

Estimador bayesiano empírico local em epidemiologia espacial de casos de hanseníase no Estado do Maranhão, Nordeste do Brasil

Mauricio Eduardo Salgado Rangel^{1,2}
Ligia Vizeu Barrozo²

¹ Universidade Federal do Maranhão – UFMA/DEGEO/GEOPRO
Av. dos Portugueses, 1966 - São Luís - MA, Brasil
mauriciorangel@usp.br

² Universidade de São Paulo – USP/FFLCH
Caixa Postal 72042 - São Paulo - SP, Brasil
lja@usp.br

Abstract. The study took into account the geographic area of the Maranhão State, analyzing 217 municipalities. The source collection of reported cases of leprosy occurred from the Brazilian Information System for Notifiable Diseases (SINAN/DATASUS), the Ministry of Health Brazil. Approach took into account an analysis of the ecological study with application of Local Empirical Bayesian Estimator for smoothing out random fluctuations, from the construction of a neighborhood matrix. The aim was to analyze the spatial distribution of leprosy, identifying the patterns of association and likely areas of high transmission (risk). In the Maranhão State 53,826 cases of leprosy were reported in the entire population, implying an average rate of 6.73 per 10,000/inhab. cases reported for the period 2001 to 2010 year. The spatial distribution pointed out areas where focus municipalities that have low life condition, with boundary characteristics and population advance. It was found that the application of Local Empirical Bayesian Estimator, based on analyzes of neighborhood, provided a minimization problem of the influence of the size of the sample population by municipal unit in the Maranhão State, contributing to the smoothing rates of notifications and reducing high variation that occurs because of random fluctuations in the calculation of crude rates. Thus, it was possible to identify priority areas for municipal leprosy control programs.

Palavras-chave: Maranhão State, leprosy, risk, Local Empirical Bayesian Estimator, spatial distribution, Estado do Maranhão, hanseníase, risco, Estimador Bayesiano Empírico Local, distribuição espacial.

1. Introdução

A hanseníase, doença crônica estigmatizante, conhecida há milênios, com potencial de causar danos neurológicos, resulta da infecção pelo *Mycobacterium leprae*. Apesar das várias campanhas e esforços, efetivamente empregados até o momento para eliminação da hanseníase e da Organização Mundial de Saúde (OMS) ter anunciado a eliminação da doença em vários países endêmicos, sua incidência, ainda continua sendo um sério problema de saúde pública em muitos países em desenvolvimento, incluindo o Brasil (Goulart et al., 2002).

O Brasil, em relação à incidência e prevalência da doença hanseníase, ocupa o segundo lugar no mundo, com uma taxa de incidência de 39.125 casos (20,45/100.000 hab.) em 2007 e uma taxa de prevalência de 45.847 casos (2,4/10.000 hab.) no início de 2008 (WHO, 2008).

No Estado do Maranhão, este problema ainda é uma questão a ser solucionada. O estudo do padrão espacial desse indicador e a avaliação da sua dependência espacial podem ser instrumentos valiosos para auxiliar no planejamento e monitoramento, direcionando as intervenções para reduzir as iniquidades no Estado, quer sejam por meio de representações empregadas por Sistemas de Informação Geográfica (SIG's) ou por análise epidemiológica espacial (Rangel e Barrozo, 2013).

A epidemiologia espacial também permite reconhecer a frequência, a distribuição e a importância dos diversos fatores que influem no aumento de determinados riscos para a saúde que não são, necessariamente, os mesmos em todos os grupos populacionais, além de permitir também identificar grupos que compartilham determinantes de risco similares (Santos e Barcellos, 2006)

Neste sentido, Nunes (2013) ressalta que o uso de mapas de índices ou taxas de incidência permite a análise refinada da dispersão e dos padrões espaciais do risco de ocorrência de um determinado evento, quando os dados estão dispostos a partir de contagens por áreas e agregados por regiões geograficamente definidas, como regiões administrativas ou sanitárias.

