



METODOLOGIA DE CARTOGRAFIA GEOECOLÓGICA DA POTENCIALIDADE À OCORRÊNCIA DE INCÊNDIOS EM PERÍODOS SECO E CHUVOSO, MACIÇO DA PEDRA BRANCA/RJ

Gustavo Mota de Sousa – Departamento de Geociências, Instituto de Agronomia – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – UFRRJ. gustavoms@ufrj.br;

Pedro Henrique Ferreira Coura – Departamento de Geografia (IGEO); Laboratório de Cartografia (GEOCART) – Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ.
ped.coura@gmail.com;

Manoel do Couto Fernandes - Departamento de Geografia (IGEO); Laboratório de Cartografia (GEOCART) – Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ. manoel.fernandes@ufrj.br;

Paulo Márcio Leal de Menezes - Departamento de Geografia (IGEO); Laboratório de Cartografia (GEOCART) – Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ. pmenezes@acd.ufrj.br.

RESUMO: Os incêndios florestais são provenientes de diversos fatores ambientais que exigem estudos de caráter integrativo, como ocorre no âmbito da geoecologia que visa um conhecimento mais refinado da paisagem. A Cartografia Geoecológica tem proporcionado importante contribuição para análises da paisagem através da utilização das técnicas de geoprocessamento. A dinâmica dos incêndios encontra-se dentro dessa temática que através da metodologia de mapeamento geoecológico da potencialidade à ocorrência de incêndios proporciona a tomadas de decisão tornando-se ferramenta importante na análise das interfaces existentes na paisagem. O objetivo deste trabalho consiste na elaboração da metodologia em questão utilizando tecnologias de geoprocessamento para identificação de áreas de potencialidade à ocorrência de incêndios de acordo com períodos determinados como seco e chuvoso definidos por parâmetros climáticos. O trabalho foi realizado no maciço da Pedra Branca, que faz parte do bioma Mata Atlântica e é uma floresta urbana que encontra-se na Cidade do Rio de Janeiro. A metodologia aplicada é baseada em estudos anteriores e apresenta inovações a partir da utilização da variável radiação solar que proporciona a obtenção de diferentes períodos de potencialidade para o mesmo ano. O mapeamento foi avaliado e aponta resultados satisfatórios proporcionando a validação positiva do mapeamento realizado.

Palavras-chave: Incêndios florestais, Cartografia Geoecológica, MDE.



ABSTRACT: Wildfires are from several environmental factors that require study of integrative way, as in the context of Geoecology aimed at a more refined landscape. Geoecological Cartography has provided important contribution to analysis of the landscape through the use of geoprocessing techniques. The wildfires dynamics is that in this theme through geoecological mapping of wildfire occurrence potentiality provides the decision-making is an important tool in the analysis of existing interfaces in the landscape. This study is the development of the methodology in using GIS technology to identify areas of wildfire occurrence potentiality in accordance with certain periods dry and wet seasons as defined by climatic parameters. The work was carried out in the Pedra Branca Massif, which is part of the Brazilian Atlantic Forest is an urban forest that is in Rio de Janeiro. The methodology is based on previous studies and introduces innovations from the use of variable solar radiation that provides the obtaining of different periods of potential for the same year. The mapping has been evaluated and shows satisfactory results providing a positive validation of the mapping done.

Key words: Wildfires, Geoecology Cartography, DEM.

1 INTRODUÇÃO

Os estudos ambientais de caráter integrativos baseados no entendimento entre a sociedade com a natureza são apresentados como alternativa metodológica através da Geoecologia (Ecologia da paisagem) por autores como Fernandes *et al.* (2002) e Coelho Netto *et al.* (2007).

A Geoecologia é definida pelo geógrafo alemão Carl Troll (HUGGETT, 1995) como a união entre a Geografia e a Ecologia. Turner (1989) entende que na análise geoecológica da paisagem é fundamental entender a estrutura, funcionalidade e dinâmica das variáveis bióticas, abióticas e humanas.

Essas características fazem com que a Geoecologia assuma um caráter muito complexo, ao conjugar diferentes tipos de dados e informações com características diversas e uma multiescalaridade peculiar a estes estudos (MENEZES & COELHO NETTO, 1999).

A Cartografia Geoecológica (MENEZES, 2000) busca a representação cartográfica de temas ligados a análise da paisagem através do geoprocessamento que trata-se de um conjunto de tecnologias para as análises de diversas temáticas geoecológicas como é observado na dinâmica



dos incêndios, que proporciona a tomadas de decisão no instante do combate desse fenômeno tornando-se ferramenta importante na análise das interfaces existentes na paisagem.

