

## Análise espacial dos focos de calor, no período entre 2000 e 2006, no Estado do Rio Grande do Sul

Fabício Fernandes Coelho <sup>1</sup>

Laurindo Antônio Guasselli <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS/CEPSRM

Caixa Postal 15044 – 91501-970 – Porto Alegre – RS, Brasil

coelho.ufrgs@gmail.com

laurindo.guasselli@ufrgs.br

**Abstract.** This paper proposes to analyze the spatial dynamics of hotspots during the period of time between 2000 to 2006 in the State of Rio Grande do Sul, Brazil, considering the seasonality and the land use compartments of this State. Through modeling of data, it became feasible to present maps of seasonal and annual climate station and concentration by the distribution. The methodology in this research involved the collection, quantification, separation by year of occurrence, grouping such as a climate station, and data spatialization for hotspots. This information has been withdrawn from the burn database, which is provided by INPE. This process enabled the quantification and spatialization of the hotspots. The resulting product was overlaid on the land use compartments analyzing and quantifying the new data. From the spatial representation, it was estimated that the pattern of density of the hotspots occurrences with the help of Kernel Estimator of density, resulting in thematic maps of hotspots of higher concentrations in the state. After this process, the intersection between the spots with hotspots of higher densities and primary land use was made. The obtained result was that the compartments have a great influence in the hotspots of higher densities. This research contribution was to alert the occurrence of the hotspots in Rio Grande do Sul, which can be very harmful, because they occur in the urban area (Porto Alegre metropolitan area) as well as in the inner State. Estimator Kernel of density was a useful tool for the spatial analysis of hotspots.

**Palavras-chave:** Geoprocessing, land use compartments soil, Kernel estimator, Geoprocessamento, compartimentos de uso de solo, estimador por Kernel.

### 1. Introdução

No Brasil, anualmente, são detectados mais de 300.000 focos de calor e nuvens de fumaça, cobrindo milhões de km<sup>2</sup>, sendo que a quase totalidade das ocorrências é causada de forma intencional pelo homem, colocando o país em lugar de destaque como um grande poluidor e devastador.

O Rio Grande do Sul, apesar de não estar entre os Estados brasileiros com maior número e risco de focos de calor, apresenta preocupação nesse tema pelo fato de que os focos atingem diversos sistemas ecológicos e tipos de agriculturas. A prática de queimadas é bastante utilizada na agropecuária para renovação de pastagens, limpeza de áreas, queima de resíduos, entre outros.

Os focos de calor afetam diretamente a físico-química e a biologia dos solos, deterioram a qualidade do ar, contribuindo negativamente para o efeito estufa, gerando impactos ambientais em escala local e regional e, ao escapar do controle, podem atingir patrimônio público e privado.

Através da utilização de geotecnologias, torna-se possível mapear, quantificar e realizar análises espaciais de focos de calor. Para a obtenção dos dados espaciais dos focos, o Brasil conta, atualmente, com um sistema de monitoramento de queimadas de forma operacional, pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), a partir de dados orbitais de satélite e disponibilizados em um Banco de Dados de Queimadas.

Exemplos de trabalhos de geoprocessamento, que utilizaram os dados de focos de calor do Banco de Dados de Queimadas do INPE, são os trabalhos de Dietzsch et al. (2007)

intitulado “Levantamento de áreas de maior risco de incêndios através de dados NOAA-12. Estudo de caso: Reserva Biológica do Guaporé”, e Lohmann et al. (2007) que faz uma avaliação temporal de focos de calor no Estado do Paraná nos anos de 1999 a 2006. Um dos objetivos desse trabalho foi realizar uma comparação entre os focos de calor detectados pelo sensor AVHRR do satélite NOAA-12, com passagens noturnas, no ano de 2006, em comparação aos anos anteriores.

Entender a dinâmica da ocorrência e identificar as áreas onde se verifica a maior quantidade de focos de calor, no Rio Grande do Sul, reveste-se de extrema importância dado aos impactos ambientais negativos gerados pelos focos. Para tal entendimento, o presente trabalho tem como objetivo mapear manchas de concentração de focos de calor e identificar quais são os compartimentos de uso do solo em que os focos predominam.

