

Variáveis condicionantes para a ocorrência de incêndios no Parque Nacional do Itatiaia

Marlon Thiago de Oliveira Nunes¹
Gustavo Mota de Sousa^{1,2}
GUSTAVO WANDERLEY TOMZHINSKI³
José Francisco de Oliveira Júnior²
MANOEL DO COUTO FERNANDES¹

¹ Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ
AV. Athos da Silveira Ramos, CCMN, Cidade Universitária –Rio de Janeiro –RJ– 21941-590
marlon.nunes11@gmail.com, manael.fernandes@ufrj.br,

² Universidade Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ
Departamento de Geociências, Instituto de Agronomia – IA
Departamento de Ciências Ambientais, Instituto de Floresta - IF
BR-465, km 7, Seropédica, RJ – 23890-000
gustavoms@ufrj.br, joliveirajunior@gmail.com

³ Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – ICMBIO
Parque Nacional do Itatiaia – PNI
Estrada do Parque Nacional, Km 8,5 – CP: 83.657 – Itatiaia – RJ – 27.580-970
gtomzhinski@yahoo.com.br

Abstract. Every year the Itatiaia National Park (INP) suffers from numerous occurrences of fires that modify the ecosystem. That way becomes essential to the creation of methodologies that can help predict fire. The objective of this work is evaluate geomorphologic and meteorological variables are conditioning for the occurrence of fire. Using the Digital Elevation Model (DEM) constructed from level curve relative of topographic maps from INP were possible the extraction of geomorphologic variables (form of slope, altitude, solar radiation and declivity). From de data obtained by precipitation of rainfall stations was calculated the Standardized Precipitation Index (SPI) that can be categorize dry and wet periods in the quarterly scale. Using these variables was done compared with the record of occurrence of fire (ROI), for evaluate how these variables influence on the fire regime, making possible the refinement of techniques to construct fire susceptibility maps. The obtained results shows that variables conditioned for geomorphology of relief are more significant for the fire susceptibility study of INP is solar radiation and form of slope. These variables identify spatially areas susceptible to fires, that along with the driest time periods, defined by the SPI, improved the methodology for fire susceptibility mapping developed in the Cartography Laboratory of UFRJ (GEOCART).

Palavras-chave: DEM, wildfires, geoprocessing, MDE, incêndios florestais, geoprocessamento.

1. Introdução

Localizado na Serra da Mantiqueira entre os Estados do Rio de Janeiro (Resende e Itatiaia) e Minas Gerais (Bocaina de Minas e Itamonte), o Parque Nacional do Itatiaia (PNI) abrange uma região montanhosa e com grandes afloramentos rochosos. Nele se localiza o 5º ponto mais alto do Brasil, o Pico das Agulhas Negras, que possui 2791,55 m de altitude. Tendo sido criado no ano de 1937, carrega o posto de 1ª Unidade de Conservação (UC) do País (Figura 1).

O PNI sofre com constantes incêndios florestais concentrados no Planalto do Itatiaia - Brade (1956); Ribeiro (2002); Texeira (2006) - que são provenientes de ações antrópicas no seu interior e entorno que já proporcionaram grandes incêndios eliminando espécies de fauna e flora e desta forma modificando os ecossistemas e sua biodiversidade.

Tendo em vista a proteção do Parque, torna-se importante a elaboração de um mapa de susceptibilidade à ocorrência de incêndios visando fornecer subsídios para a prevenção e combate aos incêndios florestais que ocorrem todos os anos nesta Unidade de Conservação (UC). A construção dos mapas de susceptibilidade a ocorrência de incêndios dependem da conjugação de fatores geomorfológicos que merecem ser observados na paisagem com maior precisão e fatores meteorológicos que possam ser inseridos em um modelo de conhecimento baseado em técnicas de análise a objeto.

Com a evolução das geotecnologias dentre as quais podemos destacar o sensoriamento remoto e o geoprocessamento que nos permite fazer a verificação da paisagem como um sistema ambiental que cruza diferentes tipos de dados com o propósito de correlacioná-los.

