mês de sua identificação na imagem, pode ser equivocado e mascarar os resultados, sub ou super estimando as áreas queimadas nas classes de meses avaliados.

Semelhante a este estudo, Gonçalves et al. (2011) desenvolveram um trabalho de identificação de queimadas no PNCD. Eles avaliaram a ocorrência de incêndios no período de 1973 a 2010, utilizando os satélites Landsat 1, 2, 3 e 5. Das 234 imagens obtidas, 131 foram

descartadas devido à presença de nuvens recobrando a área de estudo, nas restantes procedeu-se a identificação das cicatrizes, concluindo que 61% do parque foi atingido por incêndios nesse período.

Em relação ao *software* utilizado, o QGIS demonstrou ser eficiente. Além de possuir várias ferramentas disponíveis para análise de dados *raster* e vetorial, é gratuito. Quanto à aquisição das imagens, o banco de dados da USGS foi satisfatório e o fato das imagens serem fornecidas com georreferenciamento possibilitou a padronização dos dados e da disposição das cenas.

A composição colorida utilizando as bandas 5, 4 e 3, nos respectivos canais RGB, demonstrou ser indicada para o mapeamento de cicatrizes de incêndios. Gonçalves et al. (2011), França et al (2007) e Lombardi (2005) também a utilizaram em seus estudos de mapeamento de incêndios florestais por meio da identificação de cicatrizes de incêndios em imagens Landsat 5.

A banda 5 apresenta característica de sensibilidade ao teor de umidade das plantas, servindo para observar estresse na vegetação, causado por desequilíbrio hídrico. Seu intervalo espectral varia de 0,45 – 0,52 μm (INPE, 2013).

Na banda 4, os corpos de água absorvem muita energia e ficam escuros, permitindo o mapeamento da rede de drenagem. A vegetação reflete muita energia nessa banda, aparecendo mais clara na imagem, permitindo mapear áreas que foram queimadas. Seu intervalo espectral varia de 0,76 – 0,90 μm (INPE, 2013).

As características da banda 3 permitem a absorção da energia na vegetação verde, densa e uniforme, ficando escura na imagem. Isso permite contrastar áreas de vegetação com solos expostos. É uma banda indicada para identificação de áreas agrícolas, loteamentos, estradas e solo exposto. Seu intervalo espectral varia de 0,63 – 0,69 μm (INPE, 2013).

Por meio dos mapas produzidos utilizando as cenas coloridas, com as sobreposições dos polígonos demarcados de cicatrizes de incêndios, pode-se visualizar a distribuição e localização dos polígonos queimados no interior do parque ao longo da série histórica, facilitando a interpretação dos dados.

Os registros dos incêndios ocorridos no PESCaN evidenciaram grandes polígonos contínuos de áreas queimadas, com reincidência em curtos períodos. Pode-se observar que os incêndios de grande extensão dividiram o parque em duas regiões bem distintas, no sentido Norte-Sul.

No período de 1984 a 1988 observou-se a ocorrência de incêndios bem heterogêneos e distribuídos ao longo dos meses. A partir do ano de 1992 pode-se observar que os incêndios no platô da serra, ocorridos até 1998, tiveram uma queima uniforme na extensão e em sua continuidade.

No período de 1999 a 2011 foram registrados oito incêndios, os quais apresentaram grande variação na extensão das áreas queimadas e atingiram áreas diferentes, apresentando baixa quantidade de recorrências, de uma a cinco. Neste período percebeu-se novamente que as vias de acesso internas continuaram restringindo grande parte dos incêndios.

Observando a sequência dos polígonos das cicatrizes de incêndios, pode-se perceber a alternância da ocorrência de incêndios, as vias de acessos internas demonstram limitar os incêndios, formando quadrantes com queimas alternadas.

Apesar da ausência de registros no órgão gestor do Parque, detalhando sobre atividades de prevenção e combate aos incêndios no PESCaN, pode-se inferir que a existência de vias de acesso no topo da serra, provoca a quebra da continuidade do material combustível, além de servir como linha de defesa e favorecer o combate direto e indireto às chamas. Essas vias dividem o Parque formando quadrantes, ficando evidenciado, por meio da análise dos mapas de reincidência, uma conformação dos polígonos queimados muito próximo ao desenho formado pelo recorte dessas vias.

No PNE, o tamanho final das queimadas causadas por raios nem sempre foi determinado por causas naturais, como a chuva ou a presença de rios impedindo a propagação do fogo. Frequentemente, os aceiros e estradas atuaram como barreiras ao avanço das queimadas (FRANÇA et al., 2007).

Os mapas de recorrência fornecem várias informações relevantes ao manejo do fogo, e talvez seja o produto mais importante do mapeamento histórico, sendo indispensável para gestão da UC e capaz de subsidiar a tomada de decisões importantes. Esses mapas identificam as áreas com maior reincidência e inversamente fornecem a informação de tempo sem recorrência.

A informação do mapeamento da vegetação em função do tempo sem queimar é importante para prever áreas de risco para ocorrência de novas queimadas. Por meio dela é possível identificar áreas que não foram atingidas por incêndios há mais tempo e,

consequentemente, devem ter acumulado mais biomassa, tornando-se uma área suscetível a queimar.

Porém, sem uma incursão *in loco* para verificar esses polígonos, não é possível afirmar que esses ambientes realmente estão mais suscetíveis à queima. Algumas características podem ser decisivas para que não ocorra fogo, como locais desprovidos de vegetação, presença de rochas ou solos que não favorecem o crescimento de espécies vegetais, regiões úmidas e de grotas. Logo, essa pode ser uma explicação plausível para o baixo número de recorrências e tempo sem queimar.

Analisando o mapa de recorrência de incêndios no período de 1984 a 2014, foi identificado que a região oeste do parque, próximo ao município de Rio Quente, apresentou a maior quantidade de áreas com recorrência, apresentando polígonos que obtiveram de uma a 14 passagens de fogo. A proximidade do município aos limites do parque e o desenvolvimento de atividades turísticas dentro de sua área de influência são pressões que devem ser estudadas detalhadamente, buscando subsidiar a gestão e o manejo adaptativo do parque.

Nó período seco e propício à ocorrência de incêndios no PESCaN, as atividades de monitoramento e fiscalização ainda são insatisfatórias e, conforme constatado nos mapas de recorrência, as bordas e vias de acesso internas são os locais com maior número de incidências. Algumas dessas áreas são proibidas à visitação, não têm uso público e geralmente não possuem acessos. A ocorrência de incêndios nas bordas do Parque sugere que a origem provável do foco inicial possa ser externa ao Parque, tendo sua origem em propriedades limítrofes ao PESCaN, adentrando nos seus limites. Na região é comum o desenvolvimento de atividades agrícolas, principalmente agricultura e criação de gado, além de locais com extração mineral.

Os fatores climáticos (temperatura, umidade e direção dos ventos) juntamente com outras condições como, por exemplo, o tempo decorrido do último incêndio, acúmulo de biomassa e sua umidade, quantidade, qualidade e distribuição de combustíveis no terreno e tipos de vegetação propiciam condições favoráveis para a ocorrência e propagação de incêndios de maior intensidade e extensão.