## **2. Materiais e métodos**

O software utilizado foi o ArcGis 9.2 e a extensão *Spatial Analyst*. Os dados de focos de calor estão disponíveis no *site* do INPE e são resultados do processamento diário das imagens termais do sensor AVHRR do satélite NOAA-12, no período entre 2000 e 2006, e estão no formato vetorial *shapefile*, entre outros, com geometria de pontos. Cabe ressaltar que a consulta dos focos é feita no máximo por período de um ano de ocorrência. Desse modo, foram necessárias sete consultas, uma para cada ano, de 2000 a 2006.

A base de compartimentos de uso do solo foi a do Macrozoneamento do Rio Grande do Sul - Guasselli et al. (2006).

### **2.1. Abordagem metodológica**

#### **2.1.1. Obtenção e organização dos dados**

Primeiramente, os *shapes* de focos de calor (de 2000 a 2006), foram organizados em única base de dados, com a finalidade de facilitar a manipulação e edição de sua tabela de atributos.

Como os dados disponibilizados pelo INPE apresentam a informação da data em que ocorreu o evento pontual, ao *shape* foi adicionada informação de Estação climática, que mostra a Estação em que ocorreu cada foco de calor. Para padronizar os períodos, foram utilizados os seguintes dias para separar as Estações: de 21 de março a 21 de junho (outono); de 21 de junho a 21 de setembro (inverno); de 21 de setembro a 21 de dezembro (primavera); de 21 de dezembro a 21 de março (verão).

Com essa inserção de dados, foi possível a realização de consultas em linguagem SQL (*Structured Query Language*) para discriminar os focos por Estação e por ano.

A base de compartimentos de uso do solo do Rio Grande do Sul foi simplificada em 4 grandes classes: Campos, Campos Mistos, Cultivos e Florestas.

#### **2.1.2. Estimativa da densidade do padrão de distribuição dos focos de calor e cruzamento com compartimentos de uso do solo**

Para estimar a densidade do padrão de distribuição dos focos, foi utilizado o estimador por Kernel no conjunto de pontos. Ao ser aplicado, é como se desenhasse uma vizinhança circular ao redor de cada ponto de amostra (correspondendo ao raio de influência) e então aplicada uma função matemática que vai de 1 na posição do ponto a 0 na fronteira da vizinhança. Se dois ou mais Kernels se sobrepõem no centro da célula, o valor para aquela célula é a soma dos valores Kernel sobrepostos dividido pela área de cada raio de pesquisa

(Silverman, 1986). O raio de interpolação utilizado teve o tamanho de 0,360 graus decimais, aproximadamente 40km, onde se levou em conta a área do Estado do Rio Grande do Sul que possui extensão de cerca de 7° de longitude e 8° de latitude.

Para representar o resultado da interpolação pelo Estimador Kernel, foram utilizadas cinco classes de densidade: Muito Baixa, Baixa, Média, Alta e Muito Alta. O método de classificação utilizado foi o de intervalos iguais para os valores de pixel.

Para realizar o cruzamento com compartimentos de uso do solo, utilizou-se apenas a classe muito alta de densidade do padrão de distribuição dos focos de calor, e o arquivo vetorial de compartimentos foi transformado em arquivo matricial. Com isso foi possível saber em quais compartimentos se encontram as maiores concentrações de fogo, o que não seria possível saber apenas com a localização pontual dos focos.

### 3. Resultados e Discussões

#### 3.1. Representação espacial e sazonal dos focos de calor

Para entender a variação anual, sazonal (verão, outono, inverno, primavera) e espacial dos focos de calor no Rio Grande do Sul, os dados foram tabelados (Tabela 1) e espacializados, através de mapas individuais, conforme a Figura 1.

Tabela 1. Quantidade de focos de calor por estação climática de cada ano, no RS.

