

Detecção de aglomerados dos alertas de desmatamento no sul do estado do Amazonas usando estatística de varredura espaço-temporal

Antônio Alcirley da Silva Balieiro¹
Nerilson Terra Santos²
Antônio Policarpo de Souza Carneiro²
Carlos Antônio Oliveira Vieira²

¹ Fundação de Vigilância em Saúde do Estado Amazonas - FVS/AM
Av. André Araújo nº 701 - Aleixo, CEP 69.060-001 - Manaus - Amazonas, Brasil
alcirley@gmail.com

² Universidade Federal de Viçosa - UFV
Campus Universitário, CEP 36.570-000 - Viçosa - MG, Brasil
{nsantos, policarpo, carlos.vieira}@ufv.br

Abstract. The space-time models, developed for analyses of diseases, can also be used for others fields of study, including concerns about forest and deforestation. Therefore, this paper evaluated a methodology for detection of space-time clusters of cases that were mapped through the investigation of deforestation in Amazonas State. The methodology includes the location and the year that the deforestation's alert occurred. These deforestation's alerts are mapped by the DETER (Detection System of Deforestation in Real Time in Amazonia). The area of study, took place the south of Amazonas State, including Boca do Acre, Labrea, Canutama, Humaita, Manicore, Novo Aripuana e Apui County. This area has showed a significant change for the land cover which has increased the number of deforestation's alerts. Therefore this situation becomes a concern and gets more investigation, trying to stop factors that increase the number of cases in the area. The outcome shows an efficient model to detect space-time clusters of deforestation's alerts. The model was efficient to detect the location, the size, the order and characteristics about activities at the end of the study. Two clusters were considered alive clusters and kept alive until the end of the study. These clusters are located in Canutama and Lábrea County.

Palavras-chave: deforestation's alert, clusters, Scan statistics, alertas de desmatamento, aglomerados, estatística de varredura.

1. Introdução

A Amazônia é um dos maiores berços da biodiversidade do planeta. É também o centro das atenções mundiais, no que tange ao monitoramento e preservação do meio ambiente. O governo brasileiro junto com as instituições ambientais e de pesquisas espaciais tem empregado esforços em ações de monitoramento dos desmatamentos e queimadas na Amazônia.

Os danos ambientais que ocorrem com frequência na Amazônia são causados principalmente pelos desmatamentos e pelas queimadas. O risco de extinção de espécies ameaçadas ou mesmo de espécies que não foram descobertas, assim como erosões, assoreamento dos rios e aquecimento global, são os principais problemas decorrentes destas ações (Fearnside, 2002).

Pouco tem se falado do estado do Amazonas, embora isto esteja ligado ao fato do estado ser um dos menos afetados pelo desmatamento na região Amazônica. Trabalhos recentes (Arima et al., 2005; Mesquita Jr. et al., 2007; Aguiar et al., 2008), no entanto, apontam para região sul do estado como uma área em constantes mudanças, no que tange ao uso do solo. Esta região tem apresentado um número expressivo de alertas de desmatamento (INPE, 2008). Fatores como a presença de estradas e a fronteira com os estados que mais desmatam na Amazônia Legal são os principais agentes indicadores da vulnerabilidade desta área.

As imagens do sensoriamento remoto passaram a ser uma importante fonte de informações para o levantamento de áreas desmatadas na Amazônia, desde o final da década

de 70, quando se iniciou a utilização das imagens geradas pelos sensores TM dos satélites da série LANDAST (NASA), aos novos sensores (CCD e WFI) dos satélites das séries CBERS (Brasil e China) e o sensor MODIS (Satélite Terra – NASA).

O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) atualmente conduz dois sistemas de monitoramento da Amazônia: o Programa de Monitoramento do Desflorestamento na Amazônia Legal (PRODES) e o Sistema de Detecção do Desmatamento em Tempo Real na Amazônia (DETER). As funções do PRODES e DETER são distintas e complementares.