Observando os polígonos de incêndios identificados nas imagens de satélite, pode-se concluir que os meses mais suscetíveis e afetados por incêndios foram de agosto a outubro, pois segundo Coutinho (1990), a queima da vegetação como prática de manejo para a criação de gado é a principal atividade associada ao fogo. No período seco, que se estende por 3 a 4 meses na região central do Cerrado, o gado sofre com a falta de palatabilidade da vegetação.

Logo, a queima da vegetação no período seco (agosto-setembro) constitui-se uma prática de renovação dos pastos mais utilizada pelos fazendeiros, pois não se atribui altos custos à sua realização. O resultado é rápido e pode ser observado após poucos dias da queima, surgindo a rebrota da vegetação.

8. CONCLUSÃO

A utilização de produtos do sensoriamento remoto na elaboração de um SIG demonstrou ser extremamente eficiente na caracterização histórica das ocorrências de incêndios no PESCaN. Por meio da análise dos mapas e tabelas construídos, foi possível conhecer e constatar fatores históricos importantes, podendo, assim, subsidiar o planejamento e gestão do fogo nesta UC.

No período avaliado de 31 anos, a área queimada no parque, identificada por meio das imagens de satélite, correspondeu a 83.285,60 ha, ou seja, mais de seis vezes sua área total. Neste intervalo, observou-se que toda a extensão do parque foi atingida pelo menos uma vez por algum incêndio.

Foram identificados polígonos que tiveram de 1 a 14 ocorrências de incêndios, correspondendo aos valores mínimos e máximos observados. A área de maior recorrência está localizada na região oeste do parque, voltada para o município de Rio Quente.

Os meses que apresentaram maiores extensões de áreas queimadas foram: agosto, setembro e outubro. Observou-se que as cicatrizes de incêndios foram mais identificadas no mês de setembro, correspondendo a 62,03% do total de ocorrências, seguido do mês de outubro com 22,57% e agosto com 8,74%. Não foram identificadas cicatrizes de incêndios no mês de maio.

Por meio do mapa de recorrência total, foi possível identificar que aproximadamente 61,74% da área do parque apresenta três anos sem queimar e outros 36,30% há seis anos, dividindo o parque em duas principais áreas com acúmulo de biomassa (Figura 39).

O relevo do Parque, por ser um chapadão, isolado por bordas e encostas, favorece uma continuidade horizontal no topo da serra. Esse relevo, associado à altitude, direção, velocidade e incidência de ventos, juntamente com uma distribuição homogênea da vegetação, são fatores que propiciam a ocorrência de incêndios. O acúmulo de biomassa ao longo dos anos pode provocar homogeneidade no estoque de biomassa, e, em um evento de queima, poderá se tornar combustível para as chamas, podendo promover incêndios de grande proporção e intensidade no interior do PESCaN.

Assim, como relatado no PNE, os impactos decorrentes de incêndios de grande extensão e intensidade promovem a mortalidade da fauna, flora e a redução momentânea na disponibilidade de alimento, principalmente para o grupo dos herbívoros. Logo, a formação de mosaicos na vegetação, utilizando-se de queimadas prescritas, pode ser uma alternativa

para controle do acúmulo de biomassa e ainda auxiliar no manejo das diferentes fisionomias de Cerrado presentes no Parque.

O PESCaN, por estar inserido na área de dois municípios, tem influência direta na economia local. Desta forma, as atividades realizadas na sua área de influência devem ser monitoradas e fiscalizadas, visando a redução das pressões externas. Recentes alterações na conformidade da zona de amortecimento do Parque promovem a possibilidade dos centros urbanos se aproximem mais dos limites do Parque. Portanto, trabalhos que envolvam discussões relacionadas ao manejo do fogo nessa UC devem contemplar essa possibilidade.

Trabalhos específicos podem ser direcionados aos proprietários limítrofes ao Parque, promovendo discussões que envolvam o histórico e uso tradicional do fogo, época de aplicação, orientação sobre a dinâmica do fogo, com instruções sobre a aplicação e uso de técnicas adequadas de queima controlada, além da implantação de medidas preventivas, como a construção de aceiros nos limites de suas propriedades e até mesmo realização de oficinas para confecção de abafadores. A sociedade deve ser envolvida no contexto do Parque, diminuindo a distância institucional entre o órgão gestor e, principalmente, aos proprietários limítrofes, buscando uma interação mútua.

Ainda são necessários estudos que avaliem o papel ecológico, social, cultural e econômico do fogo no contexto do PESCaN e os possíveis impactos nos municípios sob sua influência. Existe um paradigma muito presente sobre a exclusão definitiva do fogo nos ambientes de Cerrado e, principalmente, naqueles mantidos em áreas protegidas. Logo, um trabalho midiático e social, que envolva os diversos atores relacionados aos incêndios e a conservação do Cerrado, juntamente com o órgão gestor e o conselho consultivo do parque, podem propiciar que as informações sejam sutilmente mais claras e acessíveis, promovendo conhecimento e a integração da população. Esse retorno socioambiental faz parte e contribui para subsidiar a elaboração de um plano de MIF nesta UC.

9. RECOMENDAÇÕES FINAIS

A prevenção compreende um conjunto de atividades cujo objetivo é reduzir ou anular a probabilidade de ocorrência de incêndio, assim como limitar sua propagação caso ocorra (SOARES e BATISTA, 2007). A melhor maneira de combater um incêndio é evitar sua ocorrência. Sendo assim, a prevenção se torna o trabalho mais importante em um sistema de manejo de incêndios e, na maioria das vezes, mais barata do que o combate. Para a efetiva prevenção dos incêndios florestais é fundamental a análise e o entendimento dos elementos do triângulo do fogo, pois este irá fornecer as bases necessárias para trabalhar nessa área.

O IBAMA (2008) elaborou um roteiro metodológico para elaboração de Planos Operativos de Prevenção e Combate aos Incêndios Florestais, com o propósito estabelecer procedimentos que envolvam os objetivos, estratégias e medidas eficientes aplicáveis que minimizem o risco de ocorrência de incêndios e seus impactos em uma UC. Nele devem ser contempladas as estruturas existentes na UC e também as que são necessárias para a sua eficácia.

Para tanto, deve-se considerar a caracterização da área, o estudo criterioso do histórico de incêndio, as atividades de prevenção e combate, juntamente com a definição de áreas prioritárias para prevenção e de maior risco de ocorrências. A estruturação de um sistema de prevenção e combate aos incêndios pode proporcionar uma rápida tomada de decisão quando esses eventos ocorrerem, auxiliando nos procedimentos operacionais (IBAMA, 2008).

A proposta desse sistema divide as ações em três etapas. A primeira diz respeito à identificação das causas e locais de ocorrência de incêndios, que associadas às informações de atividades desenvolvidas no entorno da UC, proporciona a caracterização de áreas de risco e o tipo de ação a ser desenvolvida em cada uma (IBAMA, 2008).