Portanto, o objetivo deste trabalho foi analisar elementos geomorfológicos (morfologia do relevo) e meteorológicos (aplicar o índice Standardized Precipitation Index (SPI) – precipitação) em relação ao conjunto de dados de áreas queimadas no período de 2008 a 2011 e de dois grandes incêndios ocorridos em 2001 e 2007 no Parque Nacional do Itatiaia.

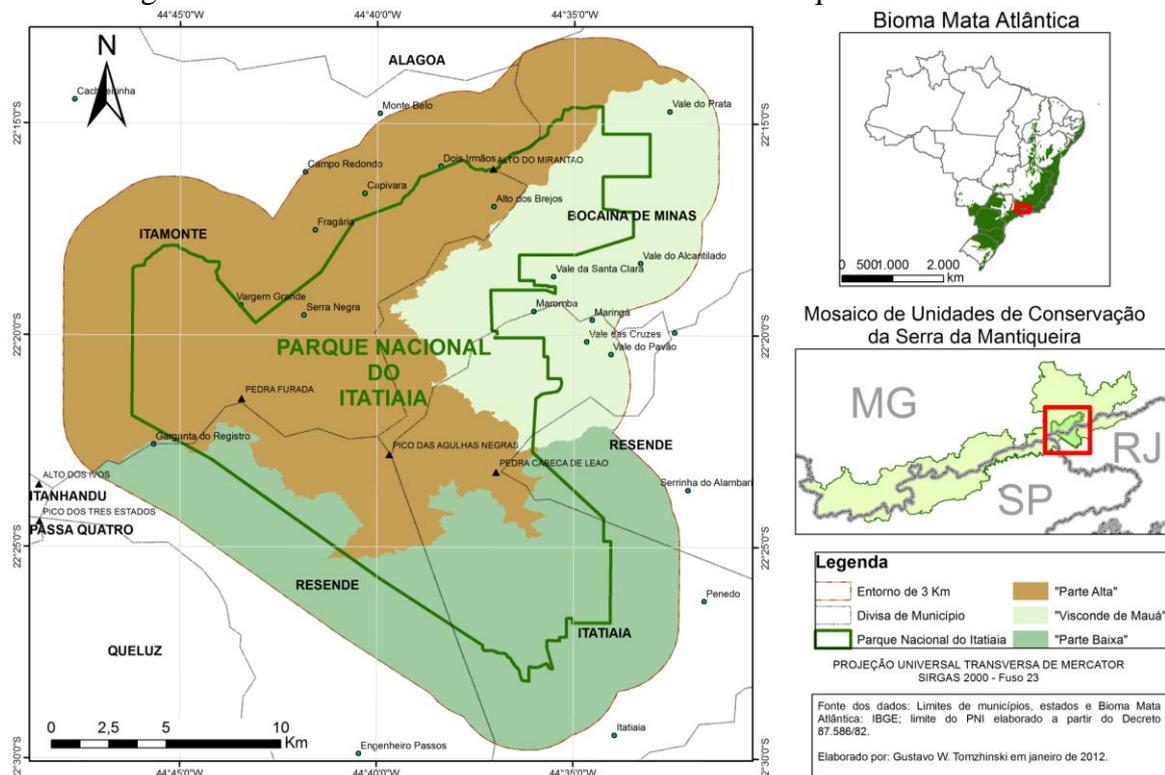


Figura 1. Localização do Parque Nacional do Itatiaia. Fonte: Tomzhinski (2012).

2. Metodologia de Trabalho

Neste trabalho foram utilizadas duas metodologias visando a análise dos dados geomorfológicos e meteorológicos que são previamente descritos na Figura 2.