O projeto DETER criado em 1999 a partir das idéias do projeto PRODES, atualmente (com o uso dos sensores MODIS e WFI) tem a finalidade, junto ao Plano de Ação para a Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal, de fornecer rapidamente às entidades de controle ambiental, informações periódicas, no que tange aos alertas de desmatamentos para que o governo possa tomar medidas de contenção e repressão. Então, o IBAMA, como uma entidade federal, utiliza o sistema integrado de alerta, quase em tempo real de detecção do desmatamento associado, com as ações de fiscalização inerentes ao seu papel, com suporte a partir de informações de sensoriamento remoto (Mesquita Jr. et al., 2007).

Visando uma abordagem quantitativa, da hierarquização das áreas prioritárias de combate ao desmatamento, o presente artigo propõe a utilização e adaptação da estatística de varredura, proposta por Kulldorff e Nagarwalla (1995), para a identificação de áreas de risco significativamente elevado de casos (alertas de desmatamento). A estatística de varredura (*Scan statistics*) permite detectar aglomerados espaços-temporais baseando-se em um modelo probabilístico. Os aglomerados detectados representam, nesta abordagem, áreas de risco significativamente elevado de alertas de desmatamento. Um aglomerado é uma área que apresenta risco de casos, para uma determinada variável resposta, significativamente distinto elevado ou baixo.

2. Área de Estudo

Os municípios que fizeram parte da área de estudo foram: Boca do Acre, Lábrea, Canutama, Humaitá, Manicoré, Novo Aripuanã e Apuí (**Figura 1**). Esta área situa-se ao sul do estado do Amazonas, cuja área estimada chega a 297.183 Km². Situada, em parte, nas mesorregiões do Rio Purus e do Rio Madeira, seus municípios em média distam da capital (Manaus) 541 km e 1.159 km, em linha reta e via fluvial respectivamente.

A área (dos sete municípios) está delimitada pelo seguinte retângulo envolvente (coordenadas geográficas): Canto superior direito – 58° 04' 12" W, 04° 41' 24" S; Canto inferior esquerdo – 69° 29' 24" W, 09° 50' 24" S.

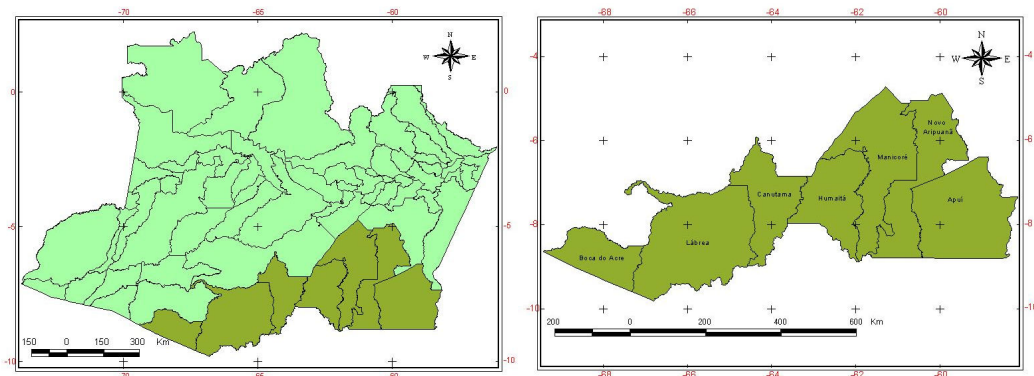


Figura 1: Localização no estado do Amazonas dos municípios de Boca do, Lábrea, Canutama, Humaitá, Manicoré, Novo Aripuanã e Apuí.

A região encontra-se acima do nível do mar, com altitude variando de 40m a 150m. A vegetação dominante classifica-se como floresta tropical densa. O clima caracteriza-se como

equatorial úmido, com variações médias de temperatura entre 17°C a 35,5°C. A região, como no restante do estado do Amazonas, apresenta duas estações bem definidas: chuvosa (inverno) e seca ou menos chuvosa (verão). Dois grandes rios dividem a região: O Rio Purus e o Rio Madeira, juntamente com os seus respectivos afluentes (IBGE, 2008).