A segunda etapa define sobre as atividades preventivas e estabelece como deverão ser executadas. Envolvem ações de queima controlada, implantação e aprimoramento da vigilância e comunicação, desenvolvimento de campanhas educativas, construção de aceiros e estradas e supressão de biomassa combustível. Nesta etapa devem ser inventariados os recursos disponíveis e necessários para o desenvolvimento das atividades, visando à otimização dos recursos (IBAMA, 2008).

A terceira etapa dispõe sobre as orientações quanto à detecção do incêndio, forma de acionamento dos recursos e parceiros envolvidos, desenvolvimento de infraestruturas para o

combate, apoio aéreo, etc. Outro fator importante é o registro documental do incêndio. O chamado Relatório de Ocorrência de Incêndios (ROI) é o documento padrão utilizado pelo ICMBiO e IBAMA para registrar as etapas do combate e as principais características e observações. Esse documento fornece o *feedback* dos eventos de incêndios, sendo importante para aprimorar as atividades tanto de prevenção como de combate, pois nele são registrados, além das características da dinâmica do fogo, as estruturas afetadas, mortalidade de animais, dificuldades e pontos positivos observados, podendo, dessa forma, propiciar melhorias e readaptações (IBAMA, 2008). A investigação desses incêndios tem por objetivo localizar sua origem para determinar que tipo de ação a provocou, assim poderão ser identificadas situações de risco e aplicadas medidas preventivas eficazes (IBAMA, 2012).

Buscando fornecer um produto aplicável ao PESCaN, a Figura 40 demonstra uma proposta para construção de aceiros no topo da serra. A setorização em quadrantes tem por objetivo seccionar em polígonos menores a área do parque, propiciando a realização de ações de manejo como queimas prescritas para controle de biomassa e manejo da vegetação, serve ainda como linhas de defesa ao avanço de incêndios, facilita e promove o acesso em áreas antes não transitáveis.

Na demarcação dessa proposta de aceiro, buscou-se dar continuidade às vias internas já existentes e ancorar esses aceiros próximos aos acidentes geográficos naturais observados nas imagens de satélite, principalmente em grotas, que podem servir como aceiros naturais, ampliando e demarcando novos limites para a contenção de incêndios. Anualmente são realizados aceiros no perímetro do parque, seguindo a demarcação da cerca, totalizando mais de quarenta quilômetros lineares de limpeza feita manualmente. Esses aceiros são importantes para evitar que incêndios originários em áreas externas não adentrem no Parque, devendo ser mantidos e refeitos anualmente.

Uma observação importante diz respeito à manutenção da via de acesso que sai da sede do Parque e vai em direção ao topo da serra. Devido à inclinação, presença de cascalho e erosões na estrada, a manutenção preventiva dessa via é fundamental. Promovendo acessibilidade, segurança, facilidade e rapidez ao se realizar o deslocamento nas operações, devendo ser mantida em qualidade aceitável para o trânsito de veículos leves, caminhões e tratores.

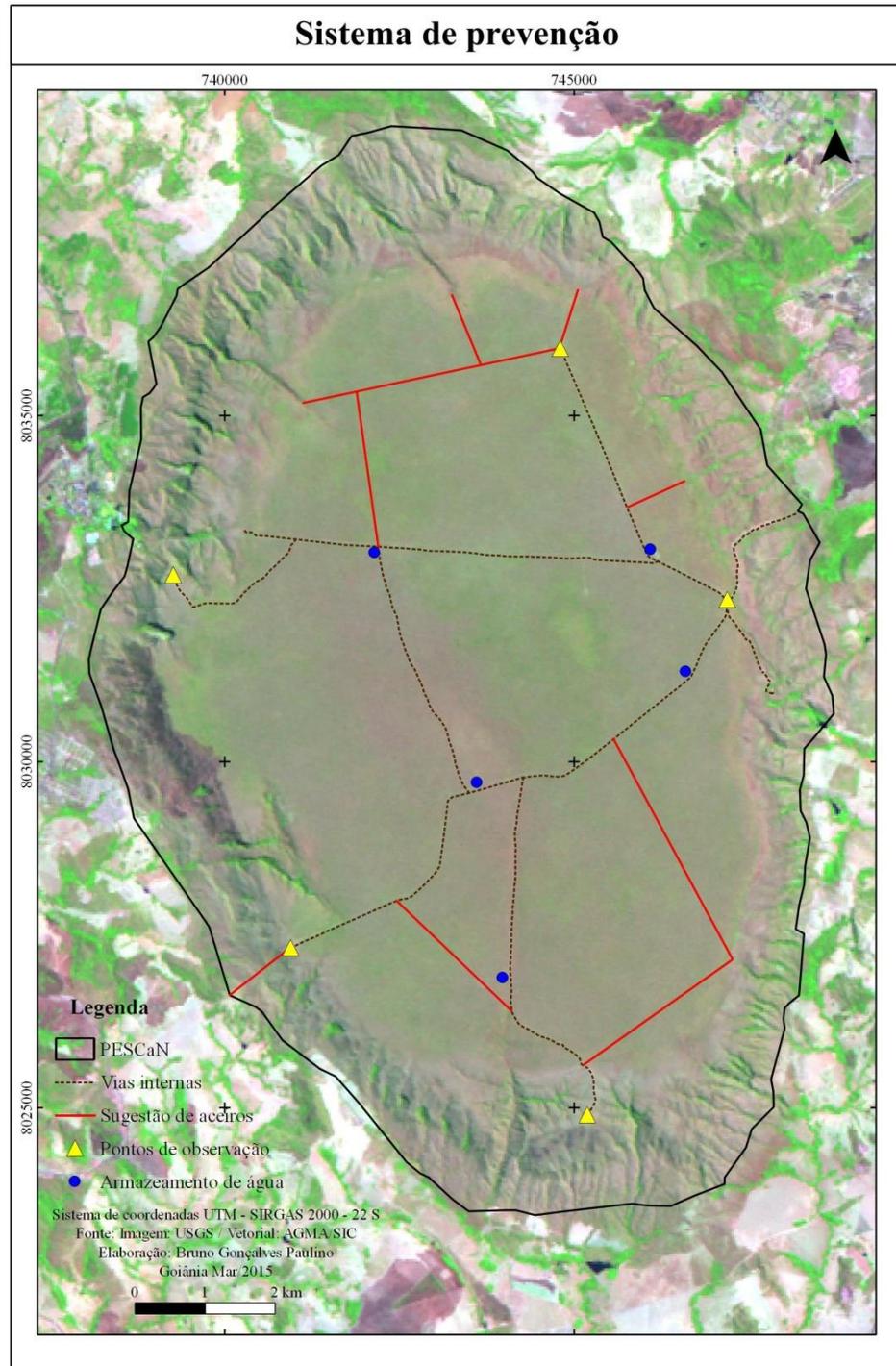


Figura 40. Proposta para confecção de azeiros no topo da serra, particionando em polígonos menores a área do parque. Demarcação de pontos de observação para monitoramento e uma sugestão de alocação de reservatórios para armazenamento da água da chuva.