Ano	Verão	Outono	Inverno	Primavera	Total
2000	279	3	48	50	380
2001	87	9	44	109	249
2002	323	22	41	45	431
2003	36	11	187	119	353
2004	126	55	143	160	484
2005	259	11	69	67	406
2006	84	14	58	109	265
Total	1194	125	590	659	2568

Na Tabela 1, observa-se a seguinte distribuição dos focos de calor no Rio Grande do Sul: a) o verão é a estação de maior ocorrência de focos de calor, apresentando 1194 ocorrências de focos, quase a metade do total de todo o período. Destacam-se os anos de 2000 e 2002 com respectivamente 279 e 323 focos de calor e o ano de 2003 com apenas 36 focos de calor; b) o outono é a estação com menor número de ocorrências, não chegando a apresentar nem 5% do total (125 focos) em todo o período analisado; c) no inverno, observaram-se 590 focos (cerca de 23% do total), sendo que os dois maiores picos de ocorrência foram em 2003 e 2004 com respectivamente 187 e 143 focos; d) na primavera, com 659 ocorrências (cerca de 26% do total), o ano que apresentou números maiores de focos foi 2004, com 160 eventos.

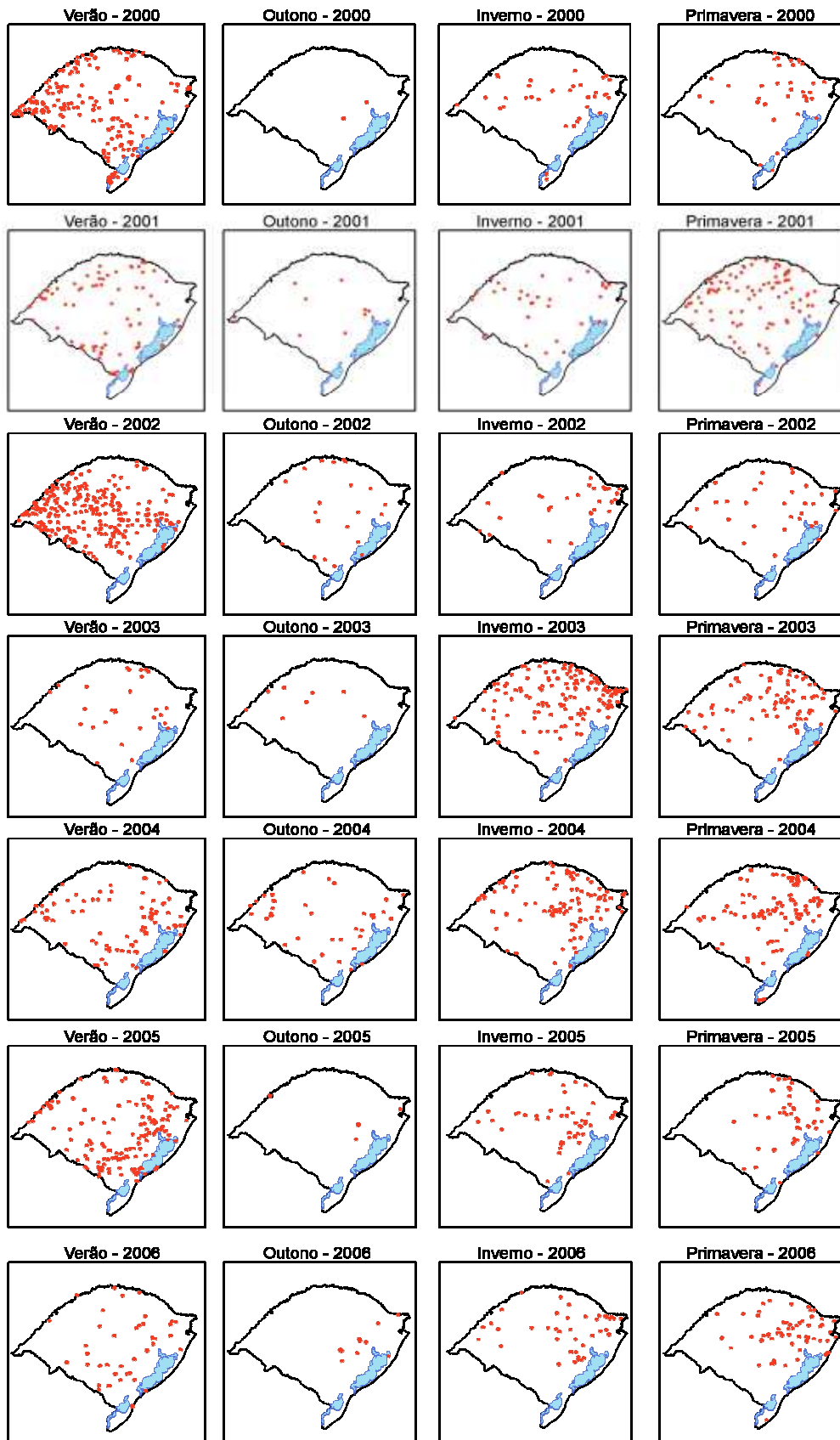


Figura 1. Representação sazonal dos focos de calor registrados entre 2000 e 2006 - RS.

## 3.2. Estimativa da densidade do padrão de distribuição dos focos de calor

### 3.2.1. Estimativa por estação climática

Na Figura 2, é possível observar claramente as diferenças de padrões em cada estação climática, destacam-se as concentrações de focos de calor, no verão, com 1194 ocorrências. As densidades de ocorrência de focos, na classe muito alta, ocorrem à oeste do Estado na fronteira com a Argentina, no centro-sul e região metropolitana de Porto Alegre. O verão também se caracteriza por apresentar a maior área de densidades de focos na classe média.

Diversos fatores podem explicar esses padrões: o uso do solo, época de renovação dos solos para cultivo e pastagem, e os diferentes níveis de umidade e temperatura atmosférica para cada estação do ano.

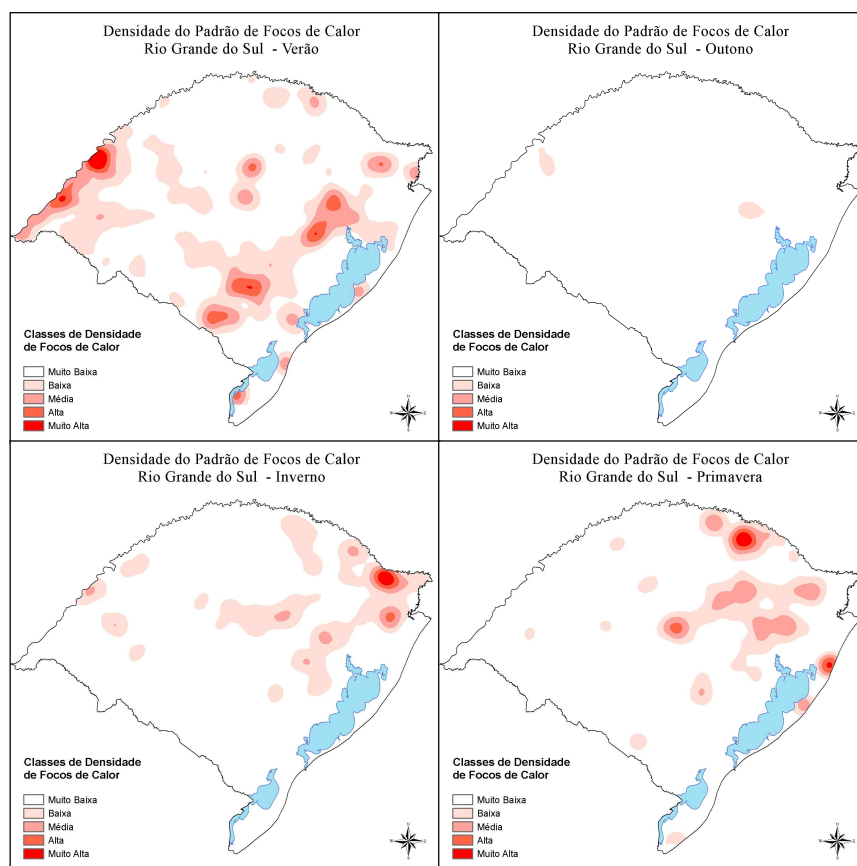


Figura 2. Densidade do padrão de distribuição sazonal de focos de calor - RS.