3. Materiais e Métodos

A base de dados utilizada neste trabalho, referente aos municípios Boca do Acre, Lábrea, Canutama, Humaitá, Manicoré, Novo Aripuanã e Apuí, foi composta por: Bases cartográficas, mapas no formato *shapefile* com os limites municipais e do estado do Amazonas (Fonte: IBGE, 2008); *Shapefile* das estradas oficiais (Fonte: SISCOM, 2008); Tabelas dos alertas de desmatamento nos municípios da área de estudo no período de 2004 a 2007 (Fonte: INPE-DETER, 2008). Os *softwares* utilizados foram Excel, ARCVIEW 3.2, R 2.7.1 (R Development Core Team, 2008) e SATSCAN 7.0 (Kulldorff, 2006). Os testes de hipóteses para a significância dos aglomerados foram realizados a 5% de probabilidade.

As tabelas dos alertas de desmatamento, provenientes do DETER, continham os pontos que identificavam os centróides. Contudo, esta base de dados não era completa, pois fatores como nuvens na região estudada, impediram a obtenção de imagens, para uma ou mais datas, em alguns dos municípios em estudo.

Como o *software* SATSCAN requer que as informações temporais estejam agregadas para um dado intervalo de tempo, optou-se por agregar a base de dados por ano, pois assim a base de dados ficaria completa e adequada para realizar a análise espaço-temporal prevista. Esta opção segue a recomendação do INPE, que sugere que os dados do DETER sejam usados somente como indicador anual de desmatamento.

Na planilha Excel, foram colocadas as tabelas dos alertas de desmatamento oriundas do DETER. A partir dessa planilha foram extraídas, a variável e a covariável para gerar os arquivos de “casos.txt” e “coordenadas.txt” para que fossem executadas em seguida as varreduras utilizando o *software* SATSCAN. Posteriormente, os resultados do SATSCAN foram colocados em mapas no formato *shapefile* (IBGE) contendo os municípios escolhidos para o estudo. Neste passo o ARCVIEW foi utilizado juntamente com o *software* R para gerar os mapas com os resultados obtidos no SATSCAN.

Para verificar a existência de aglomerados utilizou-se o modelo permutação espaço-temporal (Kulldorff et al., 2005), uma vez que, a base de dados era composta apenas pelos “casos”, ou seja, número de pontos que o desmatamento ocorreu na área em estudo e, portanto, não continha dados da população em risco, neste contexto a população em risco seria a floresta.

A variável resposta utilizada para a busca de aglomerados foi o número de alertas de desmatamento. No presente estudo, os alertas de desmatamentos são definidos como uma contagem de casos de dados pontuais.

Como existem evidências de que a distância de estradas ou rodovias contribuem para aumentar o desmatamento em uma determinada região (Brandão Jr et al., 2007), optou-se pela utilização da distância de estradas no modelo como uma covariável categórica.

Cada caso da base de dados foi classificado de acordo com a distância que ele estava da estrada mais próxima. As categorias utilizadas para esta classificação foram: 1 se o alerta estivesse entre 0 – 10 km, 2 se 10 – 20 km, 3 se 20 – 30 km, 4 se 30 – 40 km, 5 se 40 – 50 km e 6 se maior que 50 km.

Para diminuir a deficiência, da estatística *Scan*, em detectar aglomerados com formatos irregulares ou não circulares, neste trabalho, o valor máximo do raio de busca espacial foi igual a 20 km. Este valor foi baseado no trabalho de Riitters e Coulston (2005), que estabeleceram em seu estudo ecológico de “áreas perfuradas” (desflorestadas) no Oeste dos Estados Unidos, um raio de 20 km de varredura (SATSCAN) para garantir que grandes *hot-*

spots de formatos irregulares fossem aproximados por *hot-spots* pequenos e razoavelmente homogêneos ou compactos.

Como neste estudo o modelo adotado foi o de permutação espaço-temporal, foi necessário também definir, em termos temporais, o intervalo máximo de busca. O valor máximo adotado foi igual a 1 ano, tempo sugerido pelo INPE para utilização dos dados do DETER.