O maciço da Pedra Branca é uma unidade geomorfológica, que juntamente com o maciço da Tijuca e o Gericinó-Mendanha, constituem o compartimento de maciços litorâneos da cidade do Rio de Janeiro. Esse maciço possui uma área de 197,27 km² (delimitado pela cota altimétrica de 40 metros) e ocupa a porção ocidental do município do Rio de Janeiro/RJ, entre os paralelos 22° 55' e 23° 05' S; e os meridianos 43° 20' e 43° 40' W. A área de estudo faz parte do bioma Mata Atlântica, que apresenta uma paisagem multifragmentada e variada ao longo do litoral (Fig. 1).

As queimadas são constantes ao longo do ano, principalmente nos meses mais secos, verificados como maio, junho e julho (GEORIO, 2008) que se relacionam com o período das festas juninas e a queda de balões ou práticas intencionais para a permanência das pastagens.

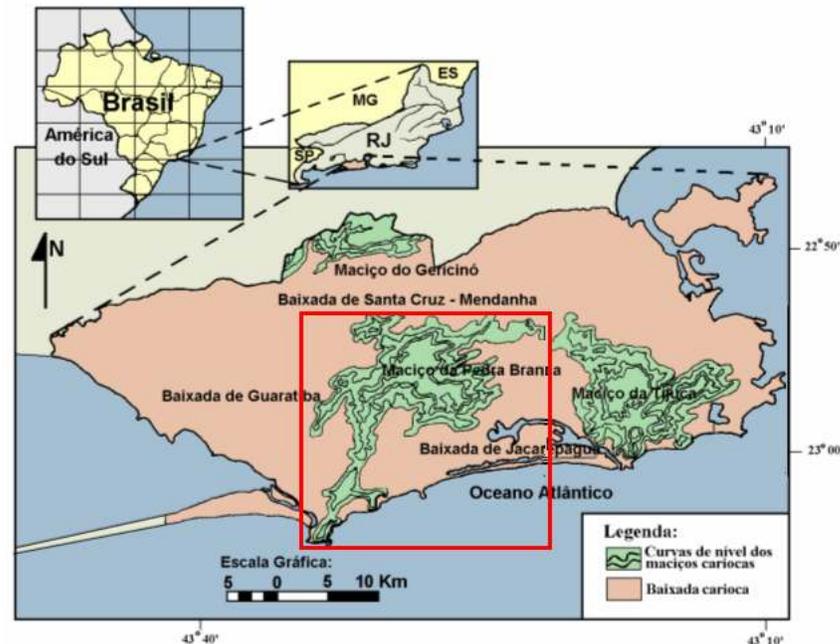


Fig. 1 – Localização da área de estudo



Empiricamente, é possível diagnosticar como principal agente das queimadas no maciço da Pedra Branca a queda de balões. Entretanto, outras causas de menor expressão também podem ser identificadas, como práticas religiosas que envolvem o uso de velas, e queimadas criminosas principalmente próximo à área de favelas e de loteamentos irregulares.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo é proveniente de experiência realizada por Fernandes (1998) no Parque Nacional da Tijuca, localizado na cidade do Rio de Janeiro e, posteriormente, aperfeiçoada por Silva (2006) no Parque Nacional do Itatiaia, situado nos limites dos estados de Rio de Janeiro, São Paulo e Minas Gerais. Para Silva (2006) a metodologia atingiu o resultado de 94,3% (alta e média potencialidade) em relação a validação verificada por meio de áreas queimadas detectadas por imagem Landsat 7 ETM+ de setembro de 2001. As duas pesquisas citadas foram executadas em escala 1:50.000.

O refinamento da metodologia se dá no aumento da escala (1:10.000) e pela utilização de variáveis climatológicas que variam de acordo com a época do ano verificadas através dos períodos seco e chuvoso que proporcionam a dinamicidade observada por meio de parâmetros de radiação solar distintos harmonizando diferentes cenários de susceptibilidade à ocorrência de incêndios (Fig. 2).

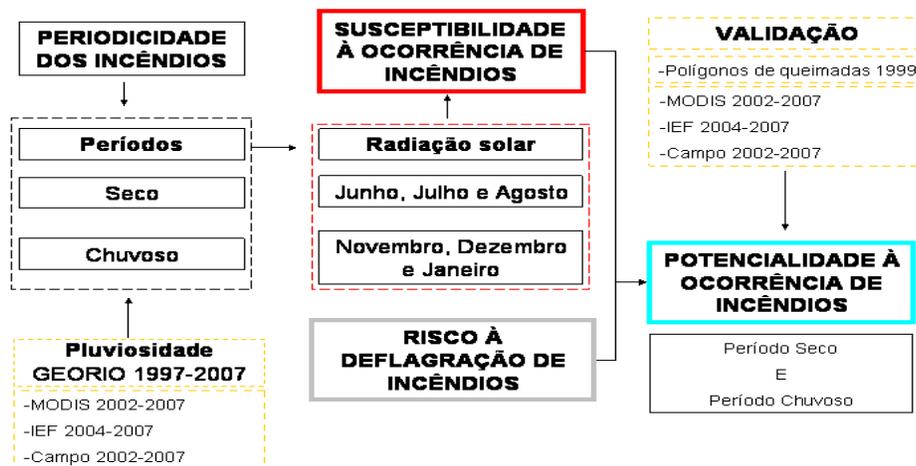


Fig. 2 – Metodologia do mapeamento geocológico dos incêndios realizado em períodos seco e chuvoso.



