

Mapeamento geológico de susceptibilidade à ocorrência de incêndios no Estado do Rio de Janeiro

Manoel do Couto Fernandes¹
Pedro Henrique Ferreira Coura¹
Gustavo Mota de Sousa¹
André de Souza Avelar¹

¹ UFRJ - Depto de Geografia - Lab. de Cartografia (GEOCART)
Av. Athos da Silveira Ramos, 274 - 21941-916 - Cidade Universitária - RJ, Brasil
manoel.fernandes@ufrj.br, ped.coura@gmail.com, gustavoms@ufrj.br

² UFRJ - Depto de Geografia - Lab. de Geo-Hidroecologia (GEOHECO)
Av. Athos da Silveira Ramos, 274 - 21941-916 - Cid. Universitária - RJ, Brasil
andreavelar@acd.ufrj.br

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 geoecological susceptibility map of fires occurrence in Rio de Janeiro State, at scale in 1:100.000. For this purpose, several maps of landscape functions and structures were analyzed. The main maps used were landforms, solar radiation, land use and water balance. The study was conducted using analytical-integrative approach and different geoprocessing techniques, like digital elevation models and geographic information systems, to construct susceptibility maps of fire occurrence. Three susceptibility maps of fire, which show the susceptibility areas to fire occurrence in Rio de Janeiro state, have been generated and labeled in three susceptibility class (high, medium and low). 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 periods maps there was a larger percentage of MODIS data in the high susceptibility class. In the rainy period map, the percentage of MODIS data was more representative in medium susceptibility class. The results showed that there is a good efficiency of the methodology applied. It is expected that the results can be used in strategic planning to combat wildfires in Rio de Janeiro State.

Palavras-chave: geoecological maps, wildfires, DEM, GIS, mapas geoecológicos, incêndios florestais, MDE, SIG.

1. Introdução

As discussões acerca da temática de incêndios florestais vêm crescendo consideravelmente nas últimas décadas como apresentam as discussões de Setzer (1999), Coura et al. (2009) e Sousa et al. (2010).

Autores como Bridgewater (1993) e Coelho Netto et al. (2007), apresentam a utilização da geoecologia com suporte do geoprocessamento como alternativa metodológica para o desenvolvimento de estudos que buscam o entendimento da estrutura, função e dinâmica dos elementos da paisagem para definir a espacialização de fenômenos como os incêndios. O geoprocessamento, como um conjunto de tecnologias, funciona como suporte nas soluções operacionais de análises geoecológicas. Neste contexto, Menezes (2000) sugere que um dos produtos destas análises são os mapas geoecológicos, que são instrumentos para a representação cartográfica de temas relacionados à análise de uma paisagem e configuram a cartografia geoecológica.

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

Com essa perspectiva o trabalho tem como objetivo fazer uma caracterização da susceptibilidade 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., 2007) deram origem aos mapas geocológicos de susceptibilidade à ocorrência de incêndios nos períodos anual, seco e úmido.

2. Materiais e Métodos

O desenvolvimento dos mapas geocológicos de susceptibilidade à ocorrência de incêndios seguiu procedimentos que compõem três etapas distintas (Figura 1).

