

O USO DE VARIÁVEIS GEOMORFOLÓGICAS NO ESTUDO DA SUSCETIBILIDADE À OCORRÊNCIA DE INCÊNDIOS NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

Pedro Henrique Ferreira Coura¹, Gustavo Mota de Sousa², Manoel do Couto Fernandes¹, André de Souza Avelar¹

RESUMO

Os diversos remanescentes florestais de Mata Atlântica presentes no Estado do Rio de Janeiro vêm sofrendo cada vez mais com pressões antrópicas. As ações mais freqüentes estão relacionadas tanto com os desmatamentos provenientes de ocupações, quanto os incêndios florestais causados pelos maus cuidados na conservação do bioma. Tendo em vista essa realidade, procurou-se elaborar um mapeamento da suscetibilidade à ocorrência de incêndios para o Estado do Rio de Janeiro, em uma escala de 1:100.000. Para tanto foram confeccionados mapas de elementos estruturais e funcionais que subsidiaram a construção de um modelo resultante analítico-integrativo de suscetibilidade, contemplando os períodos anual, seco e úmido. Os mapeamentos gerados apontaram as áreas de maior suscetibilidade á ocorrência de incêndios e posteriormente, foi realizada a validação destes a partir dos dados do sensor MODIS. Estes dados foram separados de acordo com os períodos dos mapas de suscetibilidade desenvolvidos, sendo que no período anual e seco houve um alto percentual de acerto na alta susceptibilidade e no período úmido o percentual foi mais representativo na classe de média susceptibilidade. Espera-se que os resultados deste estudo sirvam de subsídio para o planejamento e combate aos incêndios florestais no Estado do Rio de Janeiro.

Palavras chaves: Radiação Solar, Incêndio Florestal, Modelos Digitais de Elevação.

ABSTRACT

The remaining Atlantic Forest in Rio de Janeiro State has suffered anthropogenic pressures frequently. These pressures are related to deforestation and fires occurrence. Because of that, the aim of this paper is to develop a susceptibility map of fires occurrence in Rio de Janeiro State in 1:100.000 scale. For this purpose, several layers of functional and structures as shape in 1:100.000 scale, Digital Elevation Model (DEM), geomorphology, solar radiation, landuse and hydrological balance was introduced through an analytical-integrative approach. Three susceptibility maps of fire, which show the susceptibility areas to fire occurrence in Rio de Janeiro state have been generated. These maps represent three different periods: annual, dry and rainy. Moreover they were validated from the analysis of MODIS sensor data. These validated data were separated according to the periods of susceptibility maps. On annual and dry maps there was a high percentage in the high susceptibility and in the rainy map, the percentage was more representative in average susceptibility. It is expected that the results can be used in strategic planning to combat wildfires in Rio de Janeiro State.

Keywords: Solar Radiation, Wildfires, Digital Elevation Models.

¹ Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ; Laboratório de Cartografia (GEOCART), Programa de Pós-graduação em Geografia. ped.coura@gmail.com ; manael.fernandes@ufrj.br ; andreavelar@ufrj.br

² Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – UFRRJ; Departamento de Geociências, Instituto de Agronomia – IA. gustavoms@ufrj.br

INTRODUÇÃO

As discussões acerca da temática de incêndios florestais vêm crescendo consideravelmente nas últimas décadas como apresentam os estudos de Fernandes (1998), Silva (2006) e Coura et al. (2009).

Autores como Naveh & Lieberman (1993), Bridgewater (1993) e Coelho Netto et al. (2007), apresentam a utilização da geoecologia com suporte do geoprocessamento como alternativa metodológica para estes estudos.

O geoprocessamento, como um conjunto de tecnologias, funciona dando suporte, ajudando nas soluções operacionais de análises geoecológicas. Segundo Menezes (2000) os processos elaborados pela cartografia geoecológica são instrumentos para a representação cartográfica de temas relacionados à análise de uma paisagem.

Como o mapeamento geoecológico combina diferentes temas de análises correspondentes ao entendimento de uma paisagem e considerando suscetibilidade como sendo às características específicas da paisagem, independente da interação com elementos externos (FERNANDES & AMARAL, 2000), procurou-se elaborar um instrumento que representasse a combinação dessas variáveis naturais.

Com essa perspectiva o trabalho tem como objetivo fazer uma caracterização da suscetibilidade à ocorrência de incêndios no Estado do Rio de Janeiro em uma escala de 1:100.000, dentro de uma abordagem geoecológica utilizando ferramentas de Geoprocessamento. Para tanto, foram elaborados e utilizados mapeamentos de alguns elementos estruturais e funcionais (Uso e Cobertura do Solo 2007, Modelo Digital de Elevação, Combustibilidade, Radiação Solar, Forma das Encostas e Balanço Hídrico) que através do método analítico-integrativo (COELHO NETTO et al. 1993) deram origem aos mapas de suscetibilidade à ocorrência de incêndios nos períodos anual, seco e úmido.