Para Nunes (2013) um grande problema associado ao uso de taxas brutas de ocorrência é a alta instabilidade que elas possuem para expressar o risco de eventos raros em regiões de população pequena. Alternativamente, são apresentadas as Taxas Bayesianas Empíricas, que utilizam informações de toda a região ou da vizinhança para estimar o risco de ocorrência do evento em cada área (Nunes, 2013).

Este método, ao estimar o risco de uma pequena área, têm como ideia central o uso de informação das outras áreas que compõem a região de estudo para diminuir o efeito das flutuações aleatórias não associadas ao risco (Assunção et al., 1998). Estas flutuações casuais, como a ocorrência de um ou dois casos do evento a mais ou a menos numa localidade, podem levar a variações substanciais nos índices em contraste a localidades de grande população. Mapas baseados diretamente em estimativas brutas, frequentemente, podem gerar falsas interpretações e conclusões, a exemplo em situações em que não ocorrem casos do evento em algumas regiões, a taxa bruta estimará o risco de ocorrência do evento como zero (Nunes, 2013; Alencar, 2011). Por outro lado, os Métodos Bayesianos Empíricos, para estimar o risco dentro de uma determinada área, têm sido amplamente empregados como solução para este problema.

Estes métodos, utilizam-se da informação das outras áreas que compõem a região de estudo, de modo a diminuir o efeito das flutuações aleatórias dos atributos associados ao risco, em que ao levarem em conta a correlação espacial entre áreas vizinhas trazem como resultado mapas mais suaves, mais informativos e com taxas mais confiáveis (Nunes, 2013).

Tendo em vista a possível contribuição que o estimador Bayesiano empírico local pode trazer para a compreensão do padrão espacial da hanseníase no Estado do Maranhão, objetivou-se comparar a análise da distribuição espacial resultante das taxas brutas com as resultantes das suavizadas, obtidas por inferência Bayesiana Empírico Local.

2. Metodologia de Trabalho

O modelo de análise estatística espacial pode ser usado para desenhar estratégias de controle e monitoramento de diferentes notificações epidemiológicas. É possível modelar a ocorrência destes fenômenos, incorporando os fatores determinantes, a estrutura de distribuição espacial ou a identificação de padrões (Rangel e Barrozo, 2013).

Na definição das áreas de risco e da distribuição espacial, de casos de hanseníase, foram calculadas Taxas Brutas e as Taxas Bayesianas Empíricas Local, baseadas em estimadores espaciais. Estas análises e suas respectivas representações cartográficas foram realizadas com base em metodologias de estatística espacial e os algoritmos implementados no Sistema de Informação Geográfica TerraView v.4.2. Foram considerados os Parâmetros do Ministério da Saúde que estabelecem como baixo um coeficiente $<0,2/10.000$ hab., médio, entre 0,2 e $0,9/10.000$ hab., alto entre 1,0 e $1,9/10.000$ hab., muito alto entre 2,0 e $3,9/10.000$ hab. e hiperendêmico, acima de $4,0/10.000$ hab.

O estudo foi do tipo ecológico com 53.826 casos de hanseníase notificados no Estado do Maranhão, no período de 2001 a 2010. Para o cálculo das taxas bruta e suavizada foram utilizados dados secundários de notificações dos casos de hanseníase, coletados a partir do Sistema de Informação Nacional de Agravos de Notificações (SINAN-Net, 2013) disponibilizados pelo DATASUS, computados em planilha Excel, para o período de 1º de janeiro de 2001 a 31 de dezembro de 2010, por unidade municipal, e da população em risco para cada 100.000 hab., possibilitando uma análise da evolução espaço-temporal da doença.

As Taxas Bayesianas Empíricas Local foram calculadas com correção da taxa multiplicativa igual a 100.000, levando em consideração a população em risco e o número de casos para cada ano analisado, por área municipal, para diminuir esta instabilidade não associada ao risco de ocorrência do evento.