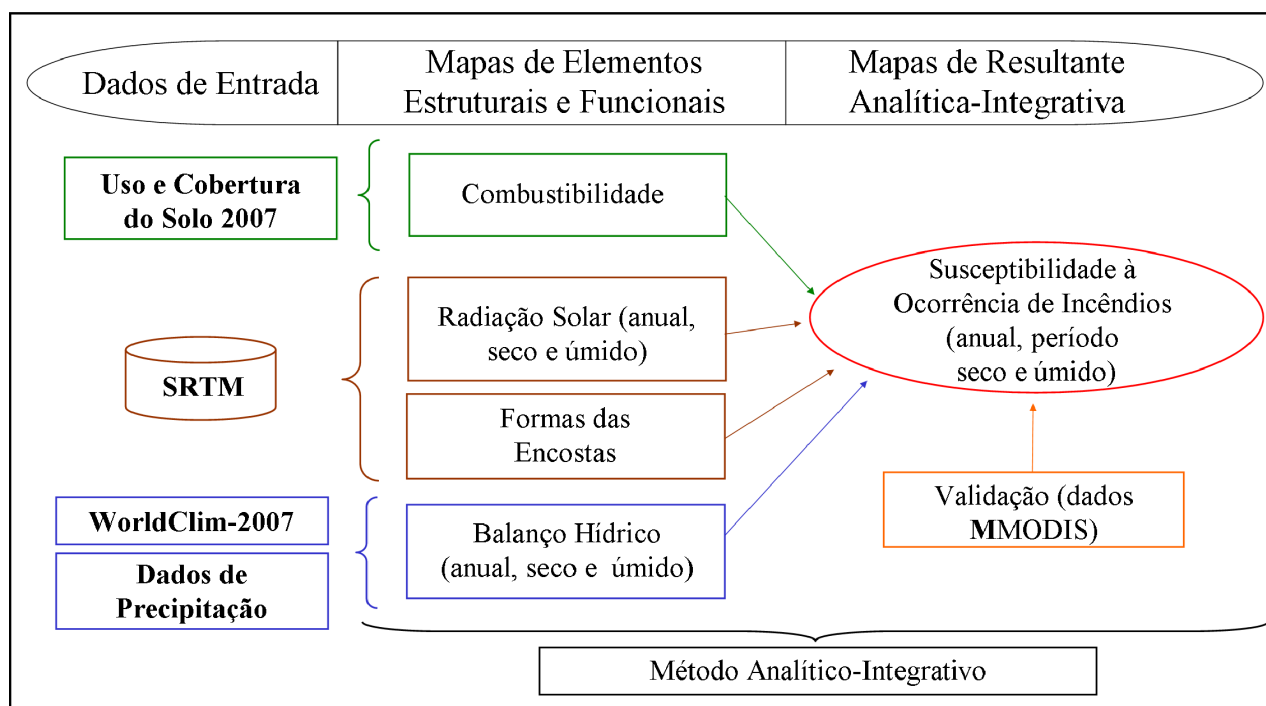


Figura 1. Esquema da geração do mapa de susceptibilidade à ocorrência de incêndios.

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 e dados pluviométricos do HidroWeb/ANA (Sistema de Informações Hidrológicas da Agência Nacional de Águas).

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. 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 (Cruz et al., 2009) para atender a demanda do Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado do Rio de Janeiro (ZEE-RJ, 2009).

O Modelo Digital de Terreno (SRTM) foi adquirido diretamente do site da National Aeronautics and Space Administration (NASA, 2009) 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, que são indicativos de áreas de maior e menor concentração de umidade. Estas áreas foram definidas, respectivamente, como côncavo e convexo.

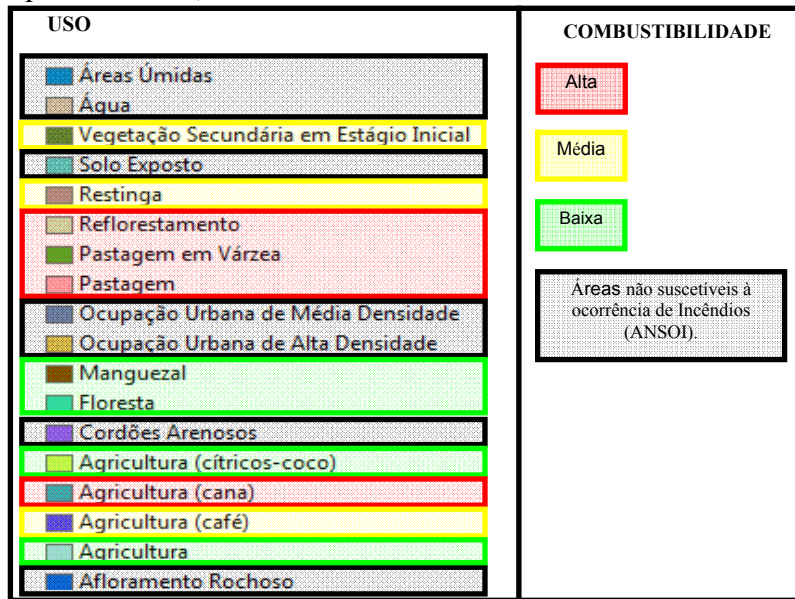


Figura 2. Classes de uso e cobertura do solo de acordo com sua combustibilidade.