Baseado na Figura 2 observa-se que o único elemento em comum é o Registro de Ocorrência de Incêndios (ROI) que foi comparado com cada variável obtida neste estudo. O PNI conta com informações sobre incêndios desde sua criação, em 1937, porém estas passaram a ser organizadas na forma de ROIs a partir de 2001 quando se deu a criação da 1ª Brigada de incêndio do PNI. A partir de 2008, as áreas atingidas passaram a ser delimitadas com auxílio de receptores de sinal GPS (Global Positioning System) contabilizando até 2011 o total de 145 áreas. Além do período mencionado foram inseridas duas áreas correspondentes a grandes incêndios que ocorreram nos anos de 2001 e 2007 (estudo de casos), que foram

identificadas com auxílio de imagens Landsat 5 TM (Thematic Mapper) adquiridas do site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais-INPE (INPE, 2011).

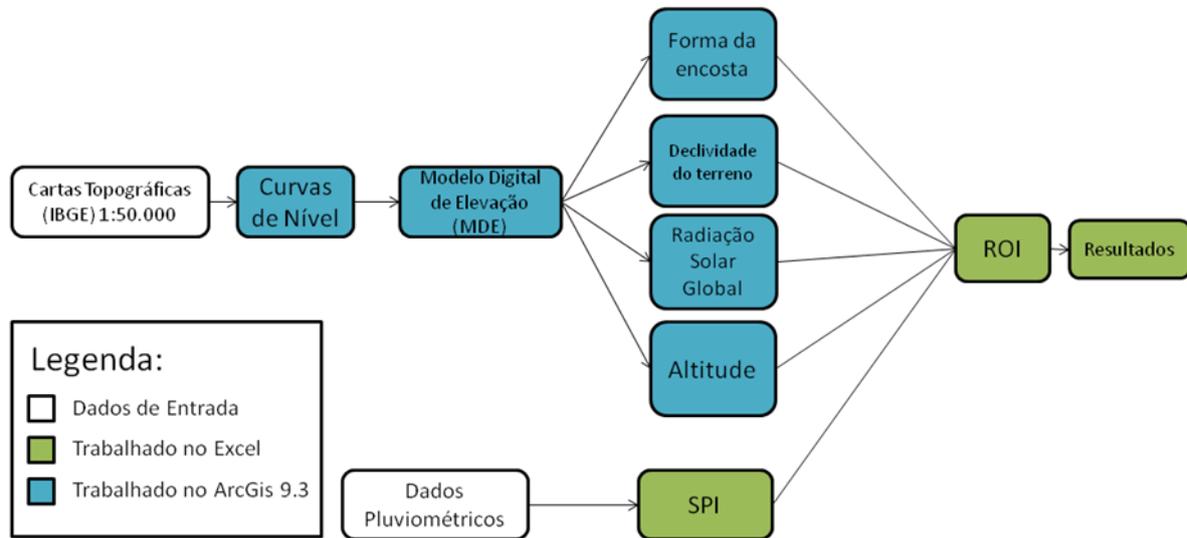


Figura 2. Fluxograma das etapas no desenvolvimento do estudo.

2.1 Geomorfológica

A metodologia é baseada nos estudos realizados por Tomzhinski (2012), sendo utilizados dados da paisagem extraídos do Modelo Digital de Elevação (MDE) gerado a partir das cartas topográficas do IBGE: Agulhas Negras (MI-2712/4) Passa Quatro (MI-2712/3), Alagoa (MI-2712/2) e São José Barreiro (MI-2742/2). Os dados foram verificados conjuntamente com os dados dos ROI do PNI que possibilitam a comparação dessas variáveis relacionadas às áreas queimadas identificadas em campo, seguido do refinamento da metodologia desenvolvida nos estudos de Silva et al. (2009), Sousa et al. (2010) e Fernandes et al. (2011).

O MDE propicia produtos que visam dar subsídios aos fatores geradores e facilitadores da ignição e da propagação do fogo na paisagem. As variáveis geomorfológicas extraídas no estudo foram: declividade do terreno, forma das encostas, radiação solar global (KWh/m²) e atitude (m). Essas variáveis foram definidas através de conhecimentos de campo e de observações ocorridas na área de estudo.