A metodologia é iniciada pelo levantamento dos materiais necessários para a observação dos principais fatores geradores do fenômeno dos incêndios florestais que são decorrentes da paisagem (susceptibilidade) e da ação humana (risco à deflagração de incêndios).

A variável de susceptibilidade é obtida através da utilização de produtos gerados a partir das bases topográficas (hidrografia, curvas de nível e pontos cotados) que possibilitam a construção do MDE Topogrid (SOUZA *et al.*, 2009) e, posteriormente, a resultados decorrentes à forma das encostas e radiação solar. Esses produtos foram sobrepostos ao mapa de combustibilidade (1999).

O risco à deflagração de incêndios é elaborado por informações referentes às vias de acesso próximas e internas ao maciço da Pedra Branca e de localidades que possuem áreas de loteamentos e favelas mapeados pela Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro além da informação dos setores censitários urbanos sobre a prática de queima de lixo por domicílio (IBGE, 2000).

Os meses secos e chuvosos foram definidos por estações pluviométricas da Fundação GEORIO que localizam-se nas proximidades do maciço da Pedra Branca. As estações selecionadas são: Madureira, Bangu, Tanque, Cidade de Deus, Riocentro, Guaratiba, Gericinó, Santa Cruz, Anchieta, Grota Funda, Campo Grande e Itaúna.

Os dados relativos aos incêndios florestais foram adquiridos de diversas fontes dentre as quais destacamos as ortofotos do Instituto Pereira Passos (IPP) que registraram duas queimadas que ocorreram durante o ano de 1999, que foi tomado como ano base deste estudo.

As queimadas extraídas das ortofotos foram utilizadas como principal validador da pesquisa pelo fato de serem do mesmo período da grande maioria dos dados utilizados que representam melhor a realidade do ano de 1999. As ortofotos foram adquiridas durante os meses de Abril e Junho, que estão próximos ou fazem parte do período seco.

Outras informações foram utilizadas como suporte da validação, visto que são pontos georreferenciados de incêndios ou focos de calor. Os dados provenientes do Instituto Estadual de Florestas (IEF/RJ) correspondem a 35 incêndios florestais que ocorreram nos anos de 2006 e 2007. O INPE disponibilizou sete focos de calor que podem ser a representação de possíveis incêndios que ocorreram entre os anos de 2002 a 2007. Os últimos dados utilizados correspondem a três incêndios que ocorreram na bacia do Camorim, na vertente sul do maciço (Oliveira, 2008).



A periodicidade dos incêndios é disponibilizada pelas fontes e pode ser percebida na figura 3 em que estão sobrepostas à média mensal do total pluviométrico obtido das 12 estações da GEORIO.

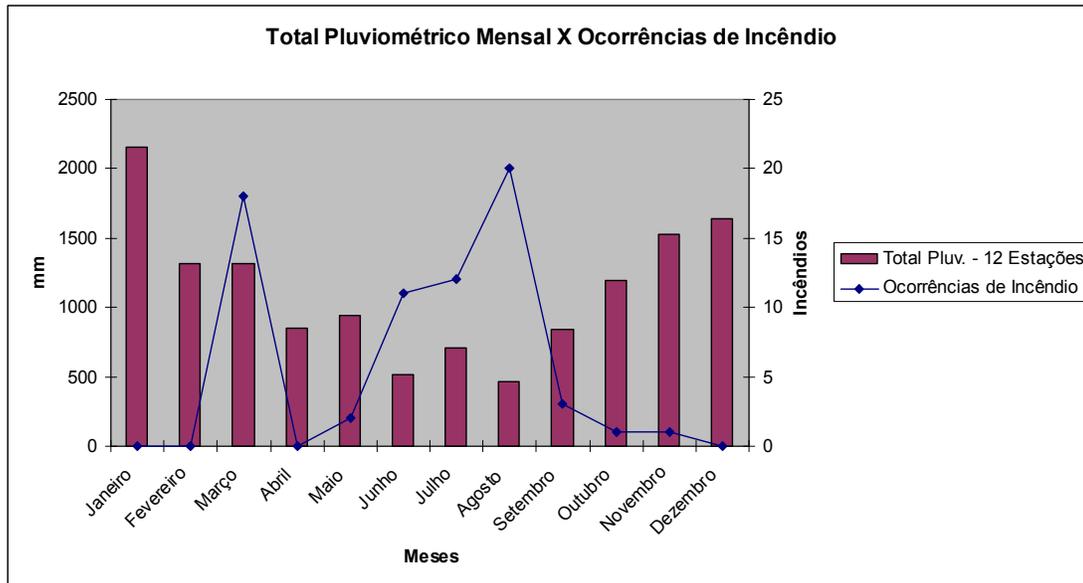


Fig. 3 – Ocorrências de incêndios (2002-2007) e pluviosidade média mensal (1997-2007)

O gráfico evidencia que os meses de junho, julho e agosto possuem grande incidência de incêndios florestais e fazem parte dos meses com menor pluviosidade. O mês de março apresenta 18 incêndios que ocorreram em 2007 devido à baixa pluviosidade que ocorreu de maneira diferenciada do total pluviométrico mensal para o período em questão.