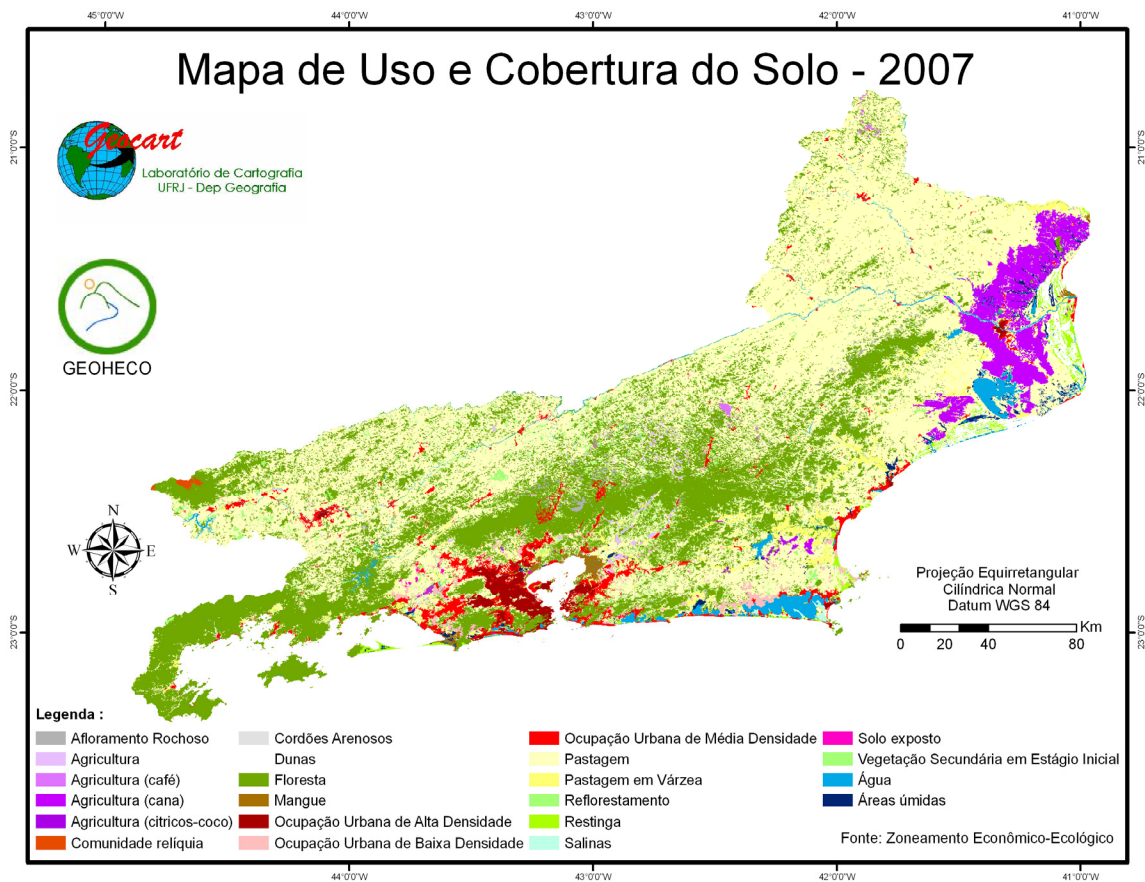


Figura 3. Mapa de Uso e Cobertura do Solo 2007 – Cruz et al. (2009).

A variável obtida pelo mapa de radiação solar é o total de radiação direta e difusa em WH/m². 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 solar, de acordo com a quebra natural dos valores do histograma de frequência.

O mapa de Balanço Hídrico foi gerado a partir da subtração dos dados de Precipitação Média (anual, período seco e úmido) e de Evapotranspiração Potencial (ETP) (anual, período seco e úmido). Os dados referentes a precipitação foram obtidos a partir da análise de 102 estações do sistema HidroWeb (HidroWeb, 2009), que dispunham de dados do período de 1977 a 2000. A partir destes foi gerado um mapa de precipitação média para cada período de análise, através do método de krigagem e utilizando a resolução espacial de 30 arc-segundos (~1km). A evapotranspiração potencial foi obtida pelo modelo de Thornthwaite (1948), utilizando os dados de temperatura do WorldClim com resolução espacial de 30 arc-segundos (~1km) (WorldClim, 2009).

O Balanço Hídrico é 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 foi 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. Dessa forma foram gerados os três mapas geocológicos de susceptibilidade à ocorrência de incêndios, na escala de 1:100.000, referentes aos períodos anual, seco e úmido.