METODOLOGIA

O desenvolvimento dos cenários de suscetibilidade à ocorrência de incêndios seguiu procedimentos que compõem três etapas distintas (Figura 1).

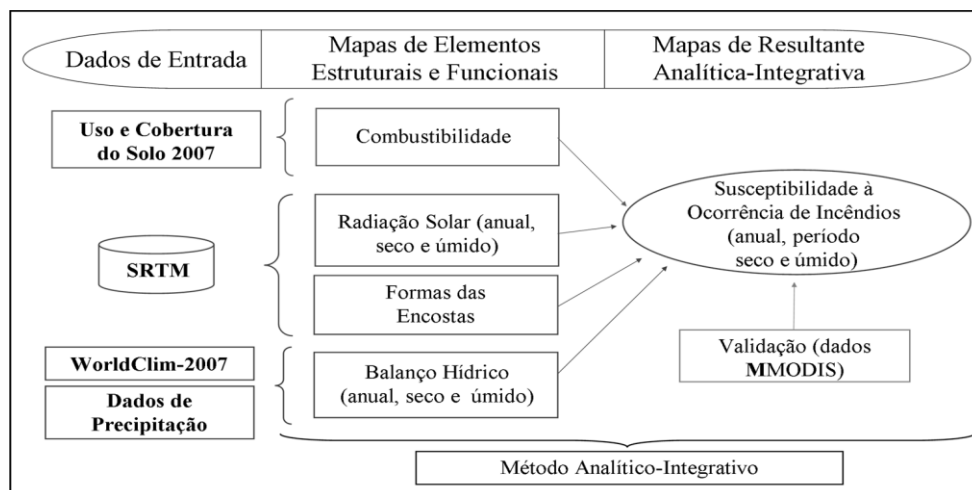


Figura 1 – Esquema da geração do mapa de suscetibilidade à ocorrência de incêndios.

A primeira etapa refere-se a aquisição e definição dos dados de entrada, ou seja, os dados utilizados para a confecção dos mapas de elementos estruturais e funcionais. Os elementos utilizados como dados de entrada foram: o mapa de uso e cobertura do solo (2007), o modelo interferométrico SRTM (Shuttle Radar Topographic Mission), dados de temperatura do WorldClim (2007) e dados pluviométricos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

Na segunda etapa, foram elaborados os mapas de elementos estruturais e funcionais. O mapa de combustibilidade foi definido a partir da aglutinação das classes do mapa de uso e cobertura do solo de 2007 (figura 2), de acordo com a combustão da biomassa existente.



Figura 2 – Classes de uso e cobertura do solo de acordo com sua combustibilidade.

O mapa de Uso e Cobertura do Solo de 2007 (figura 3) foi desenvolvido pelo Grupo de Sensoriamento Remoto (ESPAÇO) da Universidade Federal do Rio de Janeiro para atender a demanda do Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado do Rio de Janeiro (ZEE-RJ, 2009).