Os meses de novembro, dezembro e janeiro possuem uma relação interessante entre o total pluviométrico médio mensal e os incêndios, desta forma foram confirmados como os meses mais chuvosos. Utilizando os dados de pluviosidade que apontaram os meses mais chuvosos e secos, foram construídos os mapas de total de radiação solar referentes aos meses verificados.

O conhecimento da pluviosidade e a observação da dinâmica dos incêndios possibilitaram uma melhor verificação dos períodos adotados para os mapas de radiação solar. Para a radiação do período seco (Fig. 4) foram indicados os dias dos meses de junho, julho e agosto de 1999 e, no período chuvoso (Fig. 5) foram adotados os meses de novembro e dezembro de 1999 e janeiro de 2000.



A radiação solar apresenta resultados que levam em consideração as altitudes, a orientação das encostas e a periodicidade dos meses em estudo que proporciona diversidade de resultados de acordo com a época do ano.

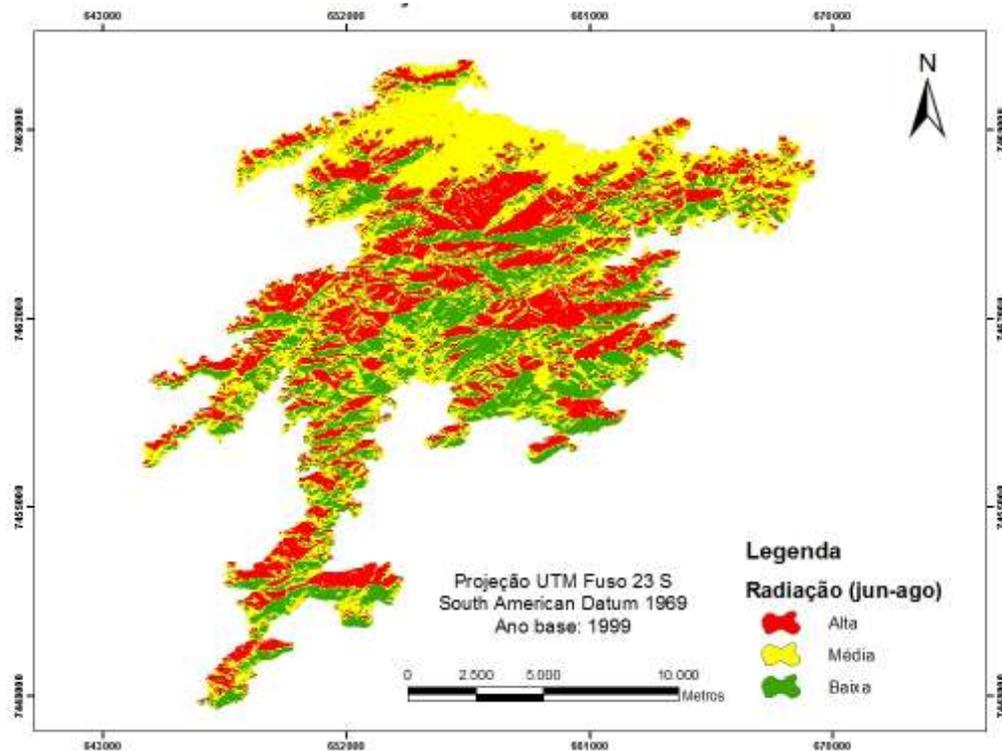


Fig. 4 – Total de radiação solar do período seco

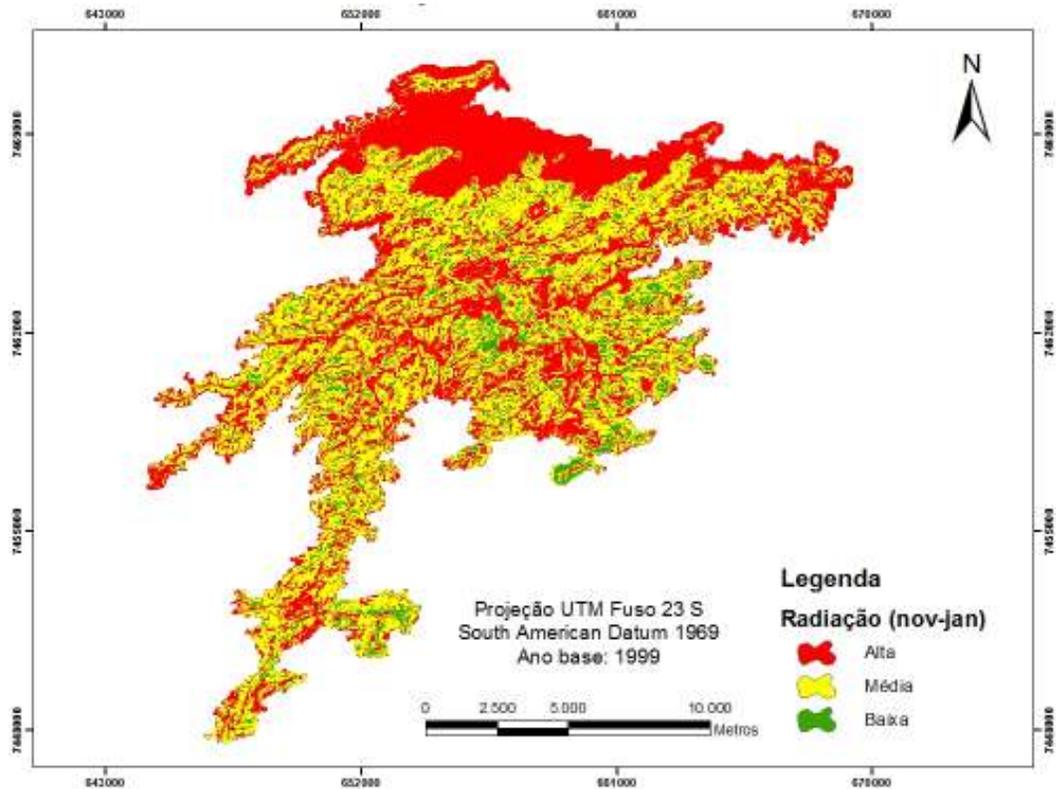


Fig. 5 – Total de radiação solar do período chuvoso