Os resultados foram obtidos através do software ArcGIS 9.3 por meio da ferramenta de estatística por zona (*Zonal Statistics*) que forneceu os seguintes parâmetros: mínimo, máximo, desvio padrão e o valor majoritário que identificam as características das áreas queimadas provenientes do ROI.

2.2 Meteorológica

O SPI foi criado por Mckee et al (1993) tendo como objetivo determinar períodos secos e úmidos, assim como verificar a intensidade desses períodos em uma escala de tempo que pode variar em 3, 6, 9, 12, 24 e 48 meses. O diferencial em relação aos outros índices de seca existente na literatura refere-se à utilização somente de dados de precipitação como variável de entrada.

A formulação do índice SPI é baseada na função de densidade e probabilidade gama (equação 1), porém como ela não é uma função definida quando $x = 0$, assume a outra forma (equação 2). Maiores detalhes das formulações usadas no cálculo do índice SPI em Mckee et al (1993; 1995).

$$F(x) = \int_0^x f(x) dx = \frac{1}{\Gamma(\alpha)\beta^\alpha} \int_0^x x^{\alpha-1} e^{-\frac{x}{\beta}} dx \quad (1)$$

$$F(x) = P_0 + (1 - P_0)G(x) \quad (2)$$

A partir dos valores obtidos do SPI foram categorizados de acordo com a Tabela 1.

Escala do SPI	Categoria
>= 2	Extremamente úmido
1,50 a 1,99	Muito úmido
1,00 a 1,49	Moderadamente úmido
0,99 a -0,99	Próximo ao Normal
-1,00 a -1,49	Moderadamente seco
-1,50 a -1,99	Muito seco
<= -2	Extremamente seco

Tabela 1 – Classificação do SPI adaptado de Mckee et al. (1993)

Os dados de precipitação foram obtidos de três estações meteorológicas, duas que se localizam dentro do PNI que são de responsabilidade de FURNAS (Furnas Centrais Elétricas S.A) e uma que se localiza na zona de amortecimento em um buffer de 5 km da delimitação do PNI que é de responsabilidade da Agência Nacional de Águas (ANA). Cada uma das três estações está localizada em uma área de influência, definido por Tomzhinski (2012) com base em conhecimento empírico sobre a área.

A partir desses dados foi calculado o índice SPI na escala trimestral e foram geradas três figuras entre o índice SPI e estação AGNE, um comparando o SPI com o número de ROI do período de Julho, Agosto e Setembro (JAS) (figura 6); comparação entre ROI e o total de áreas queimadas nesse mesmo período (figura 7); e por último foi realizada a comparação entre o número de total de ROI e o SPI dos meses de Janeiro, Fevereiro e Março (JFM) (figura 8) (período úmido) com o objetivo de validar em relação ao período seco.

3. Resultados e Discussão

Os resultados obtidos foram divididos por tipo de variável (geomorfológica ou meteorológica).

3.1 Variáveis geomorfológicas

Os resultados mostram que existem características predominantes de variáveis favoráveis aos incêndios no PNI e que podem auxiliar o vento a propagar o fogo com maior ou menor velocidade. As variáveis identificadas nas áreas delimitadas pelo ROI (Tabela 2) apontam quais características possuem maior representatividade nas classes adotadas. As classes utilizadas foram baseadas nos estudos realizados por Tomzhinski (2012).

Variável condicionada pela Geomorfologia	Quantidade de ROI (Valores majoritários)			
	Radiação Solar	Alta	Média	Baixa
78		56	13	
Forma das encostas	Convexas	Planas	Côncavas	
	119	3	25	
Declividade	Acima de 20°	16° a 20°	8° a 16°	0 a 8°
	70	32	37	8
Altitude	Acima 2000 m	1000 m a 2000 m	Até 1000m	
	23	105	19	

Tabela 2 – Quantidade de ROI por variável condicionada pela geomorfologia.