Adotou-se a análise retrospectiva para verificar a presença, não só dos aglomerados ativos, aqueles que permanecem até a data final do período em estudo, mas também dos aglomerados históricos, aqueles que deixaram de existir antes do período final do estudo. Concomitantemente a esta análise retrospectiva, foi avaliado se a covariável *distância de estradas* explica os aglomerados detectados.

Os aglomerados tinham a forma de um cilindro. Cada um destes aglomerados foi obtido mediante variações do raio e intervalo de busca estabelecidos para o espaço e o tempo. Para cada candidato a aglomerado foi obtido o seu valor da Razão de Verossimilhança Generalizada de Poisson (RVG) dada como na **Equação 1**.

$$RVG = \left(\frac{c_A}{\mu_A} \right)^{c_A} \left(\frac{C - c_A}{C - \mu_A} \right)^{(C - c_A)} \quad (1)$$

onde:

C = é o número total de alertas de desmatamento no período de 2004 a 2007 nos municípios de Apuí, Novo Aripuanã, Manicoré, Humaitá, Canutama, Lábrea e Boca do Acre;

c_A = é o número de alerta de desmatamento no cilindro A ;

μ_A = é o número esperado de alertas de desmatamento em um determinado cilindro A .

Com a inclusão da covariável *distância de estradas* a RVG utilizada é dada como na **Equação 2** onde as categorias utilizadas são as dadas anteriormente.

$$RVG = \prod_{i=1}^6 \left(\frac{c_{A(i)}}{\mu_{A(i)}} \right)^{c_{A(i)}} \left(\frac{C_i - c_{A(i)}}{C_i - \mu_{A(i)}} \right)^{C_i - c_{A(i)}} \quad (2)$$

onde i é a i -ésima categoria das 6 categorias da covariável *distância de estradas*.

Se uma determinada covariável explica o aglomerado ou parte dele, então este aglomerado vai desaparecer ou diminuir na análise com a inclusão dessa covariável. No entanto, pode ser que com a inclusão da covariável apareça um novo aglomerado que não havia antes no modelo ajustado sem a covariável. Isto pode acontecer quando a distribuição espaço-temporal da covariável camuflou o aglomerado. O ajuste para uma determinada covariável depende dos objetivos da pesquisa.

O aglomerado mais provável, dito primário, é aquele que apresentou maior valor de RVG. Suponha que a ordem da RVG deste aglomerado primário seja igual a R .

Para testar a significância deste aglomerado primário foram lançadas as seguintes hipóteses:

H_0 : Não existe agrupamento espaço-temporal do número de alertas de desmatamento na região em estudo, versus

H_1 : Existe agrupamento espaço-temporal do número de alertas de desmatamento na região em estudo.

Para testar estas hipóteses, com relação ao aglomerado primário, foi utilizado o procedimento de Monte Carlo. Este procedimento consistiu em simular 999 permutações, ao acaso, do número de casos em relação à área e ao tempo de avaliação, mantendo inalteradas as marginais espacial e temporal. Para cada uma destas permutações, foi obtido o valor da RVG para todos os candidatos a aglomerados. Em cada uma destas simulações, o valor máximo de RVG foi utilizado para obter uma distribuição ordenada destes valores.

A significância do aglomerado primário foi avaliada identificando em qual posição sua ordem R se situa na distribuição dos valores RVG obtidos a partir das 999 permutações. Se R estava acima da posição 950^a, então concluiu-se que o agrupamento do número de alertas de desmatamento naquele aglomerado não ocorreu devido ao acaso. Os aglomerados detectados na base de dados, que apresentaram valores para RVG menores do que o aglomerado dito primário e que estavam acima da 950^a posição foram identificados como aglomerados secundários.