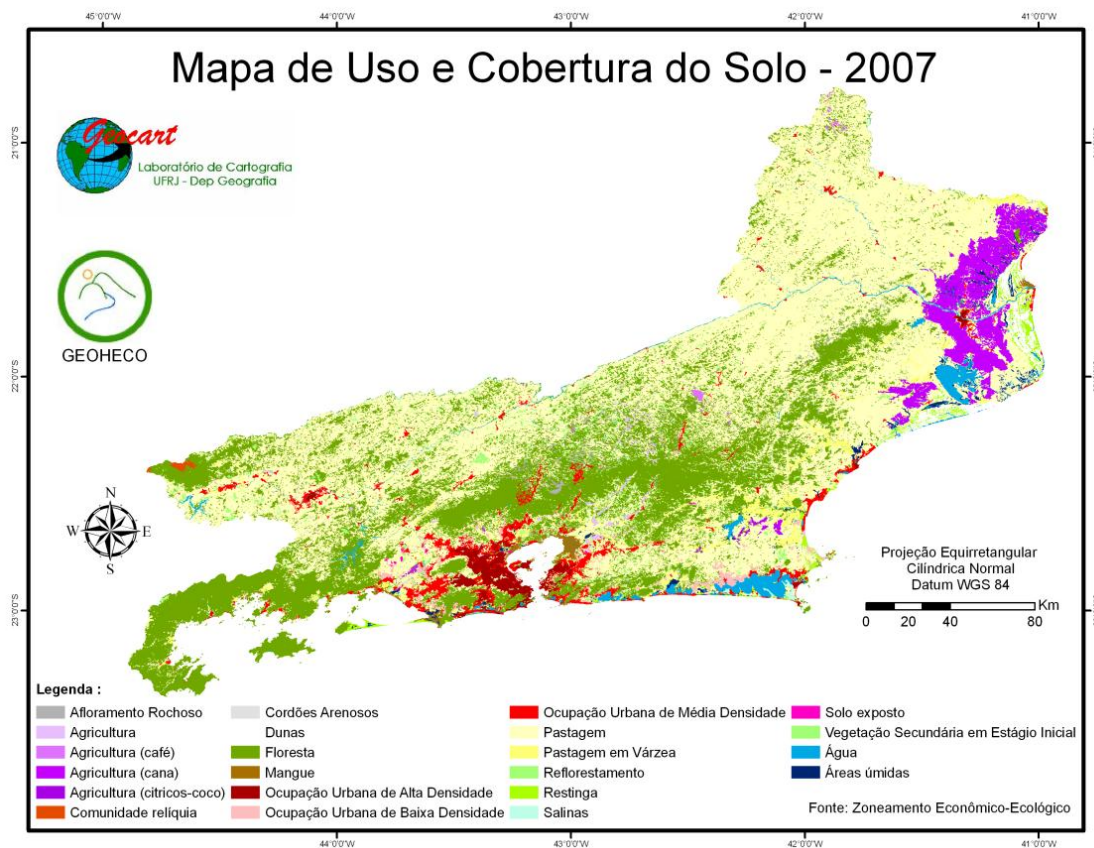


Figura 3 – Mapa de Uso e Cobertura do Solo 2007 – ZEE (2009).

O Modelo Digital de Terreno (SRTM) foi adquirido diretamente do site da National Aeronautics and Space Administration (NASA, 2007) e previamente pós-processado, para a retirada de vãos e outros pontos espúrios, como valores extremamente altos (picos) ou extremamente baixos (vórtices), para posteriormente servir de base para extração dos mapas de morfologia das encostas e radiação solar.

O mapa de forma das encostas tem como objetivo discriminar áreas com acúmulo e dispersão de fluxos. O intuito é de identificar áreas de maior e menor concentração de umidade. Ele foi classificado como côncavo e convexo.

A variável obtida pelo mapa de radiação solar é o total de radiação direta e difusa em WH/m^2 para cada pixel. Este mapa foi gerado para os períodos: anual, período seco (junho, julho e agosto) e período úmido (dezembro, janeiro e fevereiro). Esta variável é importante,

pois aponta áreas com maior incidência de radiação, o que afeta diretamente no grau de umidade do sistema. Os valores de radiação foram classificados em alta, média e baixa radiação, de acordo com a distribuição dos valores pelo histograma de frequência (Figura 4).

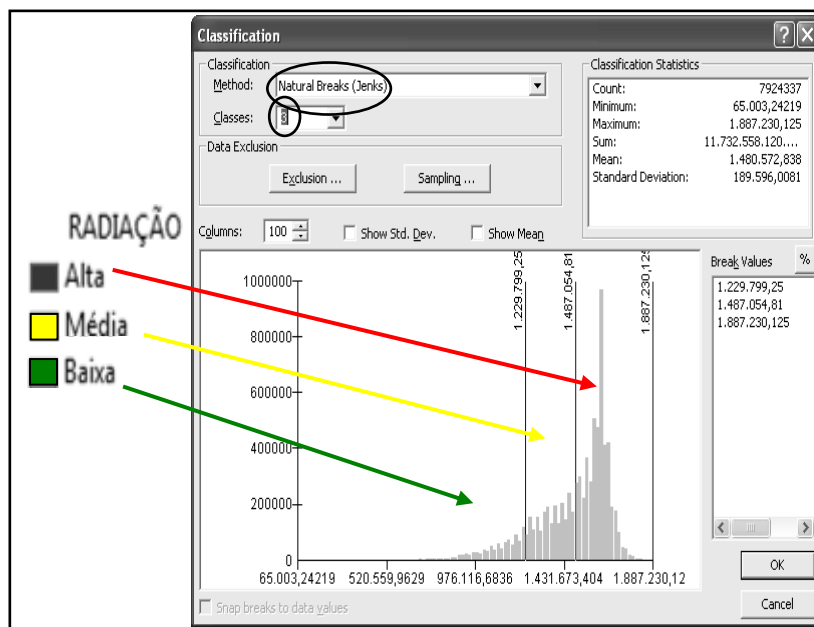


Figura 4 – Classes de radiação solar anual e histograma de distribuição dos valores.