A variável radiação solar foi separada em três faixas: alta (acima de 1834,5 KWh/m²), média (1606,4 a 1834,5 KWh/m²) e baixa (até 1606,3 KWh/m²). Observa-se que a maior parte das ocorrências está localizada na classe alta com um total de 53% das ocorrências.

Nota-se que a variável forma das encostas define áreas predominantes convexas e presentes majoritariamente em 119 áreas ou em 81% das áreas analisadas indicando a importância dessa variável e sua interferência no regime dos incêndios na área de estudo. Enquanto que as áreas planas possuem pouca representatividade mostrando que a inclinação no terreno tem grande impacto no espalhamento do fogo como é percebido na variável declividade que aumenta o número de ROI em conjunto com a inclinação do terreno concentrando 48% das ocorrências.

Em relação à variável declividade do terreno ocorre que ela se torna importante para o combate no momento da ocorrência dos incêndios no PNI, não resultando em variável com grande impacto de predição se comparada com a forma da encosta.

A altitude pode ser vista como um fator predominante na geração do fenômeno dos incêndios, mas no caso do PNI, não trouxe indícios que apontem essa particularidade. Essa variável pode ser incluída na combustibilidade tendo em vista que o porte da vegetação é modificado de acordo com a altitude do terreno e a área de estudo possui condições propícias aos incêndios.

3.2 Variável meteorológica

De acordo com a análise baseada no ROI, constatou-se que os maiores números de ocorrências de incêndios foram concentrados na Parte Alta do PNI correspondente a estação das Agulhas Negras (AGNE). Portanto, optou-se por fazer as análises do índice SPI somente nesta estação.

A partir da escolha da estação foi definida a escala de tempo a ser analisada no estudo, neste caso escala trimestral baseado no período JAS (meio do inverno e início da primavera). Esses meses foram escolhidos por serem os meses críticos no PNI com as maiores concentrações de ocorrências de incêndios neste período para o PNI (Figura 4).

Incêndios x Meses

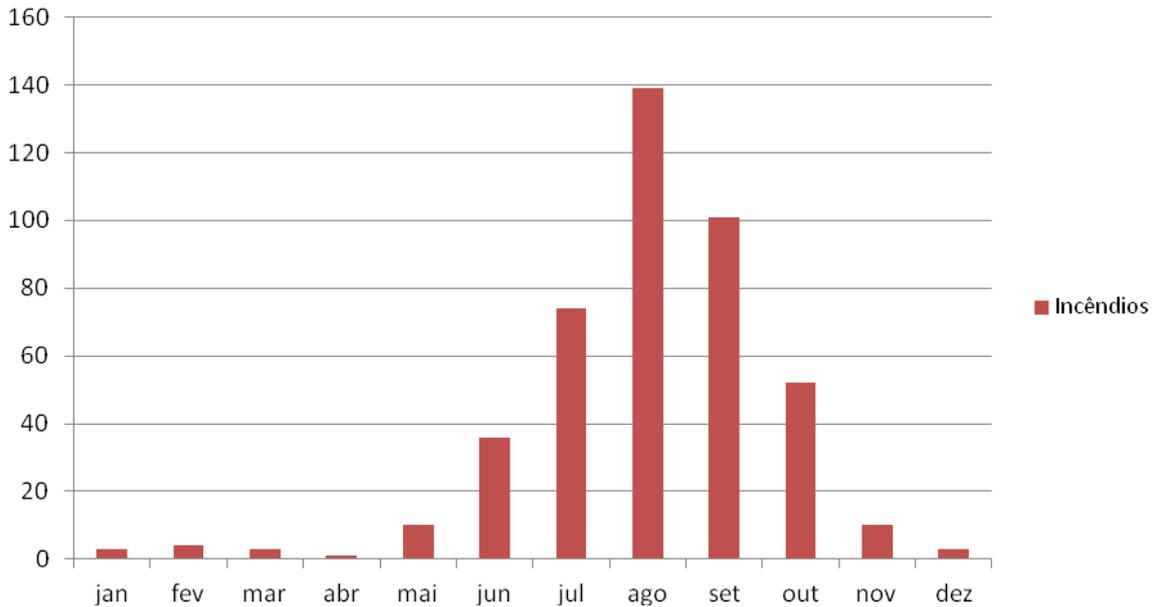


Figura 4. Distribuição anual de todos os incêndios registrados no PNI (1937-2011).