As classes de susceptibilidade à ocorrência de incêndios foram definidas como alta, média e baixa susceptibilidade. É válido destacar a existência da classe de áreas não suscetíveis à ocorrência de incêndios (ANSOI). Esta se justifica, devido à presença de áreas sem cobertura vegetal, como áreas úmidas, urbanas, água, solo exposto, entre outras.

Ainda na terceira etapa, após a conclusão dos mapeamentos, estes foram validados 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 MODIS 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 (INPE, 2009).

Para realizar a validação, os dados MODIS 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 que foi denominada de áreas de focos de calor. Utilizando esses dados em sobreposição com os mapas de susceptibilidade, pode-se observar o percentual de áreas na alta, média e baixa susceptibilidade.

Todos os procedimentos de tratamento e manuseio dos dados foram realizados no software ArcGis 9.3 da Environmental Systems Research Institute (ESRI), possuem projeção Equirretangular Cilíndrica Normal, datum WGS84.

3. Resultados e Discussão

Inicialmente, buscou-se analisar a distribuição das classes de susceptibilidade (alta, média, baixa) nos diferentes períodos abordados anual (Figura 4), úmido (Figura 5) e seco (Figura 6).

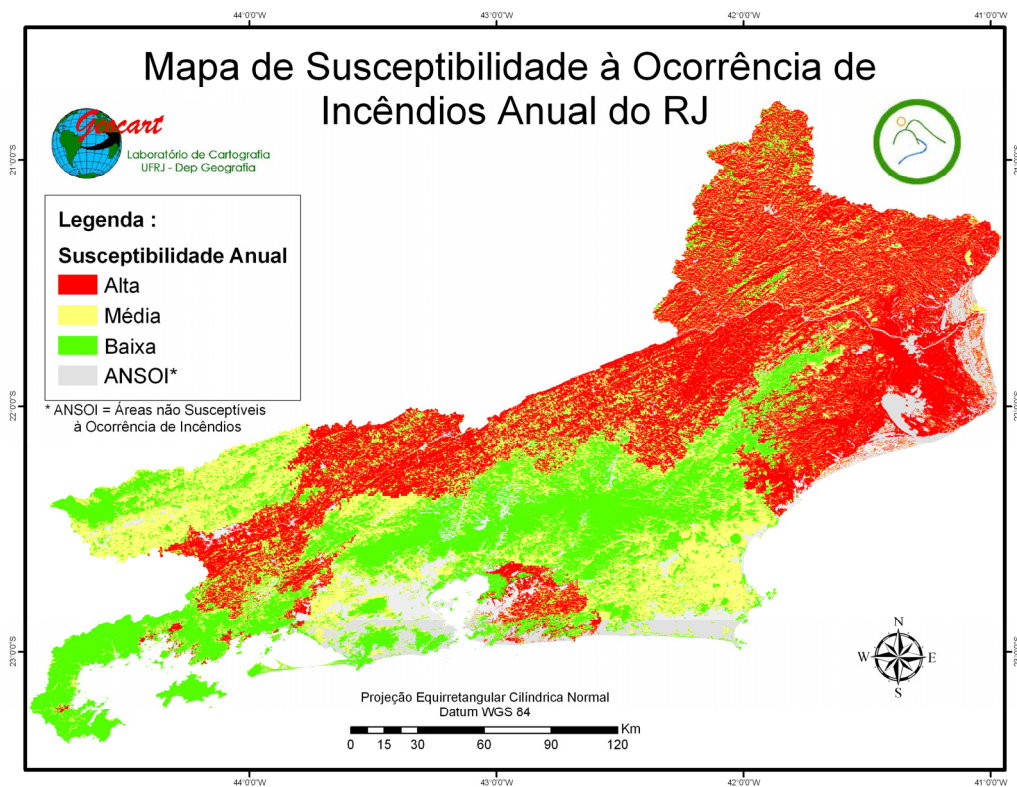


Figura 4. Mapa de Susceptibilidade à Ocorrência de Incêndios Anual.