O mapa de Balanço Hídrico também foi retirado dos dados do ZEE-RJ (2009), sendo desenvolvido pelo Laboratório de Geo-Hidroecologia (GEOHECO) da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Este mapa foi gerado através dos dados do WorldClim respectivos ao ano de 2007 e Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), sendo esta uma importante variável, pois aponta áreas com excesso, déficit hídrico e situações medianas, que afetam diretamente no grau de umidade do sistema. Ele possui a mesma periodicidade que o mapa de radiação e também fora classificado em 3 classes: alta, média e baixa.

A terceira e última etapa consiste na sobreposição dos mapas de Radiação Solar, Morfologia das Encostas, Combustibilidade e Balanço Hídrico, utilizando técnicas de Sistema de Informações Geográficas e o método analítico-integrativo (COELHO NETTO et al. 1993). Dessa forma foram gerados os três mapas de suscetibilidade à ocorrência de incêndios, na escala de 1:100.000, referentes aos períodos anual (figura 5), seco (figura 6) e úmido (figura 7). Todos os procedimentos de tratamento e manuseio dos dados foi realizado no software ArcGis 9.2 da Environmental Systems Research Institute (ESRI), possuem projeção Equirretangular Cilíndrica Normal, datum WGS84.

Além das classes de alta, média e baixa suscetibilidade, presentes nos mapas resultantes, é válido destacar a existência da classe de áreas não suscetíveis à ocorrência de incêndios (ANSOI). Esta se justifica, devido a presença de áreas sem material combustível, como áreas úmidas, água, solo exposto, entre outras.

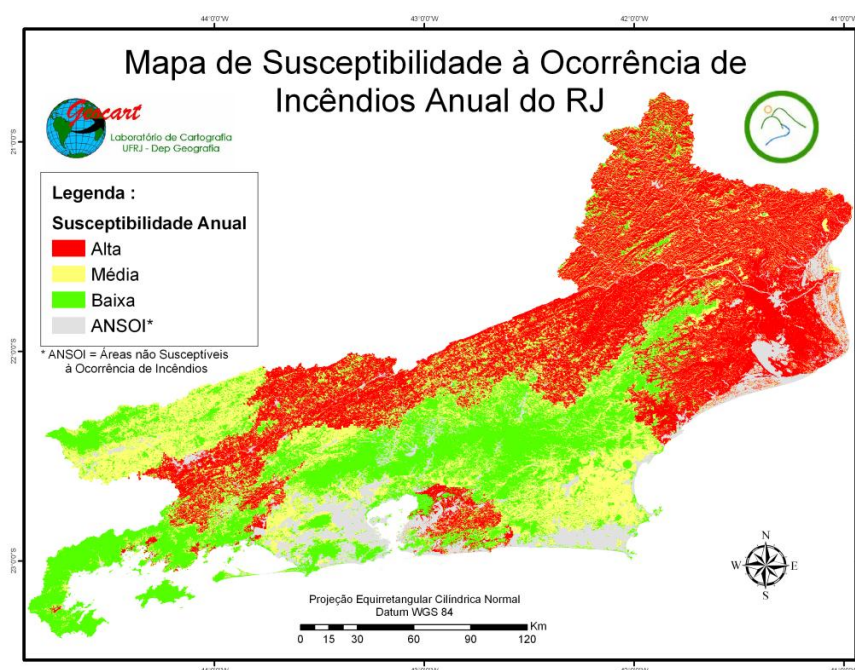


Figura 5 – Mapa de Suscetibilidade à Ocorrência de Incêndios Anual.