A vigilância e o monitoramento são ferramentas muito eficientes que devem ser utilizadas no PESCaN. Naturalmente, a movimentação de pessoas e a presença institucional inibe as ações de criminosos e incendiários, além de aumentar a rapidez de uma ação em resposta a uma infração ambiental ou a detecção de um incêndio, permitindo que se inicie o combate do incêndio enquanto ele se encontra em pequena proporção. Portanto, as ações devem ser propostas procurando atender principalmente as áreas de risco para ocorrência de incêndios (SOARES e BATISTA, 2007).

Desse modo, a vigilância depende diretamente de um sistema de comunicação eficiente. Especificamente para o PESCaN, um sistema de comunicação baseado em rádios ou mesmo via celular deve ser estabelecido, para que assim haja uma linha de comunicação entre as pessoas que desenvolvem as atividades no campo e a sede do Parque, objetivando diminuir o tempo de identificação do incêndio e comunicação à sede. Deste modo, proporciona-se uma redução no tempo de resposta e, conseqüentemente, de atuação das equipes de combate. O sistema deve ser de implantação viável e de curto prazo, utilizando os meios disponíveis na unidade.

Na Figura 40 foram demarcados pontos de observação para o monitoramento de incêndios, aproveitando-se de características do relevo e a presença de mirantes naturais, proporcionando assim uma ampla visão das bordas da serra. O sensoriamento remoto, através do monitoramento por satélite das informações de foco de calor pode ser uma ferramenta complementar e alternativa para a detecção de incêndios no interior e próximo ao Parque, sendo atualmente já utilizada para esse fim.

Pontos para armazenamento de água foram distribuídos ao longo das vias de acesso internas. A proposta é que se construam reservatórios para o armazenamento de água durante o período chuvoso. Essa água armazenada poderá auxiliar em atividades de manejo e combate aos incêndios que vierem a ocorrer. Um estudo detalhado deve ser elaborado para definir qual o melhor tipo de estrutura aplicável, podendo-se utilizar de exemplos práticos já aplicados em outras UC.

É necessário ainda que o Parque possua pessoas capacitadas para atuar na resposta imediata à ocorrência de incêndios. Uma sugestão é a estruturação de uma brigada para atuar no período crítico e seco, desenvolvendo principalmente atividades preventivas, construção e manutenção de aceiros, máquinas e equipamentos, atividades de sensibilização aos proprietários limítrofes ao Parque e aos visitantes da unidade, além de contribuir para o combate direto das chamas. Atualmente, o ICMBio e o IBAMA utilizam da contratação

temporária de brigadistas para atender as necessidades das áreas protegidas federais, podendo o mesmo modelo ser adaptado e implantado para o contexto estadual em Goiás.

O parque deve possuir estrutura, materiais e equipamentos em condições adequadas de uso, que possam ser aplicáveis no combate aos incêndios. Existe no mercado uma infinidade de matérias de combate que podem apresentar um rendimento e eficácia maior em cada tipo de vegetação e relevo. Dessa forma, a aquisição e manutenção de equipamentos específicos para o PESCaN é uma medida extremamente importante, buscando a eficiência no manejo do fogo nessa UC. É importante que as ferramentas de uso múltiplo, que possam ser usadas em outros trabalhos, estejam com os cabos pintados de vermelho, indicando que são de uso exclusivo em combate a incêndios, além de mantidas em boas condições de uso e prontas para sua utilização. Seu armazenamento deve ocorrer em um almoxarifado de fácil acesso a veículos, facilitando assim seu transporte.

Deve-se realizar previamente a interlocução entre as diversas instituições com atuação na prevenção e ou combate aos incêndios florestais. As parcerias podem contribuir muito no planejamento das ações, tanto auxiliando com recursos humanos capacitados ou recursos matérias e suprimentos. Em uma operação de combate, a logística de alimentação e suprimentos de água deve ser extremamente rápida, esse suporte é fundamental para a segurança do combatente que se encontra exposto a condições adversas.

Outra medida preventiva importante diz respeito à participação e integração da comunidade, principalmente com ações de educação ambiental, campanha nas mídias e o desenvolvimento de atividades que aproximem mais a população do ambiente do parque. Diversas são as formas de realizar essa abordagem, teatros, palestras, aulas de campo e mini-cursos podem ser desenvolvidos para proporcionar o conhecimento e a interpretação, orientando sobre a importância e a necessidade da manutenção do Cerrado para a qualidade de vida das pessoas.

É importante enfatizar que o planejamento das ações, envolvendo todos os níveis e recursos disponíveis, promove um procedimento de atuação, além de possibilitar a flexibilidade e adaptações quanto à tomada decisão. Evitar o improvisado é uma solução estratégica para se obter sucesso nas ações de manejo do fogo no PESCaN, pois, após a ocorrência do desastre e sob a pressão dos acontecimentos, decisões equivocadas podem ser tomadas, comprometendo todo o manejo do parque.

10. REFERÊNCIAS

- ABREU, K. C.; KOPROSKI, L. P.; KUCZACH, A. M.; CAMARGO, P. C.; BOSCARATO, T. G. Grandes felinos e o fogo no Parque Nacional De Ilha Grande, Brasil. **Floresta**, Curitiba, vol. 2, n. 34, p. 163-167, 2004.
- AB'SÁBER, A. N. Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas. **Ateliê editorial**, v.1, 2003.
- ARONOFF, S. **Geographic information systems: a management perspective**. Ottawa, p. 294, 1989.
- BARBIERI, M. História ecológica de Águas Emendadas. In: SEMINÁRIO PESQUISAS EM UNIDADES DE CONSERVAÇÃO, 1., 1998. **Anais...** Brasília: Lema/ Sematec, 1998. p. 153.
- BARCELLOS, T. G. **Efeitos do Fogo Sobre a Fauna e a Flora no Cerrado**. Monografia, Programa em Ciências da Saúde do Centro Universitário de Brasília. Brasília, 2001.
- BATMANIAN, G. J.; HARIDASAN, M. Primary production and accumulation of nutrients by the ground layer community of cerrado vegetation of central Brazil. **Plant and Soil**, n. 88, p. 437-440, 1985.
- BEHLING, H. A high resolution Holocene pollen record from Lago do Pires, SE, Brazil: vegetation, climate and fire history. **Journal of Paleolimnology**, n. 14., p. 253-268, 1995.
- BEHLING, H.; PILLAR, V. D. Late quaternary vegetation, biodiversity and fire dynamics on the Southern Brazilian highland and their implication for conservation and management of modern Araucaria forest and grassland ecosystems. **Philosophical Transactions of the Royal Society B**, n. 362., p. 243-251, 2007.
- BOND, W. J.; MIDGLEY, J. J. Kill thy neighbor: an individualistic argument for the evolution of flammability. **Oikos**, v. 1, n. 73, p. 79-85, 1995.
- BOND, W. J.; WOODWARD, F. I.; MIDGLEY, G. F. The global distribution of ecosystems in a world without fire. **New Phytologist**, v. 2, n. 165, p. 385-410, 2005.
- BOSCARDIN, J.; COSTA, E. C.; DELABIE, J. H. C.; GARLET, J. Efeito do fogo sobre a riqueza de formigas (Hymenoptera: Formicidae) associadas à pinus *Elliottiengelm.* no sul do Brasil. **Ciência Florestal**, v. 24, n. 4, p. 1031-1040, Santa Maria, 2014.
- BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil**, 1988. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicaocompilado.htm> Acesso em: 11 mar. 2015.
- BRASIL. Lei nº 9.985, de 18 de junho de 2000. Leis da República Federativa do Brasil. Brasília, DF, jun. 2000.
- BURROUGH, P. A. Principles of geographical information systems for land resources assessment. **Oxford**, p. 193, 1987.
- CARDOSO, M. W.; BARBOSA, D. C. F.; AZEVEDO, R. C.; JUEN, L.; ALMEIDA, M. C.; MARCO JR, P.; BRANDÃO, D. **Distribuição de aranhas *Porrmosa sp.* em três áreas de floresta transicional sob diferentes intensidades de distúrbio de fogo**. (Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Evolução) - Curso de campo, Fazenda Tanguro – MT, Universidade Federal de Goiás. 2008.