4. Resultados e Discussão

Na **Tabela 1**, são apresentados os aglomerados significativos ao usar apenas a variável número de alertas. No total, foram identificados 8 aglomerados significativos (p -valor < 0,05). O aglomerado primário foi localizado no município de Apuí, com um raio de 19,50 km, cujo centróide tem coordenadas 7,27 S e 59,86 W (**Tabela 1**). Na área compreendida por este aglomerado, no ano de 2004, o número de alertas de desmatamento foi igual a 51. Sob a hipótese de nulidade, ou seja, de que não existe agrupamento do número de alertas na região de varredura, seria esperado apenas 19,95 alertas de desmatamento. O p -valor para este aglomerado, obtido a partir de 999 simulações pelo procedimento de Monte Carlo, foi igual a 0,001. Este p -valor indica que, a probabilidade de se obter um número de alertas agrupados (em torno do centróide e raio do aglomerado primário) devido ao acaso é menor do que 0,01%. Como este valor é menor do que 5%, a hipótese de nulidade para a não existência do aglomerado primário foi rejeitada. Portanto, o agrupamento primário foi significativo. A significância dos aglomerados secundários foi identificada seguindo o mesmo procedimento usado para identificar o aglomerado primário.

Tabela 1: Aglomerados do número de alertas de desmatamento detectados nos municípios de Boca do Acre, Lábrea, Canutama, Humaitá, Manicoré, Novo Aripuanã e Apuí no período de 2004 a 2007, ao usar o modelo permutação espaço-temporal em uma análise retrospectiva sem utilizar nenhuma covariável.

Aglomerado	Ano	Localização / raio	Nº de alertas observados	Nº de alertas esperados	RVG	P -valor
<i>Primário</i>	2004	(7,27 S; 59,86 W) / 19,50 km <i>Apuí</i>	51	19,95	17,19	0,001
<i>Secundário 1</i>	2007	(8,77 S; 66,80 W) / 17,90 km <i>Lábrea</i>	52	22,22	14,79	0,001
<i>Secundário 2</i>	2006	(9,71 S; 66,69 W) / 19,97 km <i>Lábrea</i>	32	12,11	11,35	0,001
<i>Secundário 3</i>	2006	(8,92 S; 64,56 W) / 15,59 km <i>Lábrea, Canutama</i>	28	10,53	10,02	0,001
<i>Secundário 4</i>	2005	(9,50 S; 67,06 W) / 17,36 km <i>Lábrea</i>	17	5,07	8,69	0,001
<i>Secundário 5</i>	2004	(7,86 S; 61,55 W) / 15,18 km <i>Manicoré</i>	29	13,00	7,36	0,008
<i>Secundário 6</i>	2004	(6,90 S; 60,09 W) / 14,91 km <i>Apuí, Novo Aripuanã</i>	13	3,93	6,51	0,038
<i>Secundário 7</i>	2007	(8,59 S; 64,36 W) / 18,90 km <i>Lábrea, Canutama</i>	18	6,73	6,49	0,040

Nota: O aglomerado foi considerado significativo quando o seu valor da RVG foi maior do que o valor crítico. Para esta análise os níveis de significância e os valores críticos foram 0,01 se $RVG > 7,11$ e 0,05 se $RVG > 6,36$, respectivamente.

Na região do aglomerado primário está localizada a Rodovia BR-320 (Transamazônica) uma das vias de acesso ao estado do Amazonas (**Figura 2**). Este aglomerado primário é

histórico, ou seja, não-ativo, pois ocorreu no ano de 2004 e não permaneceu ativo até o ano de 2007 que é o último ano do período em estudo.

Dois aglomerados foram considerados ativos, ou seja, permanecem em atividade até o final do período em estudo. O secundário 1 engloba uma área de raio 17,90 km, cujo centróide possui coordenadas 8,77 S e 66,80 W localizando-se, portanto, no município de Lábrea. O número de casos observados foi de 52 contra 22,22 sob a hipótese nula. O secundário 7 está localizado nos municípios de Canutama e Lábrea. A maior parte da área deste aglomerado localiza-se no município de Canutama. Sua área engloba um raio 18,90 km centrado no ponto 8,59 S e 64,36 W. O número de alertas de desmatamento observado foi 18, esperando-se sob a hipótese nula o número de 6,73 alertas. Os demais aglomerados secundários são históricos.