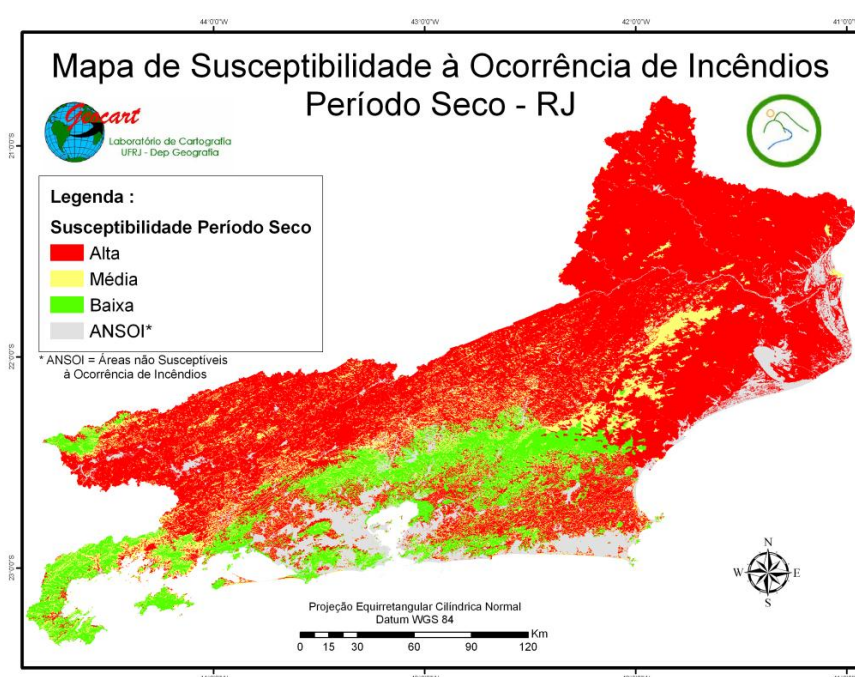


Figura 6 – Mapa de Suscetibilidade à Ocorrência de Incêndios Período Seco.

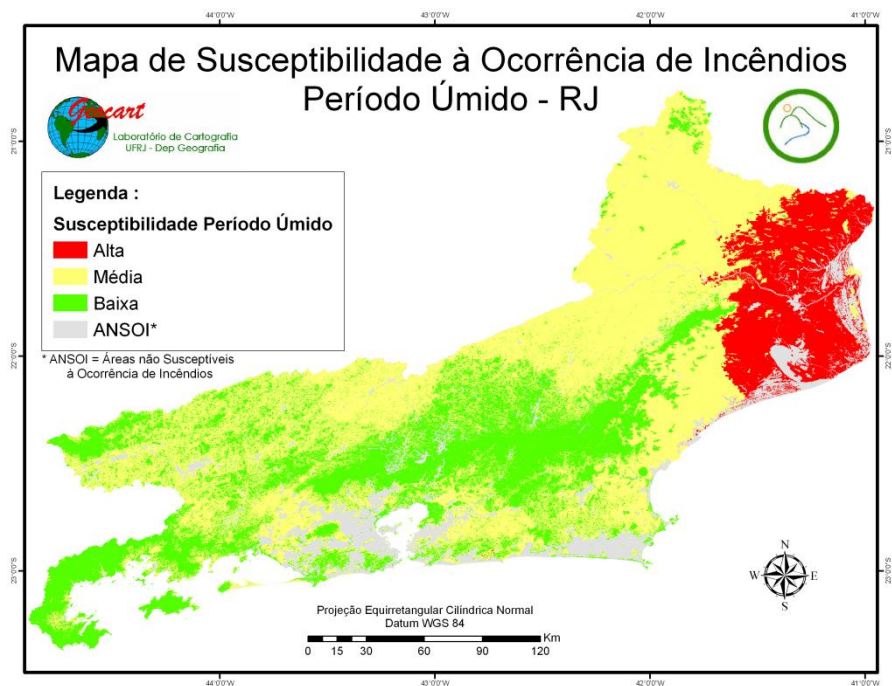


Figura 7 – Mapa de Suscetibilidade à Ocorrência de Incêndios Período Úmido.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente, buscou-se analisar a distribuição das classes de suscetibilidade (alta, média, baixa) nos diferentes períodos abordados anual, úmido e seco.

Percebe-se, através da figura 8, que o período anual apresenta a distribuição mais heterogênea. Isso porque a diferença entre as classes de alta, média e baixa suscetibilidade é menor que 10%.

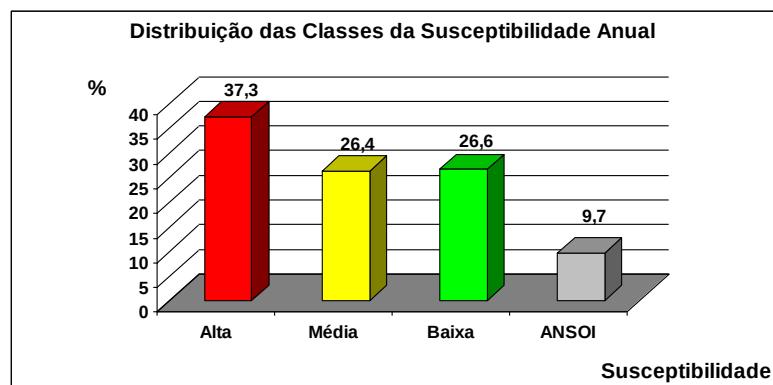


Figura 8 – Gráfico de distribuição das classes da suscetibilidade anual.

O período úmido (figuras 9) possui a média suscetibilidade como classe mais significativa, pois ela corresponde a 50,6% do total. Outra característica desse período é a porcentagem da baixa suscetibilidade, que se comparada aos outros dois períodos estudados, é mais representativa (28,9%).