A base de dados da malha cartográfica municipal, do Estado do Maranhão, com disponibilidade geográfica de 217 municípios definidos pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em formato de dado do tipo vetorial, extensão shapefile (*.shp), sistema de projeção Universal Transversa de Mercator (UTM) e Datum SIRGAS 2000, foi obtida a partir do sítio *ftp* do IBGE. Os dados demográficos do IBGE foram resultantes do levantamento populacional, ano a ano, para cada unidade municipal.

Para estimar a variabilidade espacial na análise dos dados foi construída uma Matriz de Proximidade Espacial (Matriz de Vizinhança), considerando como estratégia de construção a contiguidade, em que para os municípios vizinhos e limítrofes foram utilizados como peso o valor 1 (um) e para os que não apresentavam geometrias fronteiriças adjacentes o valor 0 (zero).

3. Resultados e Discussão

A hanseníase, considerada como um grande problema de saúde pública brasileiro, tem como fator de preocupação o contágio da doença para indivíduos sadios. A transmissão do *Mycobacterium leprae* está relacionada a fatores individuais, isto é, resposta imunológica e socioeconômicos, bem como ao diagnóstico e tratamento. A convivência com doentes multibacilares propicia a transmissão do bacilo, principalmente em ambientes que concentram elevado número de pessoas, em condições socioeconômicas desfavoráveis (BRASIL, 2006).

No período de 1990 a 2005, a taxa de incidência da hanseníase do Brasil flutuou entre 20 e 28 casos por 100 mil habitantes, possivelmente em função dos esforços realizados para o diagnóstico. As regiões Norte e Centro-Oeste apresentaram taxas sistematicamente mais elevadas, seguidas da região Nordeste.

No Estado do Maranhão, entre 2001 e 2010 foram notificados 53.826 casos de hanseníase, em toda a população, implicando em uma taxa média de detecção de 6,73 de casos notificados por 10.000 hab. (Figura 1). O Estado encontra-se no *cluster* hiperendêmico número 1 do Brasil (Penna et al., 2009) e o quarto Estado com maior número de casos registrados.

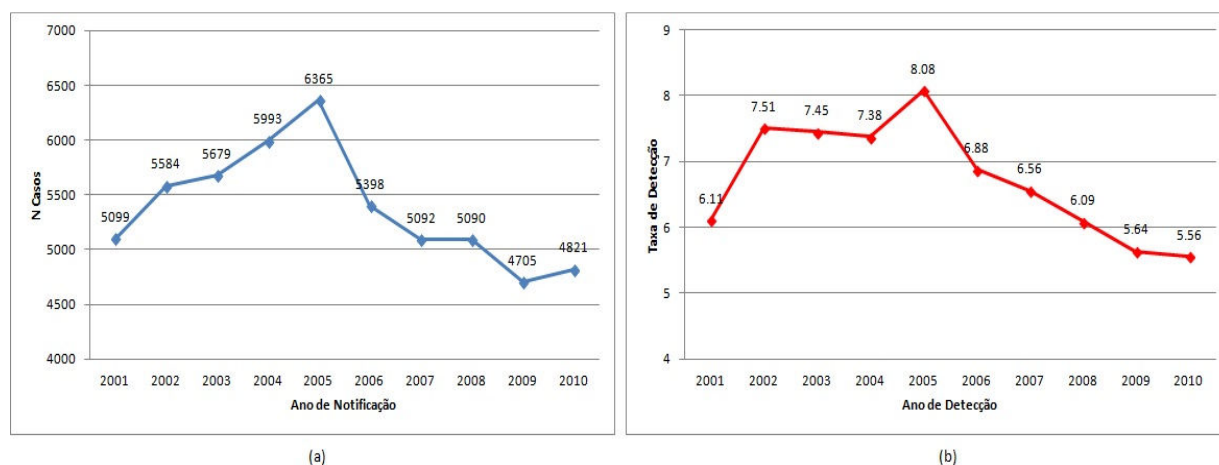


Figura 1: Número de casos notificados (a) e médias das taxas brutas/10.000 hab. (b) anuais, para o Estado do Maranhão, no período de 2001 a 2010.