### 3.2.2. Estimativa para o período de 2000 a 2006

Na Figura 3, destacam-se as áreas com densidade de focos de calor na classe muito alta. Essas manchas encontram-se predominantemente a nordeste, oeste e centro-sul do Estado.

Verificou-se que a maior mancha, com densidade na classe muito alta, encontra-se na região metropolitana de Porto Alegre. Esse fato mereceu uma análise mais criteriosa para avaliar a possibilidade dessa mancha estar associada a outras fontes de emissão de calor, como a área industrial da região metropolitana. Entretanto, Segundo Setzer (2007), no caso NOAA-12, não se tem registro de outras origens das detecções de focos a não ser de queimadas.

Destacam-se, também, as manchas com densidade alta na região nordeste e norte do Estado. Essas manchas, como mostra a Figura 2, são caracterizadas por sua ocorrência principalmente no inverno e na primavera. Já a mancha de densidade alta que ocorre a leste, no litoral norte gaúcho, tem influência principalmente das ocorrências de focos na primavera.

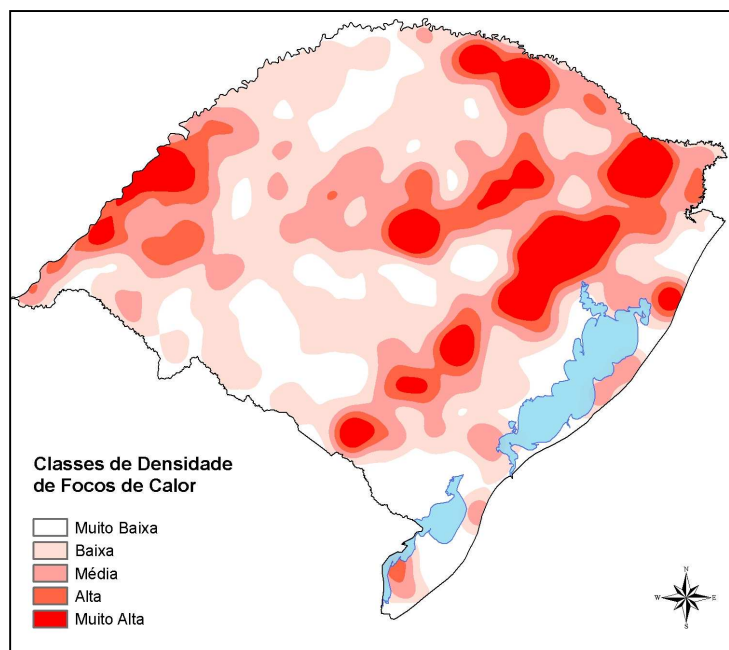


Figura 3. Densidade do padrão de focos de calor ocorridos entre 2000 e 2006 - RS.

### 3.3. Relacionamento da densidade do padrão de ocorrências com compartimentos de uso do solo

Como mostra a Tabela 2, a maior quantidade de ocorrência de focos de calor se dá no compartimento de Cultivos, com 1028 focos (cerca de 40% do total), em segundo, no compartimento Campos, com 639 focos (cerca de 25% do total), em terceiro, no compartimento de Floresta, com 591 focos (cerca de 23% do total). A menor quantidade de ocorrência de focos de calor se dá no compartimento dos Campos Mistos, com apenas 310 registros de focos (cerca de 12% do total).

Tabela 2. Quantidade de focos de calor por compartimento de Uso do Solo, no RS

Compartimentos	Verão	Outono	Inverno	Primavera	Total
Campos	275	34	215	115	639
Campos Mistos	198	16	46	50	310
Cultivos	537	59	198	234	1028
Florestas	184	16	131	260	591
Total	1194	125	590	659	2568

A Figura 4 ilustra a relação entre focos de calor e os compartimentos do solo em cada estação climática.