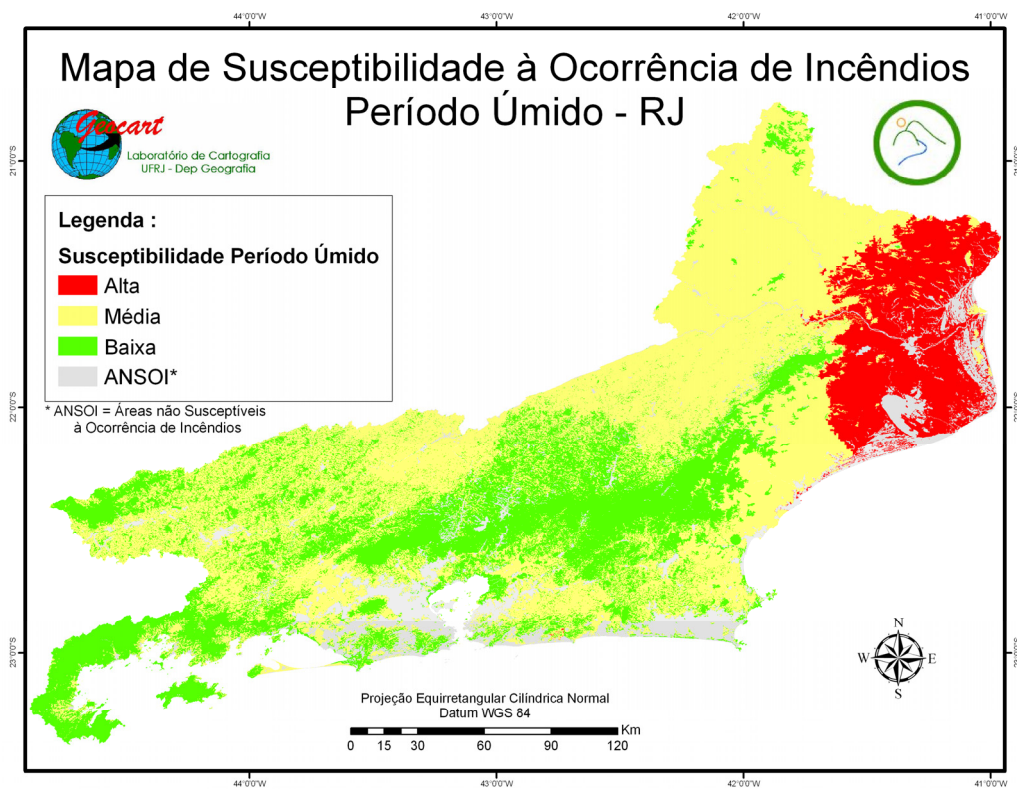


Figura 5. Mapa de Susceptibilidade à Ocorrência de Incêndios - Período Úmido.