Ao se observar a figura 1, constata-se que os municípios maranhenses apresentaram uma tendência decrescente, em seus índices médios (b), de 8.08/10.000 hab., no ano de 2005, para 5.56/10.000 hab., em 2010. Contudo, toda a população maranhense vive em municípios com taxas médias superiores a 5 casos/10.000 hab., quando a taxa ideal é menos de 1 caso/10.000 hab.

Na análise da distribuição da detecção média de casos de hanseníase por município, constatou-se que para o período de 2001 a 2005, apenas 3,69% destes estão classificados como de baixo risco, 22,12% como de endemicidade muito alta e 43,32% como municípios hiperendêmicos. Por outro lado, na análise para o período de 2006 a 2010 observa-se que, somente, 0,46% dos municípios são considerados como de baixo risco e 19,35% e 47,93% com risco muito alto e hiperendêmico, respectivamente. Dos 217 municípios maranhenses, quando espacializados pela taxa bruta, 94, para o período de 2001-2005, e 104, para o período de 2006-2010, apresentaram taxas $\geq 4,0/10.000$ hab.

Como observado, o padrão espacial das taxas brutas, para os casos de hanseníase, têm sua distribuição espacial representada na figura 2, em que se pode perceber padrões irregulares, apresentando uma grande variabilidade na presença de populações pequenas em que municípios com coeficientes bem distintos, considerados baixos, encontram-se próximos a municípios com taxas altas, podendo ser resultante de flutuações aleatórias, com taxas anuais que variam de 0 a 27,4 casos/10.000 hab.

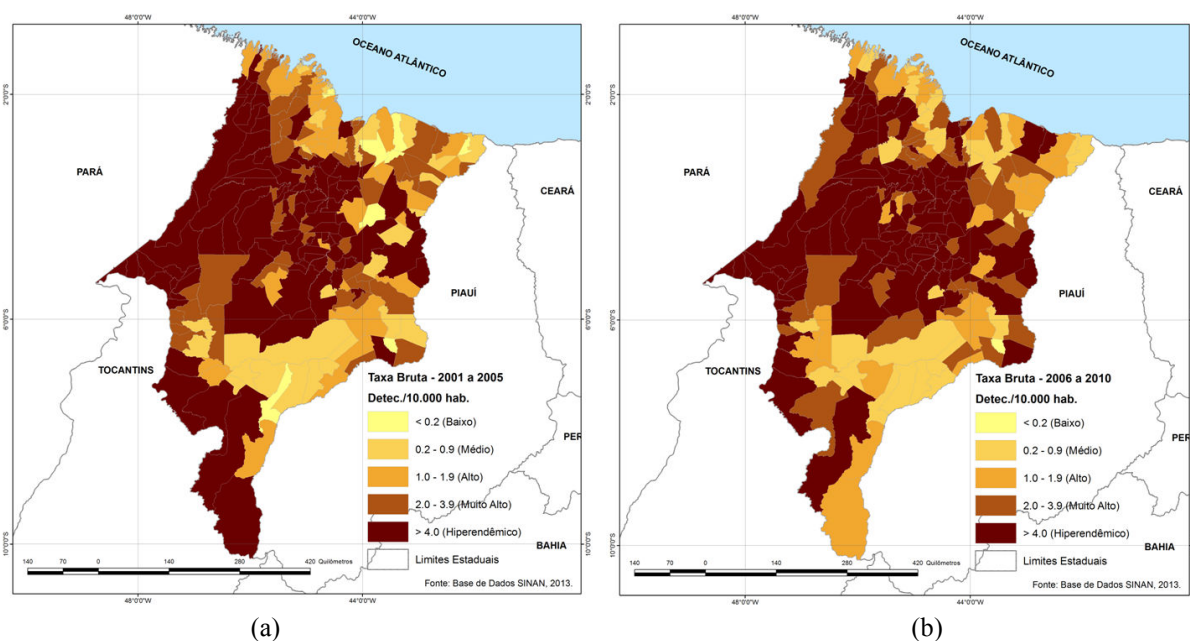


Figura 2: Distribuição espacial das taxas brutas de casos de hanseníase, no Estado do Maranhão, para os períodos de 2001 a 2005 (a) e 2006 a 2010 (b).