Os resultados proporcionam a observação do detalhamento do período seco como o que tem as áreas de radiação alta, média e baixa mais distribuídas. Isso se deve ao fato de que o posicionamento do sol em relação ao hemisfério sul durante o inverno proporciona tempo seco e com menor quantidade de chuvas. A menor pluviosidade proporciona maior susceptibilidade aos incêndios.

O período chuvoso apresenta maior quantidade de registros de alta radiação devido ao verão e à conseqüente proximidade do sol no hemisfério sul. O alto total de radiação observado proporciona maior evaporação e regimes pluviométricos mais elevados que apontam maior umidade na vegetação e a coerente redução na quantidade de incêndios durante essa época do ano.

Os mapas de total de radiação solar gerados na metodologia acrescentam resultados mais eficientes no que se refere aos incêndios florestais se comparados a aplicação durante o período anual que foi verificado por Sousa (2009).



3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os mapas gerados em períodos distintos foram validados utilizando áreas extraídas das ortofotos utilizadas para a geração do mapa de uso e cobertura do solo. As ortofotos foram adquiridas durante os meses de abril e junho, próximas e durante o período seco consequentemente.

As áreas de queimadas foram sobrepostas aos mapas e proporcionaram resultados bastante interessantes da dinâmica da potencialidade em relação aos períodos chuvoso e seco (Fig. 6 e 7).