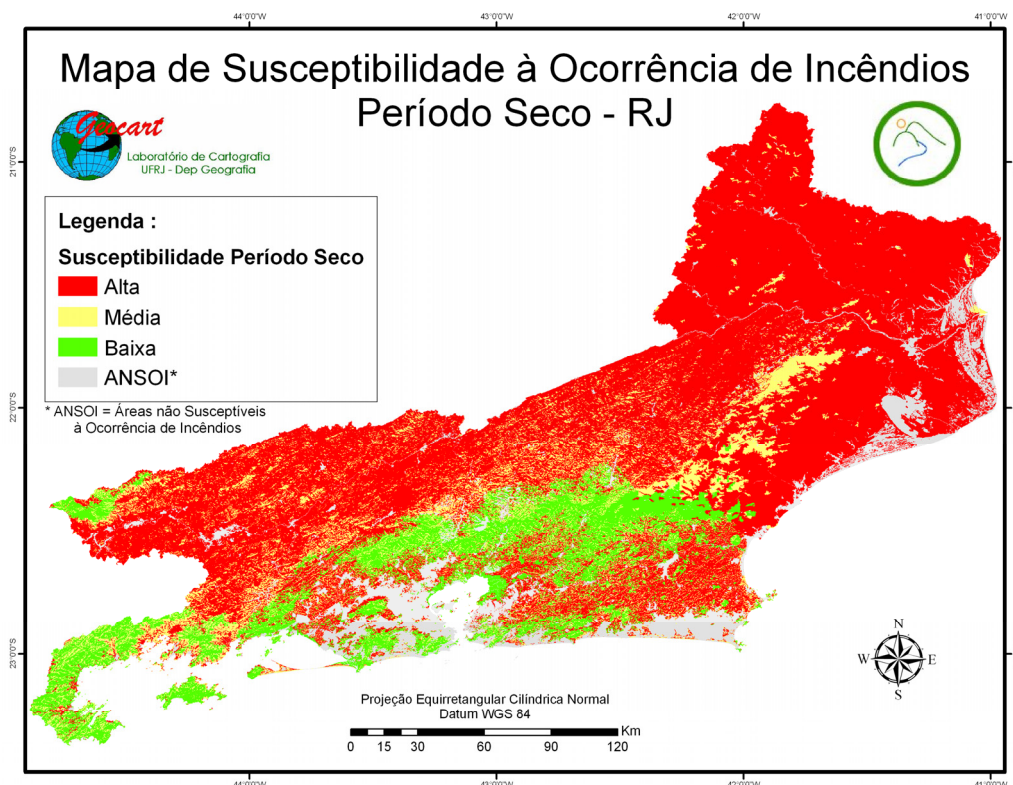


Figura 6. Mapa de Susceptibilidade à Ocorrência de Incêndios - Período Seco.

O período anual apresenta a distribuição mais heterogênea. Isso porque a diferença entre as classes de alta, média e baixa susceptibilidade é menor que 10%. O período úmido possui a média susceptibilidade como classe mais significativa, pois ela corresponde a 50,6% do total. Outra característica desse período é a porcentagem da baixa susceptibilidade, que se comparada aos outros dois períodos estudados, é mais representativa (28,9%). Por outro lado, o período seco mostra maior predominância da classe de alta susceptibilidade, sendo ela responsável por 63,9% de toda a área mapeada.

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. Analisando a distribuição dos pontos MODIS nos quatro anos analisados é possível perceber que seis municípios dos 92 que compõem o Estado do Rio de Janeiro concentram juntos 33% do total de 1.384 pontos de focos de calor do Estado, são eles: Campo dos Goytacazes (11,7%); Volta Redonda (8,6%); Petrópolis (5,6%), Rio de Janeiro (5%); Teresópolis (4,8%); e Paraíba do Sul (4,8%).

A maior concentração diz respeito ao município de Campos dos Goytacazes, onde se observa, nos três mapas de susceptibilidade, um forte predomínio da classe de alta susceptibilidade.

Avaliando a distribuição das áreas de focos de calor pelos mapeamentos construídos foi possível verificar que no período anual 46,7% se apresentaram na classe de alta susceptibilidade, 27,9% na média e apenas 17,9% na baixa (Figura 7). Por sua vez, o período úmido se destacou por apresentar um percentual maior de áreas de focos de calor registrados nas classes de média susceptibilidade (28,7%) e, além disso, percebe-se ainda que o percentual na alta susceptibilidade é o menor percentual se comparado aos outros períodos analisados (Figura 8). Os resultados referentes ao período seco (Figura 9) apresentaram 72,7% das áreas na classe de alta susceptibilidade.

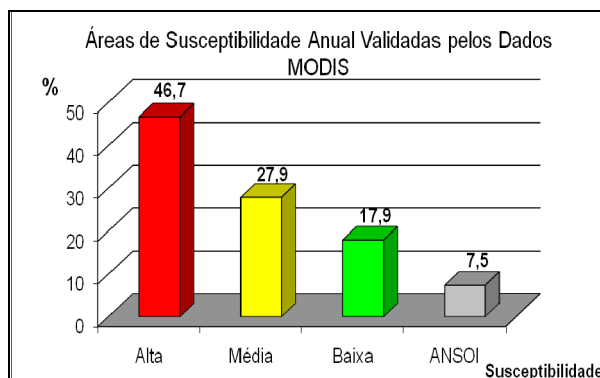


Figura 7. Gráfico das áreas validadas por classes da susceptibilidade Anual.

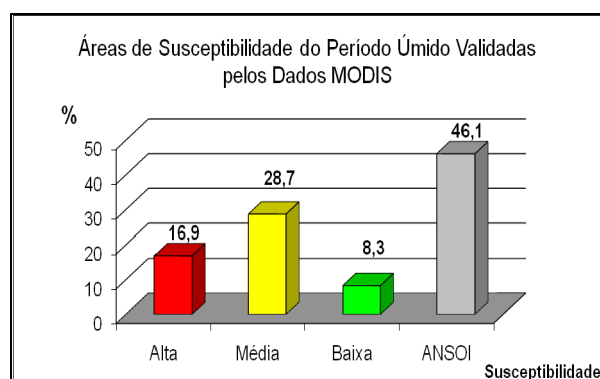


Figura 8. Gráfico das áreas validadas por classes da susceptibilidade - período úmido.