Verifica-se na Figura 5 que no período estudado tiveram muitas ocorrências de áreas queimadas, porém no ano de 2008 o SPI foi classificado como Próximo ao Normal e no ano de 2011 o SPI foi classificado como Extremamente Seco, sendo que nestes mesmos anos tiveram aumento significativo dos ROI's. Os anos de 2009 e 2010 tiveram poucas ocorrências sendo o SPI classificado como Moderadamente Úmido em 2009 e Próximo ao Normal em 2010.

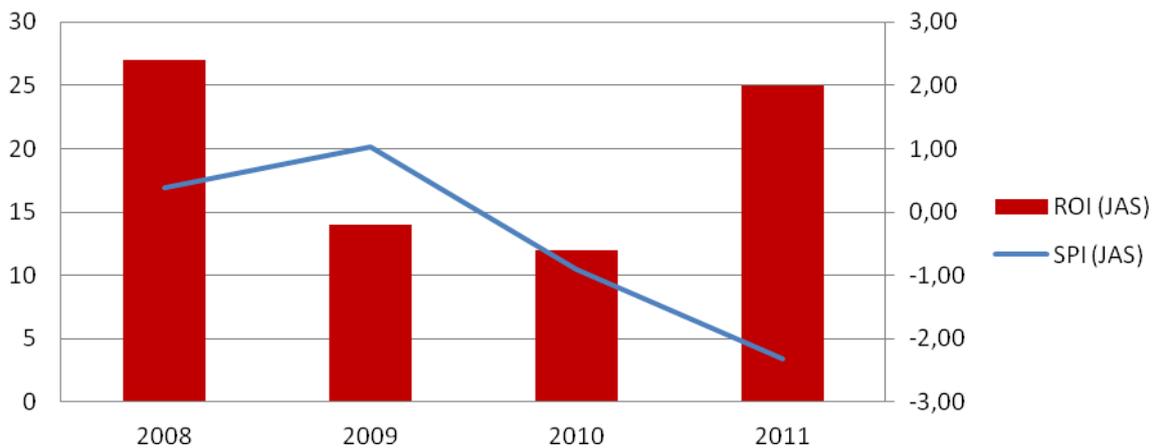


Figura 5. Comparação entre o número de ROI e o índice SPI para os meses de Julho, Agosto e Setembro (2008-2011) – estação AGNE.

Comparando-se o número de área queimada e o índice SPI (Figura 6), torna-se importante a observação para os anos de 2008 e 2010, pois em 2008 embora tenha sido um ano com muitas ocorrências a quantidade de área queimada foi baixa e embora 2010 tenha sido um ano com poucas ocorrências a quantidade de área queimada foi muito alta. Essa diferença pode ser

atribuída à facilidade e velocidade com que o fogo tem em se propagar quando a vegetação está ressecada juntamente com a forma das encostas, como citado anteriormente.

O ano de 2009 foi o ano mais úmido no período analisado e, conseqüentemente o que obteve menor número de área queimada e em 2011, mesmo tendo sido classificado como o ano mais seco não houve um número de área queimada representativo.