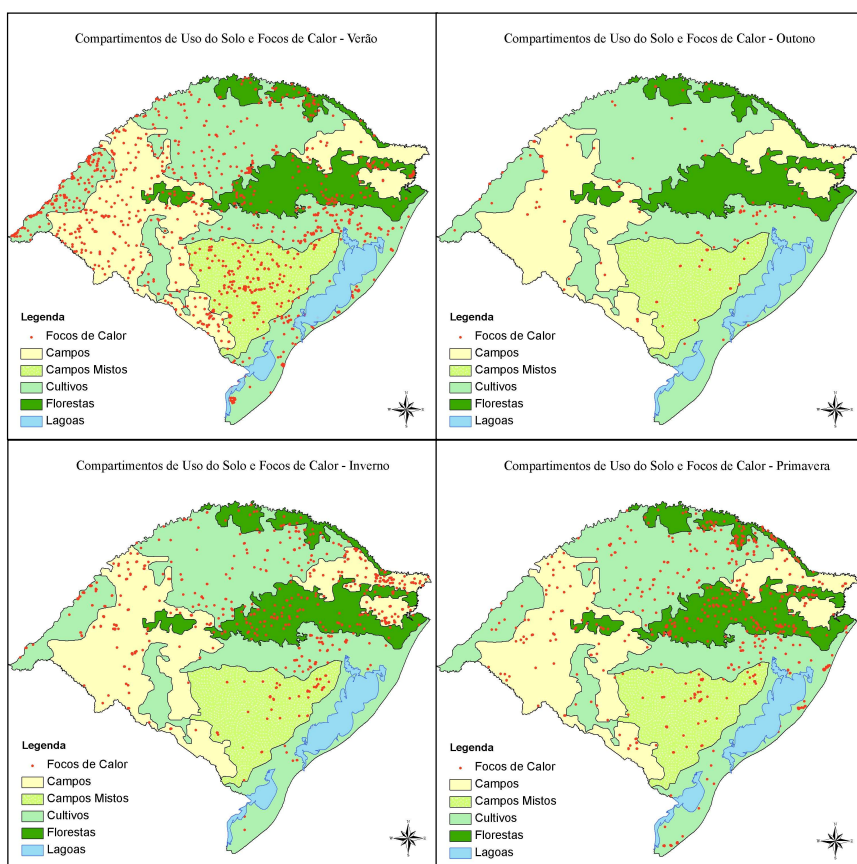


Figura 4. Focos de calor por estação climática e compartimentos do uso do solo - RS.

A Figura 5 representa a sobreposição entre a densidade do padrão de ocorrências de focos de calor para a classe muito alta e os compartimentos de uso do solo.

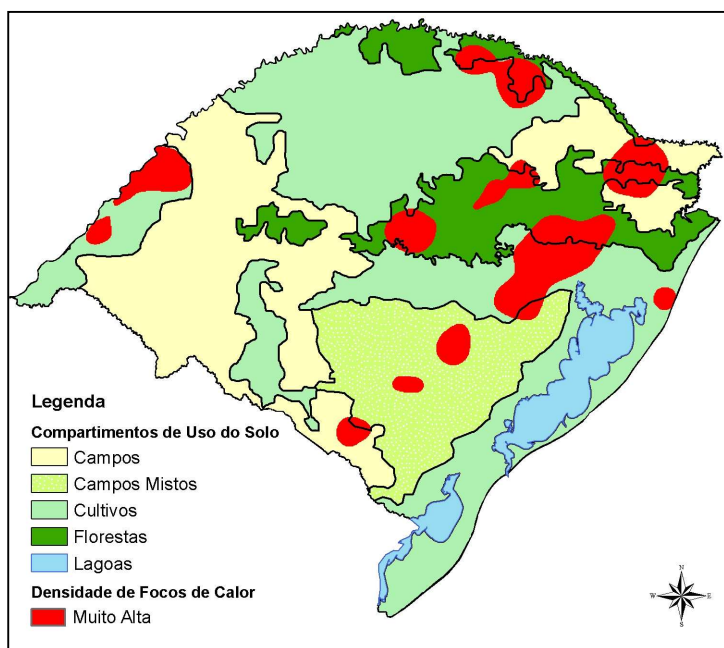


Figura 5. Muito alta densidade do padrão de ocorrências de focos de calor e compartimentos de uso do solo - RS.