- CARVALHO, V. C.; SHIMABUKURO, Y. E.; SANTOS, J. R.; FILHO, P.H. Subsídios do sensoriamento remoto para manejo florestal: estado atual da arte e perspectivas. Congresso Florestal Brasileiro, 6., Campos do Jordão, 1990. **Anais...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 1990.
- CHUVIECO, E. Fundamentos de teledetección espacial. **Ediciones Rialp**, Madrid, p. 568, 1996.
- CLEMENTS, F. E.; SHELFORD, V. E. **Bio-ecology**, New York, 1939.
- COLLINSON, A. S. **Introduction to World Vegetation**. London, 1988.
- COOKE, R. Human settlement of Central America and northernmost South America (14,000-8,000 BP). **Quaternary International**, n. 49, p.177-190, 1998.
- COUTINHO, L. M. As queimadas e seu papel ecológico. **Brasil Florestal**, v. 10, p. 7-23, 1980.
- COUTINHO, L. M. Fire in the ecology of the Brazilian Cerrado. In: GOLDAMMER, J. G. (Ed.). **Fire in the tropical Biota - Ecosystem Processes and Global Challenges**. Ecological Studies, v. 8A. Berlin: Springer Verlag, 1990, p. 82-105.
- COUTINHO, L. M. O Cerrado e a ecologia do fogo. **Ciência Hoje**, Volume especial Eco-Brasil, p. 130-138, 1992.
- COUTINHO, L. M. O conceito de Cerrado. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 1, p. 17-23, 1978.
- DIAS, B. F. S. (Coord.). **Alternativas de Desenvolvimento dos Cerrados: Manejo e Conservação dos Recursos Naturais Renováveis**. Brasília: Fundação Pró-Natureza-FUNATURA e Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis-IBAMA, 1992.
- DINIZ, I. R.; MORAIS, H. C. Efeito do fogo na abundância de insetos do cerrado: o que sabemos? **Heringeriana**, v. 2, n. 1, p. 39-46, Brasília, 2008.
- DRUMMOND, L. O. **Efeito do fogo na composição, distribuição e dieta de uma taxocenose de anfíbios anuros de campos rupestres em Ouro Preto, MG**. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Biomas Tropicais) - Instituto de Ciências Exatas e Biológicas, Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto-MG, 2009.
- DURIGAN, G.; LEITÃO-FILHO, H. F.; RODRIGUES, R. R. Phytosociology and structure of a frequency burned cerrado vegetation in SE-Brazil. **Flora**, v. 189, p.153-160, 1994.
- EITEN, G. The cerrado vegetation of Brazil. **The Botanical Review**, n. 38, v. 2, p. 201-341, 1972.
- EITEN, G. Vegetação do Cerrado. In: NOVAES PINTO, M (org.). **Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas**. Editora Universidade de Brasília. Brasília, 1994.
- EITEN, G.; SAMBUICHI, R. H. R. Effect so flong – term periodic fire on plant diversity in a cerrado region. In: PEREIRA, R. C.; NASSER, L. C. B. (Ed.). **SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO**, 7., 1996. **Anais...** Brasília: Embrapa-CPAC, p. 46-55, 1996.
- EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). **Monitoramento por satélite**. Satélites de monitoramento, Campinas, 2013. Disponível em: <<http://www.sat.cnpm.embrapa.br>>. Acesso em: 10 abr. 2014.
- FEMAGO. Fundação Estadual do Meio Ambiente de Goiás. **Plano de Manejo do Parque Estadual da Serra de Caldas Novas**. Goiânia, 1997, 207 p.

- FERRAZ-VICENTINI, K. R.; SALGADO-LABOURIAU, M. L. Palynological analysis of a palm swamp in Central Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 9, p. 207-219, 1996.
- FERREIRA, M. E.; SANO, E. E.; FERREIRA, L. G. Atualização do Mapa de Vegetação do Parque Nacional de Brasília (Bioma Cerrado) por meio de Imagens Orbitais. **Revista Geo**, p. 1268-1273, 2003.
- FIDELIS, A.; PIVELLO, V.R. Deve-se usar o fogo como instrumento de manejo no Cerrado e Campos sulinos? **Biodiversidade Brasileira**, v. 1, n. 2, p. 13-26, 2011.
- FIEDLER, N. C.; AZEVEDO, I. N. C.; REZENDE, A. V.; MEDEIROS, M. B.; VENTUROILI, F. Efeitos de incêndios florestais na estrutura e composição florística de área de cerrado *sensu stricto* na Fazenda Água Limpa-DF. **Revista Árvore**, v. 28, p. 129-138, 2004.
- FILHO, O. M.; NETO, H. V. **Processamento Digital de Imagens**. Rio de Janeiro, p. 310, 1999.
- FLORENZANO, T. G. **Iniciação em sensoriamento remoto**. 3 ed., 128 p., 2011.
- FRANÇA, H.; NETO, M. B. R.; SETZER, A. O Fogo no Parque Nacional das Emas. In: BRASIL.Ministério do Meio Ambiente. **Série Biodiversidade**, v. 27, p. 140, 2007.
- FREIRE JR, G. B. **A influencia de diferentes regimes de queima sobre comunidade da aranhascursoriais do Cerrado de Brasília-DF**. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal) - Instituto de Ciências Biológicas, Universidade de Brasília, Brasília, 2010.
- FRIZZO, T. L. M.; CAMPOS, R. I.; VASCONCELOS, H.L. Efeito do fogo sobre a riqueza e abundância de formigas em área de cerrado no Brasil Central. XVIII Simpósio de Mirmecologia. **Biológico**, São Paulo, v. 69, suplemento 2, p.275-278, 2007.
- FURLEY, P. A.; RATTER, J. A. Soil resources and plant communities of the central Brazilian cerrado and their development. **Journal of Biogeography**, p. 97-108, 1988.
- GANZ, D.; MOORE, P. Living with fire: summary of Communities in Flames International Conference. p. 1-9. In: MOORE, P.; GANZ, D.; TAN, L. C.; ENTERS, T.; DURST, P. B. (Ed.). **Communities in Flames: Proceedings of an International Conference on Community Involvement in Fire Management**. FAO, Bangkok, Tailândia, 2002.
- GIEHL, N. F. S., VALADÃO, M. B. X.; BRASIL, L. S.; SABTOS, J. O.; ALMEIDA, S. M.; LENZA, E.; ANJOS-SILVA, E. J. O Efeito do Fogo sobre a Comunidade de Abelhas Euglossini (Hymenoptera: Apidae) em Floresta de Transição Cerrado-Amazônia (Mato Grosso, Brasil). **EntomoBrasilis**, v. 6, n. 3, p. 178-183, 2013.
- GILLON, D.The fire problem in tropical savannas. In: BOURLIÈRE, F. (Ed.). **Ecosystems of theWorld 13: Tropical Savannas**. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, p. 617-641, 1983.
- GOIÁS. Lei 14.247 de 29 de julho de 2002. **Gabinete civil da governadoria**. Goiânia, GO, 21 jul. 2002.
- GONÇALVES, B. L. **Impactos do fogo sobre a entomofauna na região de Alegre, Espírito Santo**. Monografia (Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Ciências Florestais e da Madeira) - Universidade Federal do Espírito Santo, 2012.
- GONÇALVES, C. N.; in, F. W.; LIMA, N. R. G.; COSLOPE, L. A.; LINTOMEN, B. S. Recorrência dos incêndios e fitossociologia da vegetação em áreas com diferentes regimes de