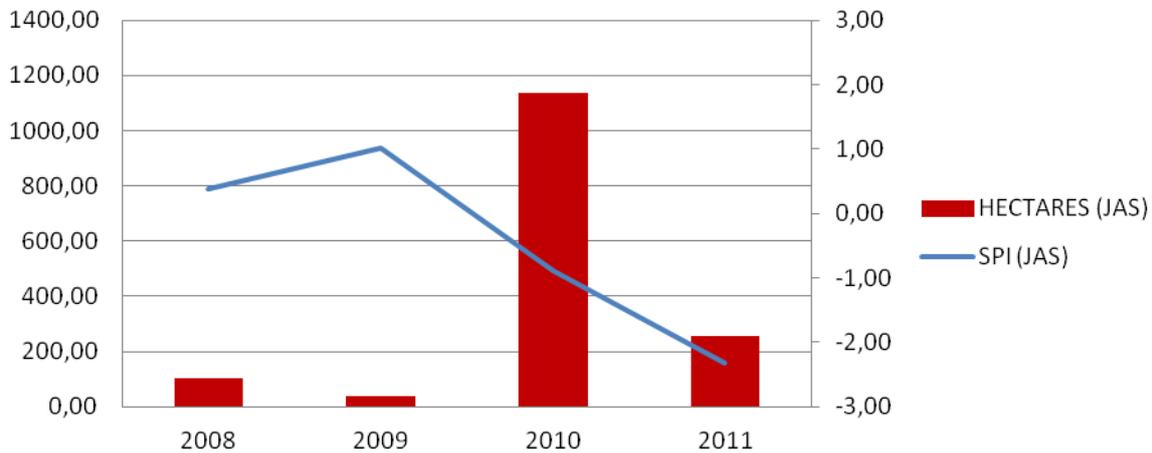


Figura 6. Comparação entre o número de área queimada (ha) e o índice SPI para os meses de Julho, Agosto e Setembro (2008-2011) – estação AGNE.

Como era esperado o número de ocorrências para o período úmido foi muito baixo, tendo sido registrado somente dois incêndios para o ano de 2011. O SPI desse período para os anos de 2008, 2009 e 2011 foi classificado como próximo ao normal. Em 2011 foi obtido o valor mais positivo e conseqüentemente classificado como moderadamente úmido, resultado oposto ao encontrado para o período seco que foi classificado com Extremamente Seco.

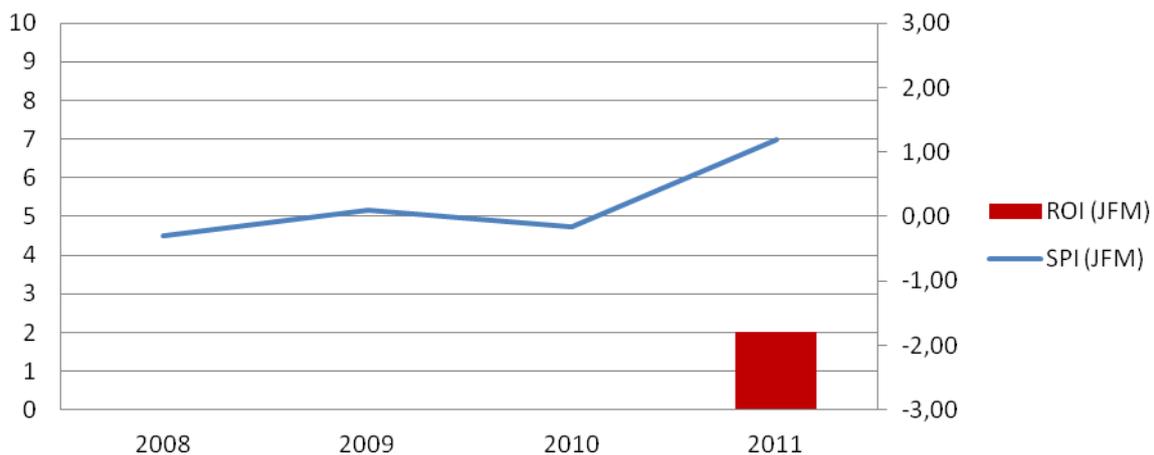


Figura 7. Comparação entre o ROI e o índice SPI para os meses de Janeiro, Fevereiro e Março (2008-2011) – estação AGNE.