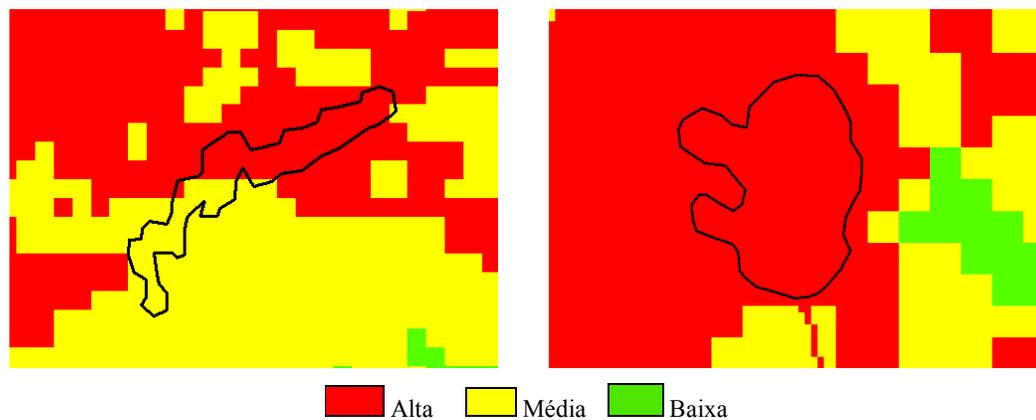


Fig. 6 – Áreas queimadas e potencialidade durante o período seco

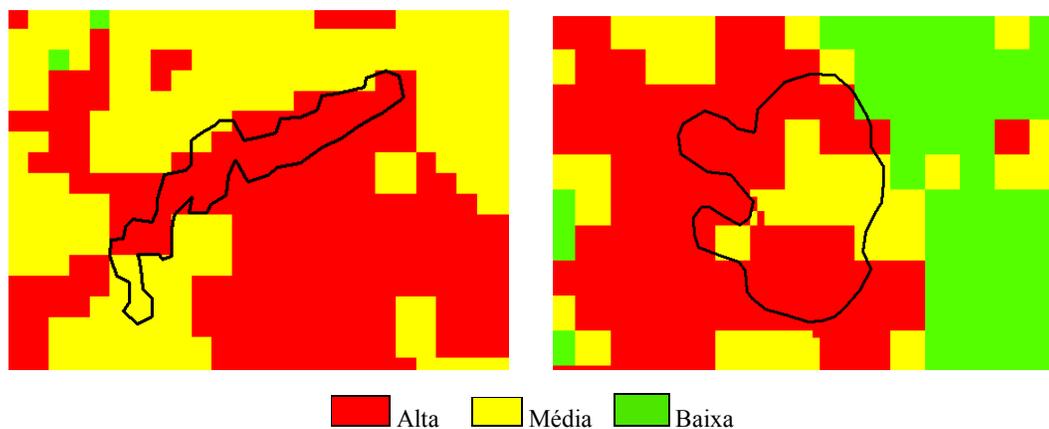


Fig. 7 – Áreas queimadas e potencialidade durante o período chuvoso

Os resultados referentes aos períodos seco e chuvoso mostraram-se bastantes distintos e proporcionaram novos subsídios a metodologia. O período seco apresentou nas áreas queimadas



a divisão em duas classes de potencialidade: alta com percentual de área em 94,05% e média com resultado de 5,95%.

O período chuvoso apresentou resultado diferente se comparado com o número de classes apresentado no período seco devido ao aparecimento de áreas com baixa potencialidade.

Os resultados apontam que durante o período chuvoso nas áreas de alta potencialidade o percentual apresentado foi de 90,88%, média em 8,86% e baixa com 0,26%. A presença de áreas com baixa potencialidade é surpreendente em vista que o mapa de combustibilidade foi gerado a partir do uso e cobertura do solo realizado em período seco.

Essa abordagem de validação também foi observada com os pontos de suporte adquiridos. Os pontos do IEF e do INPE (sensor MODIS) dispõem da informação de periodicidade dos eventos registrados e, devido a isso, foram divididos para uma observação dos resultados de maneira mais coerente com a realidade verificada nos mapas de potencialidade. Já os pontos de campo não possuem essa informação proporcionando a utilização nos períodos estudados.

Os dados selecionados para o período seco correspondem a 22 pontos e os adquiridos no período chuvoso são 19 pontos apresentados nas tabelas 1 e 2.

Tab. 1 – Potencialidade dos pontos IEF e MODIS adquiridos durante o período seco

Potencialidade	Pontos	%	Percentual sem área não vegetada
Área não vegetada	3	13,6%	–
Alta	14	63,6%	73,7%
Baixa	5	22,7%	26,3%
Total	22	100%	100%

Tab. 2 – Potencialidade dos pontos IEF e MODIS adquiridos durante o período chuvoso

Potencialidade	Quantidade de pontos	%
Alta	11	57,9%
Média	4	21,05%
Baixa	4	21,05%
Total	19	100%



Os pontos do IEF e sensor MODIS divididos de acordo com os períodos seco e chuvoso apresentam realidades semelhantes das verificadas com todos os pontos durante o registro da potencialidade anual (SOUSA, 2009). A grande diferença que ocorre entre os períodos seco e chuvoso está na presença ou não da classe de média potencialidade que encontra-se durante o período de maior total pluviométrico.

Essa observação tornou necessária a obtenção de informações mais detalhadas dos pontos utilizados através da verificação destes em todos os períodos gerados na potencialidade à ocorrência de incêndios e a tabela 3 apresenta o resultado da sobreposição com os períodos anual, seco e chuvoso tendo em vista que essa verificação foi realizada independente da data em que os pontos foram adquiridos.

Tab. 3 – Verificação de mudança de classe entre os pontos utilizados como suporte da validação entre períodos estudados

Mudança de classe	Quantidade de pontos	Percentual
SIM	16	36,4%
NÃO	28	63,6%
TOTAL	44	100%

As modificações de classe foram observadas em 36,4% dos focos de calor analisados. Isso ocorreu principalmente na geração da potencialidade chuvosa, apresentando assim a diversidade existente nos resultados desse período que somente não torna-se o que possui maior quantidade de incêndios florestais devido à grande pluviosidade existente, conforme verificado também nas áreas de queimadas que validaram o estudo.

A figura 8 ilustra as classes da potencialidade abordadas com base em toda a área de estudo. Os resultados confirmam um considerável acréscimo da classe de média potencialidade que torna o cenário durante o período chuvoso alarmante no caso da não ocorrência de chuvas durante dias seguidos conforme os incêndios registrados pelo IEF durante março de 2007.