- queima no Parque Nacional da Chapada Diamantina. **Biodiversidade Brasileira**, v.1, n. 2, p. 167-186, 2011.
- GOODLAND, R. A physiognomic analysis of the “cerrado” vegetation of Central Brazil. **Journal of Ecology**, v. 59, p. 411-419, 1971.
- GUIDON, N.; DELIBRIAS, G. Carbon 14 dates point to man in Americas 32000 years ago. **Nature**, n. 321, p. 769-771, 1986.
- HEINSELMAN, M. L. Fire intensity and frequency as factors in the distribution and structure of northern ecosystems. In: MOONEY, H. A.; BONNICKSEN, T. M.; CHRISTENSEN, N. L.; LOTAN, J. E.; REINERS, W. A. (Ed.). **Proceedings of the conference on fire regimes and ecosystem properties, Honolulu: General Technical Report WO – 261978**. USDA Forest Service, 1981, p. 7–57.
- HONEYCUTT, D. More adventures in overlay: counting overlapping polygons with spaghetti and meatballs. Disponível em: <blogs.esri.com/esri/arcgis/2012/11/13/spaghetti_and_meatballs>, Acesso em: 13 abr. 2015.
- IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis). **Roteiro metodológico para elaboração de Planos Operativos de Prevenção e Combate a Incêndios Florestais em Unidades de Conservação**. Brasília, 2008.
- IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis). **Investigação de Incêndios Florestais**. PEREIRA, A. M. M.; et al.(Org.). Ibama/Prevfogo, Brasília, p. 76, 2012.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico 2010, **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**, 2010.
- ICMBio (Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade). **Apostila para Formação de Brigadistas de Prevenção e Combate aos Incêndios Florestais**. Diretoria de Unidades de Conservação de Proteção Integral, Coordenação Geral de Proteção Ambiental, Brasília, 87 p., 2010.
- INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Fundamentos de Geoprocessamento, Tutorial -SPRING**, mai., 2000.
- INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Portal do Monitoramento de Queimadas e Incêndios**, 2012. Disponível em: <<http://queimadas.cptec.inpe.br>>, Acesso em: 01 ago. 2013.
- KEELEY, J. E. Fire and invasive species in Mediterranean climate ecosystems of California. P. 81-94. In: GALLEY, K.; WILSON, T. (Ed.). **Tall Timbers Research Station Miscellaneous Publication**. Tallahassee, Florida, n. 11, 2001.
- KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. A conservação do Cerrado brasileiro. In: **Megadiversidade**, v.1, n.1, 2005.
- KLINK, C. A.; SOLBRIG, O.T. Efeito do fogo na biodiversidade de plantas do Cerrado. In: SARMIENTO, G.; CABIDO, M. (Ed.). **Biodiversidad y Funcionamiento de Pastizales y Sabanas em America Latina**. Venezuela, 1996, p. 231-244.
- LACERDA, F. S.; CATTANEO, A. C. M. Investigação de Incêndios Florestais (Aula Teórica). In: **Curso de investigação das Causas e Origens dos Incêndios Florestais – Prefsogo / IBAMA**. Brasília, 2007.
- LACEY, C. J.; WALKER, J.; NOBLE, I. R. Fire in Australian savannas. In: HUNTLEY, B. J.; WALKER, B. H. (Ed.). **Ecology of Tropical Savannas**. Ecological Studies, Berlin, n. 42, 1982, p. 246-272.

- LAYME, V. M. G. **Efeito do clima, fogo e disponibilidade de alimentos sobre a dinâmica populacional de *Necromys lasiurus* (Roodentia: Muridae) em uma área de savana Amazônica.** Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Universidade Federal do Amazonas, Manaus-AM, 2008.
- LEDRU, M. P. Late Quaternary history and evolution of the cerrados as revealed by palynological records. p. 33-50 In: OLIVEIRA, P.S.; MARQUIS, R.J. (Ed.). **The cerrados of Brazil – ecology and natural history of a neotropicsavana.** Columbia University Press, 2002.
- LEITE, D. L. P. **Efeito do fogo sobre a toxocenose de lagartos em áreas de Cerrado sensu stricto no Brasil Central.** Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal) - Instituto de Ciências biológicas, Universidade de Brasília, Brasília, 2007.
- LIMA, T. A.; PINTO, J. R. R.; LENZA, E. PINTO, A. S. Florística e estrutura da vegetação arbustivo-arbórea em uma área de cerrado rupestre no Parque Estadual da Serra de Caldas Novas, Goiás. **Biota Neotropica**, v. 10, n. 2, 2010.
- LOMBARDI, R. J. R. **Estudo da recorrência de queimadas e permanências de cicatrizes do fogo em áreas selecionadas do Cerrado brasileiro, utilizando imagens TM/Landsat.** Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto), São José dos Campos, 172 p., 2005.
- LOPES, S. F.; VALE, V. S; SCHIAVINI, I. Efeito de queimadas sobre a estrutura e composição da comunidade vegetal lenhosa do cerrado sentido restrito em Caldas Novas, GO. **Revista Árvore**, Viçosa, v.33, n.4, p. 695-704, 2009.
- MAGNAGO, H.; SILVA, M. T. M.; FONZAR, B. C. Vegetação. In: **PROJETO RADAM BRASIL, Folha SE. 22 – Goiânia.** Rio de Janeiro, p. 577-636, 1983.
- MARAVALHAS, J. **Efeitos de diferentes regimes de fogo na comunidade de formigas do Cerrado.** Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais) - Instituto de Biologia, Universidade Federal de Uberlândia, 2013.
- MASCARENHAS, A. L. S.; VIDAL, M. R.; SILVA, E. V. O uso do SIG para definição de aspectos geomorfológicos no médio curso do rio Tocantins parte oriental da bacia amazônica. **Revista GeoAmazônia**, Belém, v. 2, n. 2, p. 68-78, 2013.
- MEDEIROS, M. B.; MIRANDA, H. S. Mortalidade pós-fogo em espécies lenhosas de campo sujo submetidas a três queimadas prescritas anuais. **Acta Botanica Brasilica**, v. 19, p. 493-500, 2005.
- MEDEIROS. M. B.; FIEDLER. N. C. Heterogeneidade de Ecossistemas, Modelos de Desequilíbrio e Distúrbios. **Biodiversidade Brasileira**, v.1, n. 2, p. 05-12, 2011.
- MEDEIROS. M. B.; FIEDLER. N. C. Incêndios Florestais no Parque Nacional da Serra da Canastra: Desafios para a conservação da biodiversidade. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.4, n.2, p.157-168, 2003.
- MIRANDA, H. S.; BUSTAMANTE, M. M. C.; MIRANDA, A. C. The fire fator. In: OLIVEIRA, P. S.; MARQUIS, R. J. (Ed.). **The cerrados of Brazil: ecology and natural history of a neotropical savana.** Columbia University Press, p. 51-68, 2002.
- MIRANDA, H. S.; NETO. W. N.; NEVES. B. M. C. Caracterização das queimadas de Cerrado. In: MIRANDA, H. S. (Ed.). **Efeitos do regime de fogo sobre a estrutura de comunidades de Cerrado: Projeto Fogo.** IBAMA, Brasília, p. 23-73, 2010.
- MIRANDA, H. S.; SATO, M. N. Efeitos do fogo na vegetação lenhosa do Cerrado. In: SCARIOT, A.; SOUSA-SILVA, J. C.; FELFILI, J. M. (Ed.). **Cerrado: Ecologia, biodiversidade e conservação.** MMA, Brasília, p. 93-105, 2005.