4. Conclusões

A metodologia utilizada neste trabalho traz como principal inovação o refinamento das técnicas elaboradas em estudos anteriores, a partir da utilização das áreas queimadas adquiridas através do ROI, que tornam possível o conhecimento das características da paisagem e posterior predição de futuras áreas que poderão sofrer com o fenômeno dos incêndios florestais tão presente no PNI.

O SPI trouxe novos indicativos para a metodologia de susceptibilidade à ocorrência de incêndios desenvolvida no Laboratório de Cartografia (GEOCART/UFRJ). Este índice estatístico possibilitou um melhor ajuste para o diagnóstico de períodos secos e úmidos e da sua influência na ocorrência de incêndios no PNI, que por sua vez dá subsídios importantes até mesmo no entendimento em relação ao trabalho relacionado à Brigada de Incêndio existente nesta UC.

Os resultados gerados neste estudo podem ser de grande valia para o planejamento das ações de prevenções e combate aos incêndios florestais no PNI e de outras UC's espalhadas no Brasil, bem como para o seu manejo de maneira geral. Além disso, auxiliam na compreensão da questão do fogo e seu papel na formação da paisagem.

Agradecimentos

Agradecemos a Furnas Centrais Elétricas S.A e Agência Nacional de Águas por terem cedidos os dados pluviométricos que tornou possível a realização deste trabalho.

Referências Bibliográficas

BRADE, A. C. A flora do Parque Nacional do Itatiaia. Boletim do Parque Nacional do Itatiaia, Nº 5. Itatiaia/RJ, 114p., 1956.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Projeto Pontos Culminantes: IBGE calcula nova altitude do Monte Roraima. Nota de imprensa atualizada em 29/07/2005. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=412&id_pagina=1&titulo=IBGE-calcula-nova-altitude-do-Monte-Roraima>. Acesso em 20/06/2011.

ICMBio - Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. Registros de Ocorrência de Incêndios e Dados Digitais de Ocorrências de Incêndios. Núcleo de Prevenção e Combate a Incêndios do Parque Nacional do Itatiaia. Não publicado. Ministério do Meio Ambiente, Brasil., 2011.

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Catálogo de Imagens de Satélite. Disponível em: <http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>. Acesso em Julho de 2011.

RIBEIRO, K. T. & MEDINA, B. M. O. Estrutura, Dinâmica e Biogeografia das Ilhas de Vegetação Sobre Rocha do Planalto do Itatiaia. In.: Boletim do Parque Nacional do Itatiaia, Nº 10. Itatiaia/RJ, 84p., 2002.

SILVA L. C. V.; FERNANDES M. C., ARGENTO M. S. F. Mapa geocológico de potencialidade à ocorrência de incêndios no Parque Nacional do Itatiaia/RJ. In.: Revista Brasileira de Cartografia; 61-3:285-292., 2009.

SOUSA, G.M.; COURA, P.H.F.; FERNANDES, M.C. Cartografia Geocológica da Potencialidade à Ocorrência de Incêndios: Uma proposta Metodológica. In.: Revista Brasileira de Cartografia, Edição Especial, v.1, 2010.

TEIXEIRA, L. N. Perfil dos Incêndios do Parque Nacional do Itatiaia e Entorno. Monografia do Curso de Especialização em Gestão do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Associação Educacional Dom Bosco, Resende, RJ. 52p., 2006.

TOMZHINSKI, G.W. Análise Geocológica dos Incêndios Florestais no Parque Nacional do Itatiaia. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós Graduação em Geografia – PPGG/UFRJ. 137 f., 2012.

McKee et al. The Relationship of drought frequency and duration to time scales. 1993.

McKee et al. Drought monitoring with multiple time scales. 1995.

DOMINGOS, S. I. S. Análise do índice de seca Standardized Precipitation Index (SPI) em Portugal Continental e sua comparação com o Palmer Drought Severity Index (PDSI). Tese de licenciatura em Meteorologia, Oceanografia e Geofísica Interna – Variante Meteorologia. Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa. 2006.