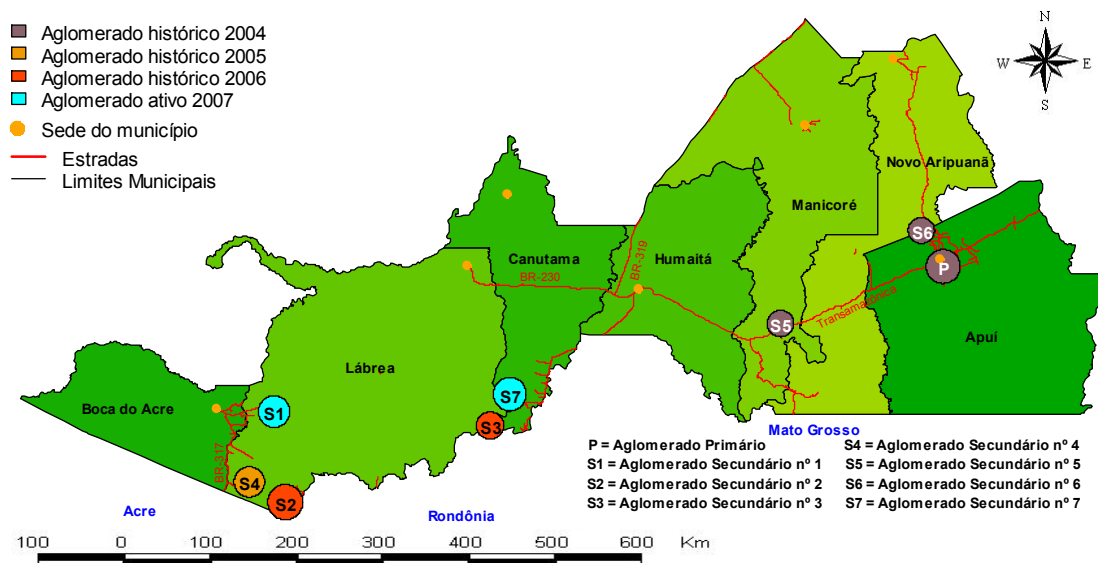


Figura 2: Mapa de alguns municípios da região sul do Amazonas, contendo os aglomerados detectados sem incorporar covariável, por ano, tamanho e hierarquia.

Na **Tabela 2**, são apresentados os aglomerados significativos ao usar a variável número de alertas e a covariável *distância de estradas*.

Tabela 2: Aglomerados do número de alertas de desmatamento detectados nos municípios de Boca do Acre, Lábrea, Canutama, Humaitá, Manicoré, Novo Aripuanã e Apuí no período de 2004 a 2007, ao usar o modelo permutação espaço-temporal em uma análise retrospectiva considerando a covariável *distância de estradas*.

Aglomerado	Ano	Localização / raio	Nº de alertas observados	Nº de alertas esperados	RVG	P-valor
Primário	2007	(8,74 S; 66,89 W) / 7,12 km Lábrea	25	6,50	15,30	0,001
Secundário 1	2006	(9,71 S; 66,69 W) / 19,97 km Lábrea	32	11,12	13,12	0,001
Secundário 2	2004	(7,27 S; 59,86 W) / 19,50 km Apuí	51	20,26	12,36	0,001
Secundário 3	2007	(8,68 S; 64,12 W) / 14,11 km Canutama	22	8,54	7,43	0,005
Secundário 4	2005	(9,50 S; 67,06 W) / 17,36 km Lábrea	17	5,84	7,05	0,011
Secundário 5	2005	(7,83 S; 61,35 W) / 17,83 km Manicoré, Novo Aripuanã	24	10,47	6,45	0,023

Nota: O aglomerado foi considerado significativo quando o seu valor da RVG foi maior do que o valor crítico. Para esta análise os níveis de significância e os valores críticos foram 0,01 se $RVG > 7,25$ e 0,05 se $RVG > 6,18$, respectivamente.