Observa-se que a maior mancha de densidade de foco da classe muito alta se encontra na região metropolitana de Porto Alegre. Essa mancha cobre os compartimentos de Cultivos, Florestas e uma pequena parte sobre Campos Mistos.

A partir do cruzamento, foi possível calcular que cerca de 43% da área total das manchas se encontram sobre o compartimento Cultivos, 35% sobre o compartimento Florestas, 12% sobre o compartimento Campos e 10% sobre Campos Mistos. Esse resultado comprova a importância de se relacionar não somente a quantidade de focos por compartimentos, mas relacionar, também, a densidade do padrão de ocorrência dos focos de calor.

#### 4. Conclusões

Para realizar a análise espacial dos focos de calor, o Estimador de Kernel de densidade teve importância porque, a partir dele, foi possível a realização de uma análise qualitativa da distribuição dos focos de calor no Estado. A estimativa por estação climática mostrou que, no verão, as ocorrências se concentram a oeste do Estado, centro-sul e na região metropolitana de Porto Alegre. A estimativa da densidade do padrão de ocorrência, no inverno, apresentou manchas a nordeste do Estado, justamente onde, nesse período, é comum a queima de campos nativos para renovar as pastagens.

Quanto aos compartimentos de uso do solo, o compartimento Cultivos foi o que obteve o maior número de focos de calor, seguido por Campos e Florestas e as menores ocorrências no compartimento Campos Mistos. Levando-se em consideração as manchas com densidade na classe muito alta, de acordo com os mapas apresentados, pode-se concluir que essas se concentram, principalmente, nos compartimentos de Cultivos e de Florestas. Foi possível observar também que a maior mancha apresentada, com densidade de focos de calor na classe muito alta, encontra-se sobre a região metropolitana de Porto Alegre e vizinhanças. Por fim, pode-se concluir que a metodologia utilizada foi satisfatória para melhor entendimento, em escala estadual, da dinâmica espacial dos focos de calor no Estado do Rio Grande do Sul.

#### Referências

CÂMARA, G.; CARVÁLHO, M. S. Análise Espacial de Eventos. In: CÂMARA, G; CASANOVA, M.; DAVIS, C; VINHAS, L.; QUEIROZ, G. R.. **Banco de Dados Geográficos**. Curitiba: MundoGeo, 2005.

DIETZSCH, L.; CUNHA, A. M. C.; LIMA, C. A. Levantamento de áreas de maior risco de incêndios através de dados NOAA12. Estudo de caso: Reserva Biológica do Guaporé. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 13, 2007 Florianópolis, SC, 2007. **Anais XIII**. São José dos Campos: INPE, 2007. Artigos p.4439-4446.

GUASSELLI, L. A.; SALDANHA, D. L.; SUERTEGARAY, D.M.A.; DUCATI, J. R.; FONTANA, D. C. **Macrozoneamento do Estado do Rio Grande do Sul**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS, 2006.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Queimadas, Monitoramento de Focos**. Disponível em:

< <http://www.dpi.inpe.br/proarco/bdqueimadas/> .> . Acesso em 22 de agosto 2007.

LOHMANN, M.; MARTINI, L; DEPPE, F. Avaliação temporal de focos de calor no Estado do Paraná (1999 a 2006). In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 13, 2007, Florianópolis, SC, 2007. **Anais XIII**. São José dos Campos: INPE, 2007. Artigos p.4477-4484.

SETZER, A. **Focos**. Mensagem recebida por <asetzer@cptec.inpe.br> em 20 agosto 2007.

SILVERMAN, B.W. **Density Estimation for Statistics and Data Analysis**. Nova York: Chapman and Hall, 1986.