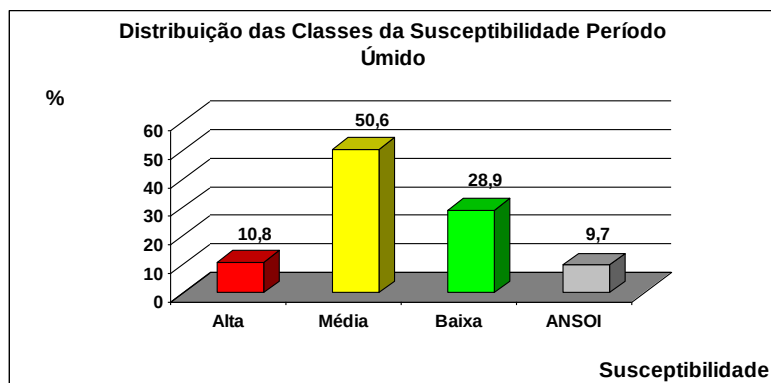


Figura 9 – Gráfico de distribuição das classes da suscetibilidade no período úmido.

Por outro lado, o período seco (figura 10) mostra maior predominância da classe de alta suscetibilidade, sendo ela responsável por 63,9% de toda a área mapeada.

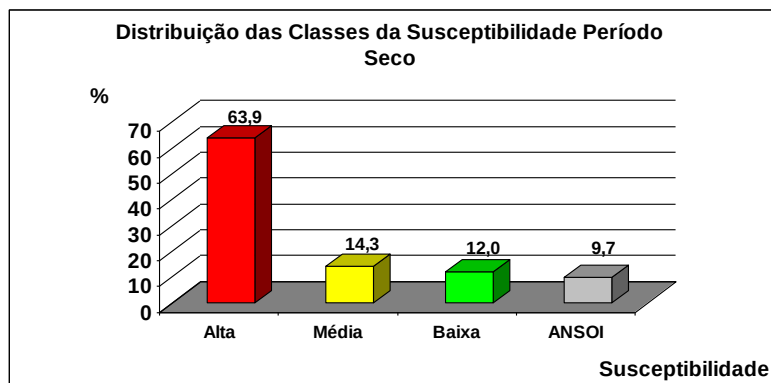


Figura 10 – Gráfico de distribuição das classes da suscetibilidade no período seco.

A validação dos mapeamentos foi realizada a partir de dados diários de uma série de quatro anos (2004, 2005, 2006 e 2007) de focos de calor obtidos pelo sensor MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer). Os dados MMODIS utilizados no trabalho indicam as detecções de focos feitas pelo sistema da NASA e Universidade de Maryland combinando todas as imagens do sensor MODIS das passagens diurnas dos satélites TERRA

e AQUA e incluídas pelo Instituto Nacional Pesquisas Espaciais (INPE) no seu Banco de Dados de Queimadas.

Com posse dessa gama de dados de focos de calor, foi realizado primeiro um filtro para que fosse possível ver a espacialização dessa informação, ou seja, a proporção de pontos por município do Estado do Rio de Janeiro. O gráfico abaixo (figura 11) demonstra a espacialização dos pontos MMODIS nos quatro anos analisados e nos auxilia a observar os municípios que concentram juntos 33% do total de pontos do Estado, sendo eles: Campos dos Goytacazes (11,7%); Volta Redonda (8,6%); Petrópolis (5,6%), Rio de Janeiro (5%); Teresópolis (4,8%); e Paraíba do Sul (4,1%).

O índice mais alto diz respeito a área de Campos dos Goytacazes, município ao qual observa-se, nos três mapas de suscetibilidade, um forte predomínio da classe de alta suscetibilidade.

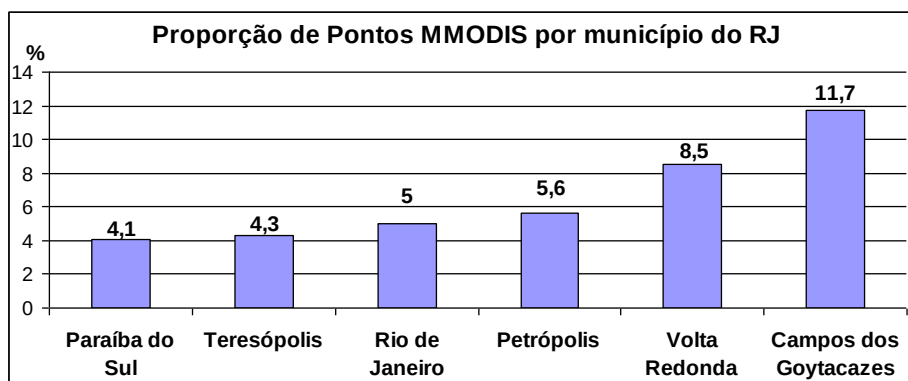


Figura 11 – Gráfico da proporção de pontos MMODIS por município do RJ.