Os desmatamentos têm sido reportados estarem associados a distância de estradas (Brandão Jr. et al., 2007; Silva, 2006). Este resultado também foi verificado neste trabalho com a inclusão desta covariável no modelo, ou seja, quatro aglomerados são explicados totalmente ou em parte pelas distâncias das estradas. Houve uma mudança no cenário anteriormente visto em relação à modelagem sem a presença da distância de estradas (**Tabela 1**). O primeiro fato constatado refere-se ao aglomerado primário. Este se encontra ativo abrangendo uma área de raio menor igual a 7,12 km e está localizado no município de Lábrea, ao passo que quando a distância de estradas não é considerada, o aglomerado primário é histórico, abrangendo uma área raio de 19,50 km e está localizado no município de Apuí (**Tabela 2**). Outro fato digno de menção é em relação ao menor número de aglomerados significativos (**Figura 3**). Verifica-se, ainda, que o outro aglomerado ativo está localizado no município de Canutama abrangendo uma área de raio 14,11 km centrado no ponto 8,68 S e 64,12 W. Neste local, o número de casos encontrados foi 22, esperando-se sob a hipótese nula o número de 8,54 alertas de desmatamento.

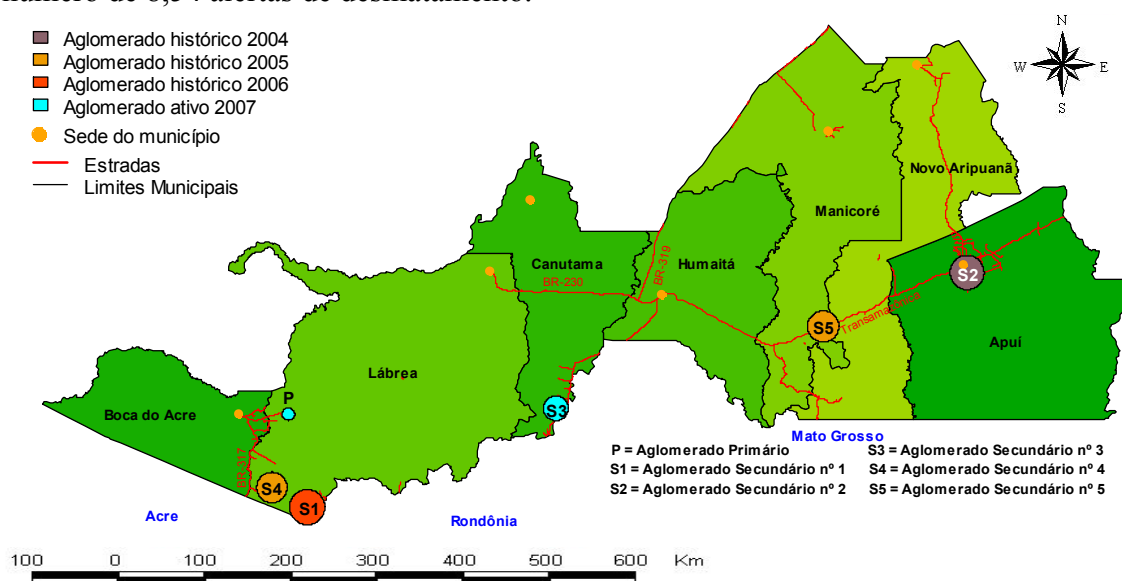


Figura 3: Mapa de alguns municípios da região sul do Amazonas, contendo os aglomerados detectados, a partir da inserção da covariável distância de estradas, por ano, tamanho e hierarquia.

5. Conclusões

A modelagem espaço-temporal do número de alertas de desmatamento em alguns municípios da região sul do Amazonas permitiu:

- Identificar aglomerados ativos de desmatamentos nos quais os órgãos fiscalizadores podem concentrar as suas ações para evitar que a área destes aglomerados aumente;
- Identificar aglomerados históricos, nos quais os órgãos fiscalizadores podem realizar fiscalizações periódicas para evitar que eles voltem a ficar ativos;
- Verificar que a distância dos alertas de desmatamento as estradas explicou parte dos aglomerados significativos.