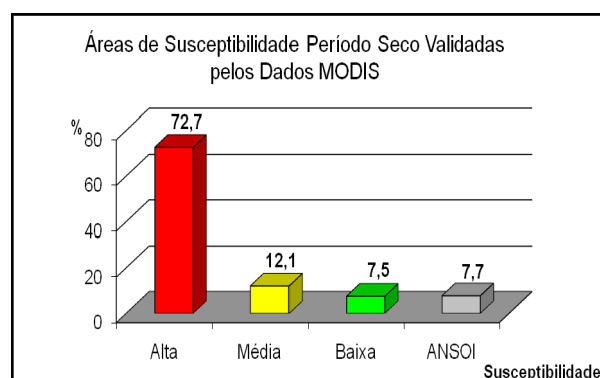


Figura 9. Gráfico das áreas validadas por classes da susceptibilidade - período seco.

4. Conclusões

Os resultados apontaram que os mapeamentos mostraram-se bastante satisfatórios, tanto em suas representatividades relacionadas à 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 no município de Campos dos Goytacazes, que apresenta boa parte de seu território nos três cenários em alta susceptibilidade, pode ser relacionado as grandes manchas de pastagem que ocorrem no município, conjugadas com áreas de alta concentração de radiação solar e índice bastante significativo de déficit hídrico. Soma-se a esse quadro o fato deste município ser um grande produtor de cana de açúcar com manuseio baseado em queimadas.

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 necessidade de se acrescentar outros

fatores ambientais, como a ocorrência de ventos terrais, na metodologia proposta para tentar torná-la ainda mais eficiente na construção de modelos de representação de susceptibilidade à ocorrência de incêndios.

Entretanto, como os resultados alcançados foram expressivos, os mapas elaborados podem servir como instrumento de auxílio à 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 a FAPERJ e CNPq pelo financiamento da pesquisa.

Referências Bibliográficas

Bridgewater, P.B. Landscape ecology, geographic information systems and nature conservation. In: Haines-Young, R.; Green, D.R. & Cousins, S.H. (Org.) **Landscape Ecology and GIS**. Taylor and Francis, 1993. cap. 3, p. 23 - 36.

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, 87(3): 120-131, 2007.

Coura, P.H.F.; Sousa, G.M.; Fernandes, M.C. Mapeamento geoecológico da susceptibilidade à ocorrência de incêndios no maciço da Pedra Branca, município do Rio de Janeiro. **Anuário do Instituto de Geociências**. Rio de Janeiro, vol. 32 (2), p. 14-25, 2009.

Cruz, C. B. M.; Rosário, L. S.; Abreu, M. B.; Almeida, P. M. M.; Vicens, R. S.; Cronemberger, F. M. Classificação orientada a objetos na geração do mapa de uso e cobertura da terra do Estado do Rio de Janeiro In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 14., 2009, Natal. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2009. Artigos, p. 7789-7796. CD-ROM, On-line. ISBN :978-85-17-00044-7. Disponível em: <<http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.17.16.04.39/doc/7789-7796.pdf>>. Acesso em: 07 dez. 2010.

HidroWeb. Sistema de Informações Hidrológicas. Agência Nacional de Águas. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br/>>. Acesso em: 20.out.2009.

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

Menezes, P.M.L. A interface Cartografia-Geoecologia 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. 2000.

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

Setzer, A. Até onde vai a devastação da Amazônia. **Ciência Hoje**. In Press, 1999.

Sousa, G. M., Coura, P. H. F., Fernandes, M. C. Cartografia geoecológica da potencialidade à ocorrência de incêndios: uma proposta metodológica. **Revista Brasileira de Cartografia** (Online). , v.62, p.277 - 289, 2010.

Thornthwaite, C.W. An approach toward a rational classification of climate. **Geogr. Rev**, v.38, p.55-94, 1948.

WorldClim. Global Climate Data. Disponível em: <<http://www.worldclim.org/>>. Acesso em: 22.nov.2009.

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.semadur.rj.gov.br/pages/outros_projetos/outrosproj_pdbsepetiba_zoneamneto.html>. Acesso em: 12.jan.2010.