A classe de alta potencialidade nos cenários de período seco e chuvoso não apresenta grandes discrepâncias. A baixa potencialidade aponta decréscimo entre os períodos chuvoso (30%) e seco (22%) levando ao acréscimo da média potencialidade em 30,2% e 20,9% respectivamente.

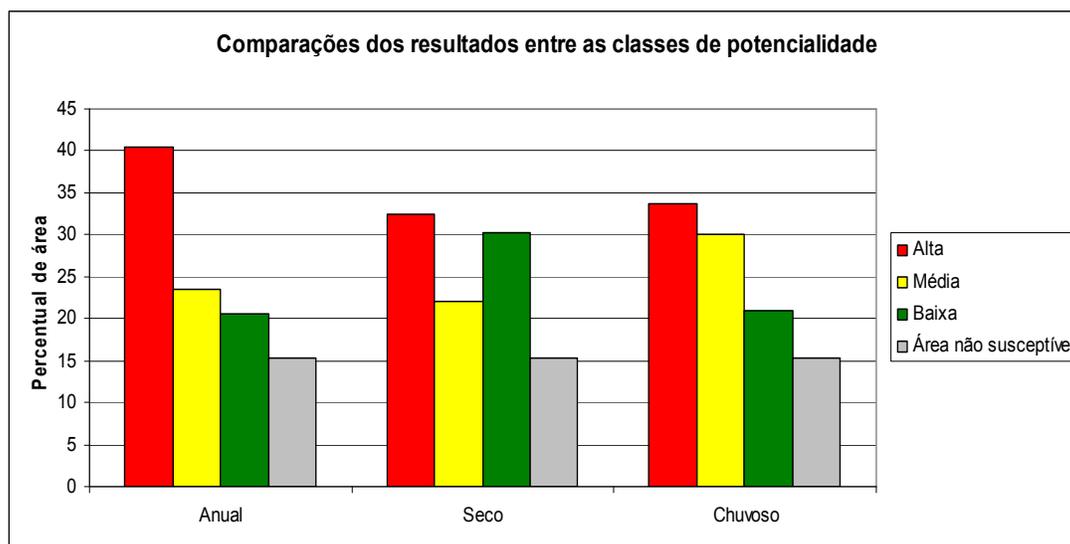


Fig. 8 – Gráfico comparativo dos cenários estudados no maciço da Pedra Branca

O intenso total de radiação solar existente no período chuvoso não leva ao aumento dos registros de incêndios florestais no maciço da Pedra Branca devido aos elevados totais pluviométricos existentes na área durante os meses estudados. Esse fato é preocupante e demonstra que essas áreas merecem extrema atenção em conjunto com as áreas de alta e média potencialidade independente da época do ano.

4 CONCLUSÕES

A metodologia do Mapeamento Geoecológico da Potencialidade à Ocorrência de Incêndios apresentou resultados significativos ao maciço da Pedra Branca e que merecem destaque na iniciativa da utilização de novos parâmetros gerados por meio do MDE que refinaram o mapa de susceptibilidade à ocorrência de incêndios.

A metodologia aplicada é baseada em estudos anteriores e apresenta uma inovação a partir da utilização da variável total de radiação solar que proporcionou a criação de diferentes cenários de potencialidade para o mesmo ano.

A radiação solar permite observar que a área de estudo encontra-se “protegida” de incêndios de origem natural durante o período chuvoso devido à alta pluviosidade observada pela rede de estações pluviométricas da GEORIO.



Outro fator interessante é que a radiação solar é um importante vetor de transformação da paisagem, mas que deve ser observado em conjunto com outras variáveis ambientais como pluviosidade e balanço hídrico. Essas variáveis permitem melhor detecção das áreas com alta potencialidade à ocorrência de incêndios.

O estudo em questão sinaliza áreas que merecem especial atenção, principalmente durante os períodos de déficit hídrico, independente dos meses de verão ou inverno, em que os órgãos de prevenção e combate à incêndios devem priorizar essas áreas.

A validação com as áreas queimadas adquiridas das ortofotos do IPP tornou possível a utilização dos pontos de suporte da validação adquiridos de diversos órgãos e que trouxeram elementos interessantes, apesar da temporalidade ser diversificada, se comparada ao período de aquisição de boa parte dos dados do mapeamento geocológico (1999).

O período chuvoso apresentou resultados da potencialidade distintos se comparados aos períodos seco e anual. Esse fato, confirmado através das áreas queimadas e dos pontos de suporte da validação, mostra que as potencialidades das áreas existentes no maciço podem sofrer modificações de acordo com a época do ano e, na verificação de déficits hídricos (falta de chuva) durante o período de verão (dezembro a fevereiro) tornando a situação de alerta à ocorrência de incêndios mais delicada.