A principal limitação do estudo foi referente à periodicidade dos dados, pois o modelo seria muito mais informativo, se os dados do DETER contivessem informações de todos os meses do período estudado sem um número excessivo de perdas consecutivas.

Agradecimentos

Agradeço em especial a Fundação de Amparo Pesquisa no Estado do Amazonas (FAPEAM), a qual proveu todos os recursos necessários para conclusão deste trabalho. Também agradeço ao INPE nas pessoas do Dr Yusio Shimabukuro e o Sr. Egidio Arai, pelo envio das imagens utilizadas neste trabalho. Ao Professor Marcelo Azevedo Costa e Martin Kulldorff.

Referências

Aguiar, A. P. D., Câmara, G., Escada, M. I., Amaral, S., Carneiro, T., Monteiro, A. M. V., Araújo, R., Vieira, I., Becker, B. Amazon deforestation models: challenging the only-roads approach. Disponível em <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/lucc/amazon_deforestation_not_only_roads.pdf> Acesso em: 10 de maio de 2008.

Arima, E., Brito, M., Barreto, P. Pecuária e desafios para a conservação ambiental na Amazônia. O estado da Amazônia, nº 5. Belém: Imazon. 4p. 2005.

Brandão Junior, A. O., Souza Junior, C. M., Ribeiro, J. G. F., Sales, M. H. R. Desmatamento e estradas não-oficiais da Amazônia. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 04, 2007, Florianópolis. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2007. Artigos, p. 2357-2364. CD-ROM, On-line. ISBN: 978-85-17-00031-7. Disponível em: <<http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.15.19.47/doc/2357-2364.pdf>>. Acesso em: 20 fev. 2008.

Fearnside, P.M. Fogo e emissão de gases de efeito estufa dos ecossistemas florestais da Amazônia brasileira. *Estudos Avançados* v. 16(44), p. 99-123, 2002.

IBGE. Download – Geociências – Mapas – Malha digital. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/servidor_arquivos_geo/> Acesso em: 10 de março de 2008.

INPE-DETER. Disponível em: <<http://www.obt.inpe.br/deter/>> Acesso em: 10 de março de 2008.

Kulldorff, M. e Nagarwalla, N. Spatial disease cluster: detection and inference. **Statistics in Medicine**. v. 14, p. 799-810. 1995.

Kulldorff, M., Heffernan, R., Hartman, J., Assunção, R. M., Mostashari, F. A space-time permutation Scan statistic for the early detection of disease outbreaks. **PLoS Medicine**, 2:216-224, 2005.

Kulldorff, M. and Information Management Services, Inc. SatScan™ v7.0: Software for the spatial and space-time Scan statistics. <http://www.satscan.org/>, 2006.

Mesquita Junior, H. N., Silva, M. C., Watanabe, N. Y., Esteves, R. L. Aplicações de sensoriamento remoto para monitoramento do desmatamento da Amazônia. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 04, 2007, Florianópolis. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2007. Artigos, p. 6835-6842. CD-ROM, On-line. ISBN: 978-85-17-00031-7. Disponível em: <<http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.15.23.56.56/doc/6835-6842.pdf>>. Acesso em: 20 fev. 2008.

Riitters, K. H., Coulston, J. W. Hot spots of perforated forest in the eastern United States. **Environmental Management** vol. 35(4), p. 483-492. 2005.

R Development Core Team (2008) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org>, version 2.7.1.

Silva, A. N. **Análise das relações entre o desflorestamento e o potencial agropecuário das terras na Amazônia**. 2006. 55 p. (INPE-15177-TDI/1293) Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2006.

SISCOM – Sistema Compartilhado de Informações Ambientais, Centro de Sensoriamento Remoto – CSR, Centro de Monitoramento Ambiental do IBAMA – CEMAM. Disponível em: <<http://siscom.ibama.gov.br/shapes/>> Acesso em: 20 de março de 2008.