- MMA. Ministério do Meio Ambiente. **Cadastro Nacional de Unidades de Conservação**. Brasília, 2011.
- MORAIS, A. R.; CÔRTEZ, L. G.; BASTOS, R. P. Queimadas podem alterar as assembleias de anuros? Ocaso das veredas na Estação ecológica Serra Geral do Tocantins. **Rev. Biol. Neotrop**, v. 8, n. 2, p. 32-39, 2011.
- MORGADO, R. e MOREIRA, F. Efeitos do fogo na fauna. In: MOREIRA, F.; CATRY, F.X.; SILVA, J. S.; REGO, F. (Ed). **Ecologia do fogo e gestão de áreas ardidadas**. Lisboa, 2010. p. 327.
- MUNTCH, R. W. Who Cares About Fire Story? In: STOKES, B. J.; DIETRICH (Ed.). **Proceedings of the Fire History Workshop**. USDA Forest Service, General Technical Report, RM-81, 1980, p. 138-140.
- MYERS, R. L. Convivendo com o Fogo - Manutenção dos ecossistemas e subsistência com o manejo integrado do fogo. **The Nature Conservancy**, Brasília, 2006.
- MYERS, R. L. Fire in tropical and subtropical ecosystems. In: BROWN, J. K.; SMITH, J. (Ed.). **Wildland Fire in Ecosystems: Effects of Fire on Flora**. USDA Forest Service, General Technical Report, RMRS-GTR-24, 2000, p. 161-173.
- National Commission on Wildfire Disasters. **Report of the National Commission on Wildfire Disasters**. Washington, 1995.
- NEPSTAD, D. C.; MOREIRA, A. G.; ALENCAR, A. A. A Floresta em Chamas: Origens, Impactos e Prevenção de Fogo na Amazônia. **Programa Piloto para a Proteção das Florestas Tropicais do Brasil**. Brasília, p. 202, 1999.
- NETO, R. J. T. **Manejo de Pastagens com uso do fogo em Unidade de Conservação de Uso Sustentável no Cerrado: Estudo comparativo entre RDS Veredas do Acari (MG) e a APA Nascentes do Rio Vermelho (GO)**. Dissertação - Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília, 232 p., 2014.
- NIMER, E. Climatologia do Brasil. **IBGE**, Rio de Janeiro, 2 ed., 1989.
- NOVAES, A. S. S. Pedologia. In: **PROJETO RADAMBRASIL, Folha SE. 22-Goiânia**. Rio de Janeiro, 1983 p. 413-576.
- NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**. São Paulo, p. 308, 1992.
- OLIVEIRA, E. P.; FRANKLIN, E. Efeito do fogo sobre a mesofauna do solo: Recomendações em áreas queimadas. **Pesq. Agropec. Bras**, Brasília, v. 28, n. 3, p. 357-369, 1993.
- OLIVEIRA-FILHO, A. T.; RATTER, J. A. Padrões florísticos das matas ciliares da região dos cerrados e a evolução das paisagens do Brasil Central durante o Quaternário tardio. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. F. (Ed.). **Matas Ciliares: conservação e recuperação**, São Paulo, 2000, p. 73-89.
- PALMEIRA, A. F. **Técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicadas à gestão do território do município de Paragominas (Estado do Pará)**. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto). São José dos Campos, p. 265, 2004.
- PAUSAS, J. G.; KEELEY, J. E. A burning story: the role of fire in the history of life. **BioScience**, n. 59, p. 593-601, 2009.

- PETRY, M. V.; PIUCO, R. C.; BRUMMELHAUS, J. Aves Associadas ao Manejo com Fogo em Áreas de Campo na Porção Sul do Bioma Mata Atlântica. **Biodiversidade Brasileira**, n. 2, p. 110-119, 2011.
- PIEROZZI, M. **Avaliação do efeito do fogo sobre a riqueza e abundância de protozoários em um solo do Cerrado (Reserva Legal de Cerrado no município de São Carlos - campus UFSCar - SP)**. Dissertação (Programa em Ecologia e Recursos Naturais) - Universidade Federal de São Carlos, 2013.
- PIVELLO, V. R.; COUTINHO, L. M. Transfer of Macro-nutrients to the Atmosphere During Experimental Burnings in an Open Cerrado (Brazilian Savanna). **Journal of Tropical Ecology**, v. 8, p. 487-497, 1992.
- QGIS (Quantum GIS). Versão 2.0.1-Dufour, 2013. Disponível em: <<http://qgisbrasil.org>>, Acesso em: 12 nov. 2014.
- RAMOS NETO, M. B. Natural Occurrence of Fire in Emas Natural Park, Central Brazil. **Proc. Bushfire**, Darwin, Austrália, n. 97, 1997.
- REATTO, A.; MARTINS, E. S. Classes de solo em relação aos controles de paisagem do bioma Cerrado. In: SCARIOT, A.; SOUSA-SILVA, J. C.; FELFILI, J. M. **Cerrado: Ecologia, Biodiversidade e Conservação**, Brasília, 2005, p. 49-59.
- RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. As principais fitofisionomias do Bioma Cerrado. In SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. (Ed.). **Cerrado: ecologia e flora**, Planaltina, 2008, p.151-212.
- RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do bioma Cerrado. In: SANO, N. M.; ALMEIDA, S. P. (Ed.). **Cerrado: Ambiente e Flora**, Brasília, p. 87-166, 1998.
- ROCHA-SILVA, E. P. **Efeito do regime de queima na taxa de mortalidade e estrutura da vegetação lenhosa de campo sujo de Cerrado**. Dissertação, Departamento de Ecologia. Universidade de Brasília, Brasília, 1999.
- ROZA, W. S. S. da; RIBEIRO, S. R. A. Detecção e estimativa de área queimada entre o limite do Parque Estadual de Vila Velha - PR e sua zona de amortecimento mediante sensoriamento remoto. **Sociedade e Território**, Natal, v. 25, n. 1, p. 102-118, 2013.
- SALGADO-LABOURIAU, M. L.; BARBERI, M. B. FERRAZ-VICENTINI, K. R.; PARIZZI, M. G. A dryclimatic event during the late Quaternary of tropical Brazil. **Review of Palaeobotany and Palunology**, n. 99, p.115-129, 1998.
- SALGADO-LABOURIAU, M. L.; FERRAZ-VINCENTINI, K. R. Fire in the Cerrado 32,000 years ago. **Current Research in the Pleistocene**, n. 11, p. 85-87, 1994.
- SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. **Cerrado: ambiente e flora**. EMBRAPA-CPAC, p. 89-166, Planaltina, 1998.
- SANTOS, P. G. P. **Estudo da comunidade de pequenos mamíferos não-voadores, sob efeito do fogo e da borda, em área de floresta de transição Amazônia-Cerrado, Querência-MT**. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Zoologia) - Universidade Federal do Pará, 2008.
- SANTOS, R. C. **Efeitos do fogo sobre a estrutura de comunidades de abelhas e sobre redes de interações abelha-planta em áreas de canga no parque estadual da serra do rola moça**. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre) - Instituto De Ciências Biológicas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013.