Através da figura 12 é possível visualizar, com uma perspectiva mais ampla, a espacialização dos pontos MMODIS utilizados para validação. No total foram 1.384 pontos de focos de calor.

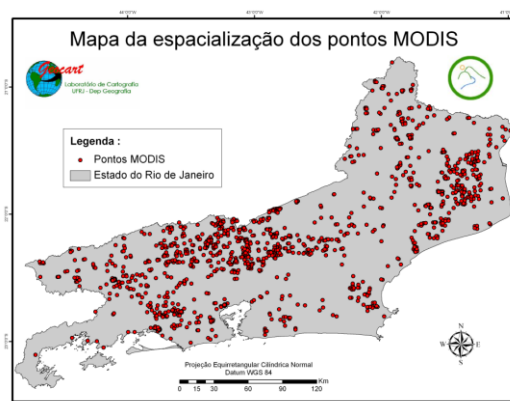


Figura 12 – Mapa da espacialização dos pontos MMODIS.

Para realizar a validação, os dados MMODIS utilizados no trabalho foram separados de acordo com a periodicidade de cada realidade analisada, ou seja, os pontos foram separados em anuais (todos os pontos), período seco (pontos correspondentes aos meses de junho, julho e agosto) e período úmido (pontos correspondentes aos meses de dezembro, janeiro e fevereiro). Após esse refinamento, foi aplicado em todos esses pontos um “buffer” de 500 metros, contemplando assim uma área circular de um quilômetro de diâmetro. Utilizando esses dados em sobreposição com os mapas de suscetibilidade, pode-se observar o percentual de áreas na alta, média e baixa suscetibilidade.

O gráfico de validação do período anual (figura 13) mostra 46,7% de acerto na alta suscetibilidade, 27,9% na média e apenas 17,9% na baixa.

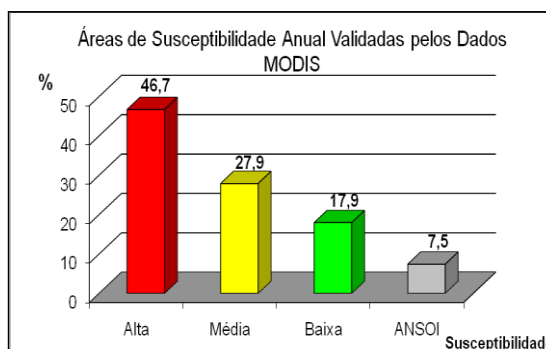


Figura 13 – Gráfico das áreas validadas por classes da suscetibilidade Anual.

Por sua vez, o período úmido se destacou por apresentar um percentual maior de focos de calor registrados em áreas de média suscetibilidade (28,7%) e, além disso, percebe-se ainda que o percentual de acerto na alta suscetibilidade é o menor percentual se comparado aos outros períodos analisados.

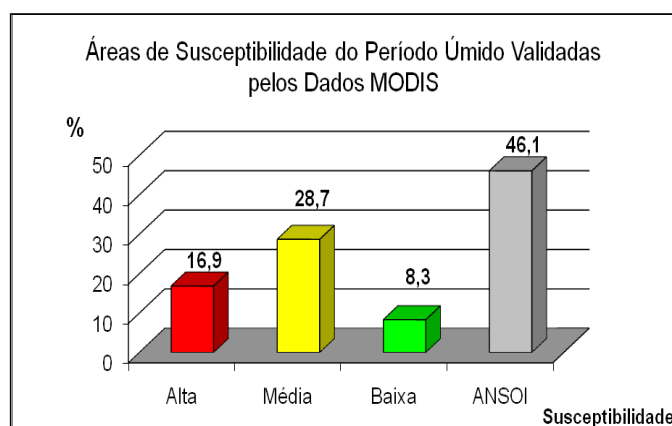


Figura 14 – Gráfico das áreas validadas por classes da suscetibilidade período úmido.

Os resultados referentes ao período seco (figura 15) foram os mais próximos do esperado, já que 72,7% dos pontos se encontravam em área de alta suscetibilidade.

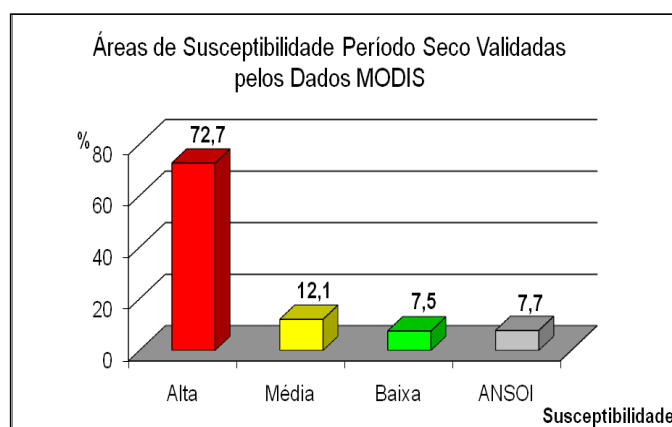


Figura 15 – Gráfico das áreas validadas por classes da suscetibilidade período seco.