Os dados do sensor MODIS disponibilizados pelo INPE foram de grande valia para a metodologia em questão e podem fornecer outras informações se forem espacializados através da geração de áreas de influência. Essa utilização pode ser interessante para escalas médias.

A construção do mapeamento do uso e cobertura do solo e da combustibilidade mais recentes proporciona à obtenção da potencialidade atual e a verificação da dinâmica da paisagem permitindo a relação entre as áreas que foram deflorestadas e os incêndios florestais.

Outros fatores ambientais podem alimentar a metodologia de mapeamento geocológico da potencialidade à ocorrência de incêndios visando o refinamento da pluviosidade que são a umidade antecedente, a intensidade das chuvas e a ocorrência dos ventos terras.

É importante a realização de novas pesquisas na vertente norte do maciço da Pedra Branca que, além de ser a área mais afetada por esse fenômeno, é carente de pesquisas principalmente relacionadas à temática dos incêndios florestais que serão importantes para a conservação da vegetação existente.



5 AGRADECIMENTOS

Ao Projeto Universal CNPq e CAPES pelo financiamento da pesquisa e bolsa de mestrado concedida.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

COELHO NETTO , A. L., AVELAR, A. S., FERNANDES, M. C., LACERDA, W. A. Landslide Susceptibility in a Mountainous Geocosystem, Tijuca Massif, Rio de Janeiro: The Role of Morphometric Subdivision of the Terrain. *Geomorphology*. Amsterdam. v.87, p.120 – 131, 2007.

FERNANDES, M.C. Geocologia do Maciço da Tijuca - RJ: Uma Abordagem Geo-Hidroecológica. Dissertação de mestrado, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Depto. de Geografia, IGEO/UFRJ, 141 f., 1998.

FERNANDES, M.C., MENEZES, P.M.L., & PAES, M. Potencialidades e limitações do Geoprocessamento em Estudos Geoecológicos. In: *Revista de Pós-Graduação em Geografia – UFRJ*, ano 5, vol (5): 53 – 68, 2002.

Fundação Instituto de Geotécnica do Município do Rio de Janeiro – GEO-RIO. Sistema Alerta Rio – 1997-2006. Disponível em www.rio.rj.gov.br/alertario. Acesso em julho de 2007.

Fundação Instituto Estadual de Florestas – IEF. Estatística de Incêndios Florestais nas Unidades de Conservação – Ano de 2004.

Fundação Instituto Estadual de Florestas – IEF. Estatística de Incêndios Florestais nas Unidades de Conservação – Ano de 2005.

Fundação Instituto Estadual de Florestas – IEF. Estatística de Incêndios Florestais nas Unidades de Conservação – Ano de 2006.

Fundação Instituto Estadual de Florestas – IEF. Estatística de Incêndios Florestais nas Unidades de Conservação – Ano de 2007.

HUGGETT, R. J. *Geocology an Revolutionary Approach*. Routledge. London, 1995.

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Monitoramento de focos de queimadas. Disponível em <http://www.dpi.inpe.br/proarco/bdqueimadas/> Acesso em outubro de 2008.



Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Censo Demográfico 2000: Agregado por Setores Censitários dos Resultados do Universo, 2ª Edição – Documentação do Arquivo. Rio de Janeiro, 2003.

Instituto Pereira Passos – IPP. Base Digitalizada do Município do Rio de Janeiro – Escala 1:10.000. Rio de Janeiro: IPP, vol.1. CD ROM, 1999.

MENEZES, P. M. L & COELHO NETTO, A L. Escala: Estudo de Conceitos e Aplicações. In: Anais do XIX Congresso Brasileiro de Cartografia, Recife, CD Rom, 1999.

MENEZES, P.M.L. A interface Cartografia-Geoecologia nos estudos diagnósticos e prognósticos da paisagem: um modelo de avaliação de procedimentos analítico-integrativos. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Depto. de Geografia, IGEO/UFRJ, 208 f., 2000.

OLIVEIRA, R.R. Três incêndios florestais no Camorim. Comunicação pessoal, 2008.

SILVA, L.C.V. Modelagem Ambiental de Cenários de Potencialidade à Ocorrência de Incêndios no Parque Nacional do Itatiaia/RJ. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Computação, FEN/UERJ, 101 f., 2006.

SOUSA, G.M.; Mapeamento Geoecológico da Potencialidade à Ocorrência de Incêndios no Maciço da Pedra Branca/RJ. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Geografia, UFRJ, 141 f., 2009.

SOUZA, L.G.; COURA, P.H.F.; SOUSA, G.M.; FERNANDES, M.C. & MENEZES, P.M.L. Modelos Digitais de Elevação para estudos geoecológicos no maciço da Pedra Branca, Rio de Janeiro, Brasil. In: Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ. Vol. 32 – 1/2009, p. 21-33, 2009.

TURNER, M.G. Landscape Ecology: Effect of Pattern on Process. In: Annual Review of Ecological Systems, vol. 10, nº 3, pp. 171-197, 1989.