- SATO, M. N. **Efeito em longo prazo de queimadas prescritas na estrutura da comunidade de lenhosas da vegetação do cerrado *sensu stricto***. Tesse, Departamento de Ecologia, Universidade de Brasília, Brasília, 2003.
- SATO, M. N.; MIRANDA, H. S.; MAIA, J. M. F. **O fogo e o estrato arbóreo do Cerrado: efeitos imediatos e de longo prazo. Efeitos do regime do fogo sobre a estrutura de comunidades de cerrado: Resultados do Projeto Fogo**. IBAMA, p. 77-91, Brasília, 2010.
- SCHÜLE, W. Landscape and Climate in Prehistory: Interactions of Wildlife, Man and Fire. In: GOLDAMMER, J. G. (Ed.). **Fire in the Tropical Biota – ecosystem process and global challenges**. Ecological Studies, Springer-Verlag, Berlin, n. 84, 1990.
- SCHWILK, D.W.; ACKERLY, D. D. Flammability and serotiny as strategies: correlated evolution in pines. **PlantandSoil**, v. 311, n. 1-2, p. 87-96, 2001.
- SENDODA, A. M. C. **Efeito do manejo de fogo sobre comunidade de aves em campos sujos no Parque Nacional das Emas, GO-MS, Cerrado Central**. Dissertação, Instituto de Bociências, Universidade de São Paulo, 2009.
- SILVA, D.M.; LOIOLA, P.P.; ROSATTI, N.B.; SILVA, I.A.; CIANCIARUSO, M.V.; BATALHA, M. A. Os efeitos dos regimes de fogo sobre a vegetação de cerrado no Parque Nacional das Emas, GO: Considerações para a conservação da diversidade. **Biodiversidade Brasileira**, v. 1, n. 2, p. 27-40, 2011.
- SILVA, K. D.; CARVALHO, M. A. S.; CALAÇA, A. M.; AMARAL, I. B.; FERREIRA, H. S.; BATISTA, J. D.; BRANDÃO, D. **Distribuição espacial de larvas de formiga leão (Myrmeleontidae) em áreas com diferentes regimes de fogo**. (Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Evolução) - Curso de campo. Fazenda Tanguro - MT, Universidade Federal de Goiás, 2008.
- SOARES, R. V.; BATISTA, A. C. **Incêndios Florestais: controle, efeitos e uso do fogo**. Curitiba, p. 250, 2007.
- SPRUGEL, D. G. Disturbance, Equilibrium, and Environmental Variability: What is “Natural” Vegetation in a Changing Environment? **Biological Conservation**, v. 58, p. 1-18, 1991.
- TEBALDI, A. L. C.; FIEDLER, N. C.; DIAS, H. M. Vulnerability and Management of Protected Áreas from the State of Espirito Santo, Brazil. **Floresta e Ambiente**, v. 19, n. 3, p. 267-276, 2012.
- THOMSON, M. C.; CONNOR, S. J.; MILLIGAN, P. J. M.; FLASSE, S. P. Mapping malaria risk in Africa: What can satellite data contribute? **ParasitologyToday**, v. 13, n. 8, p. 313-318, 1997.
- TRINDADE. C. A.; TRINDADE. B. O.; SANTANA. C. R. Uso de imagens de satélite para identificação de áreas queimadas para uso em laudos periciais de incêndios florestais. In: **Anais... XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Foz do Iguaçu, 2013.
- U.S.A. (United States of America) U.S. **Department of the Interior. Yellowstone National Park. World's Largest Collection of Geysers**. 2012. Disponível em: <<http://www.nps.gov/yell/index.html>>, Acesso: 26 jul. 2013.
- USDA Forest Service. **Protecting People and Sustaining Resources in Fire-Adapted Ecosystems: A Cohesive Strategy**. General Accounting Office Report. Washington, 2000.
- VASCONCELOS, B.; SILVA, R. C.; REZENDE, D. A.; PACHECO, R.; LOPES, C. T.; COSTA, A. N.; VASCONCELO, H. L. Efeitos do fogo sobre a comunidade de artrópodos da

serrapilheira em área de cerrado do Brasil Central. **Anais...** VIII Congresso de Ecologia do Brasil, 2007.

VILLALOBOS, M. P. **Efeito do fogo e da caça na abundância de mamíferos na Reserva Xanvante Rio das Mortes, MT, Brasil.** Tese (Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal) - Instituto de Ciências Biológicas, Universidade de Brasília, 2002.

WALTER, B. M. T. **Fitofisionomias do bioma Cerrado: síntese terminológica e relações florísticas.** Tese, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade de Brasília, Brasília, 2006.

WALTER, B. M. T.; RIBEIRO, J. F. Diversidade fisionômica e o papel do fogo na fisionomia do Cerrado. In: MIRANDA, H. S. (Ed.). **Efeitos do Regime do Fogo sobre a estrutura de comunidades de Cerrado.** IBAMA, Brasília, 2010, p. 59-76.

WALTER, H. Vegetação e zonas climáticas: tratado de ecologia global. **Editora Pedagógica e Universitária Ltda.,** São Paulo, 1986.

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

WHO (World Health Organization). **Health Guidelines for Vegetation Fire Events.** SCHWELA, D. H.; GOLDAMMER, J. G.; MORAWSKA, L. H.; SIMPSON, O. (Ed.). World Health Organization, Geneva, 1999.