CONCLUSÕES

Os resultados apontaram que os mapeamentos mostraram-se bastante satisfatórios, tanto em suas representatividades relacionadas a realidade de cada uma das situações analisadas, quanto em face da validação realizada através dos dados do sensor MODIS.

A maior proporção de focos de calor em alguns municípios, como em Campos dos Goytacazes, que apresenta boa parte de seu território nos três cenários em alta suscetibilidade, pode ser explicada pela forte presença do cultivo de agricultura canavieira, que possui uma alta combustibilidade.

Porém, é importante salientar que estes dados utilizados na validação registram focos de calor e não focos de incêndio, ou seja, podem estar associados a qualquer outra superfície que emane calor. Além disso, esse foco de calor não necessariamente contempla toda a área de 1Km². Outro ponto que vale a pena ser mencionado é a importância de validar a ferramenta de radiação, além de se acrescentar fatores ambientais como a ocorrência de ventos terrais na metodologia proposta.

Entretanto, como os resultados alcançados foram expressivos, os mapas elaborados podem servir como instrumento de auxílio a elaboração de estratégias de alerta e combate aos incêndios florestais no estado do Rio de Janeiro. Além disso, a metodologia se mostra simples e passível de utilização em outras áreas com a mesma problemática.

AGRADECIMENTOS

Os autores deste artigo agradecem ao CNPq pelo financiamento da pesquisa através do Edital Universal CNPq e aos dados disponibilizados pelo Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado do Rio de Janeiro.

REFERÊNCIAS

BRIDGEWATER, P.B. **Landscape ecology, geographic information systems and nature conservation.** In: HAINES-YOUNG, R.; GREEN, D.R. & COUSINS, S.H. *Landscape Ecology and GIS*, Taylor and Francis, 1993. cap. 3, p. 23 - 36.

COELHO NETTO, A.L.; DANTAS, M.E. & ROSAS, R.O. **Grandes domínios geoecológicos da Amazônia Legal (1:2.500.000): bases para o estudo dos efeitos de borda das linhas de transmissão de energia a serem implantadas na Amazônia florestal.** Relatório solicitado pela ELETROBRÁS, 26 p. 1993.

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

COURA, P.H.F.; SOUSA, G.M. & FERNANDES, M.C. **Mapeamento Geoecológico da Suscetibilidade à Ocorrência de Incêndios no Maciço da Pedra Branca, Município do Rio de Janeiro.** *Anuário do Instituto de Geociências*, vol. 32 (2), p. 14-25, 2009.

FERNANDES, M.C. **Geoeologia do Maciço da Tijuca - RJ: Uma Abordagem Geo-Hidroecológica.** 1998. 141 p. Dissertação de Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

FERNANDES, N.F. & AMARAL, C. P. **Movimentos de massa: uma abordagem geológico-geomorfológica.** In: GUERRA, A.T. & CUNHA, S.B. *Geomorfologia e meio ambiente*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2000. 3ª ed. p. 123-194.

INPE. **Banco de Dados de Queimadas: Monitoramento de Focos.** Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/proarco/bdqueimadas/>>. Acesso: 22 de Novembro de 2009.

MENEZES, P.M.L. **A interface Cartografia-Geoeologia nos estudos diagnósticos e prognósticos da paisagem: um modelo de avaliação de procedimentos analítico-integrativos.** 2000. 208 p. Tese de Doutorado - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

NAVEH, Z. & LIEBERMAN, A. **Landscape Ecology: Theory and Application.** New York. Springer Verlag, 1993. 265 p.

NASA. **Shuttle Radar Topography Mission Publication**. 2007. Disponível em: <<http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/>>. Acesso: 10 de Dezembro de 2009.

SILVA, L.C.V. **Modelagem Ambiental de Cenários de Potencialidade à Ocorrência de Incêndios no Parque Nacional do Itatiaia/RJ**. 2006. 101 p. Dissertação de Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Computação, Universidade Estadual do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

ZEE-RJ. **Análise e Qualificação Sócio-Ambiental do Estado do Rio de Janeiro (Escala 1:100.000) subsídios ao Zoneamento Ecológico-Econômico**. 2009. Disponível em: <http://www.sematur.rj.gov.br/pages/outros_projetos/outrosproj_pdbsepetiba_zoneamneto.html>. Acesso: 12 de Janeiro de 2010.