Para o quantitativo de municípios, em que o risco da doença é determinado pelo cálculo da taxa bruta e que não representa uma realidade local, buscou-se como resultado da eliminação dessas flutuações e dispersões a aplicação do Estimador Bayesiano Empírico Local, com estimativas suavizadas. Este método ao ponderar a taxa de detecção, de cada município maranhense, pela média contígua de sua vizinhança possibilitou gerar índices corrigidos e com menores instabilidades.

Estas taxas suavizadas apresentadas na figura 3, permitiram visualizar os padrões de associação espacial dos altos índices de risco de adoecimento, com padrões mais precisos em relação à grande variabilidade de detecção da hanseníase.

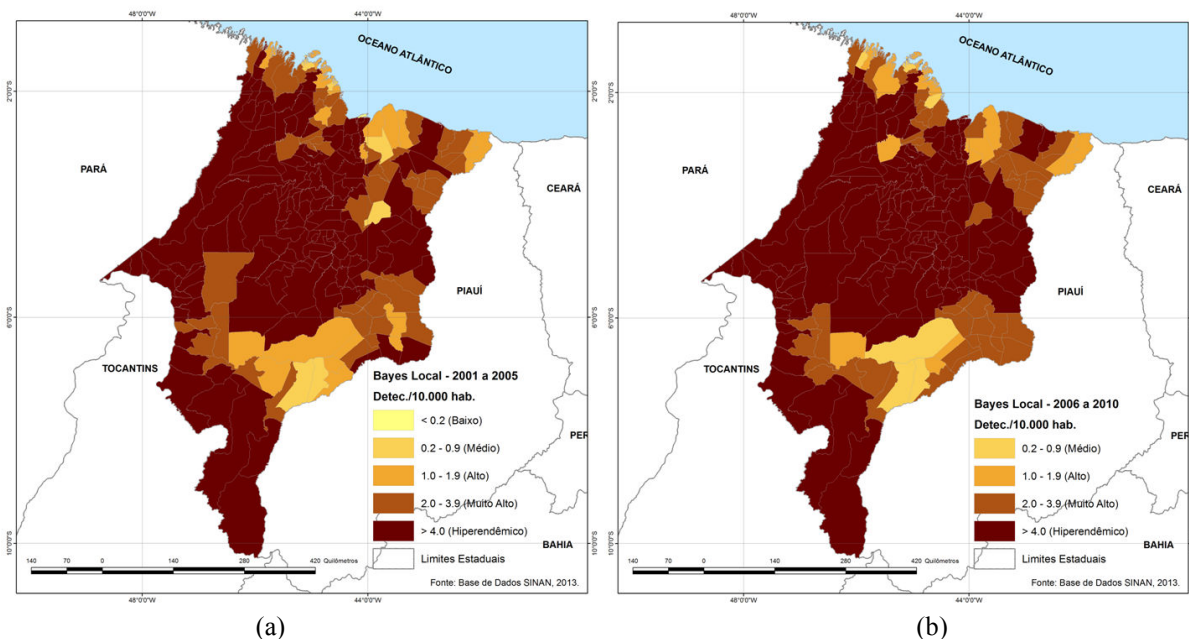


Figura 3: Distribuição espacial de casos de hanseníase, no Estado do Maranhão, suavizadas pelo Estimador Bayesiano Empírico Local, para os períodos de 2001 a 2005 (a) e 2006 a 2010 (b).

A análise da figura 3 mostra uma distribuição espacial heterogênea e hiperendêmica, revelando que as áreas consideradas prioritárias para intervenção concentram um número expressivo de municípios situados em regiões habitadas por grupos em situação de maior vulnerabilidade, com uma população de baixo padrão socioeconômico e condição de vida, de crescente urbanização e com forte influência geográfica atrelada aos movimentos migratórios.

Municípios como São Luís, Imperatriz, Açailândia e Bacabal apresentam altas taxas em razão de se constituírem com polos receptores de casos notificados, face à estrutura da rede de saúde municipal, bem como da localização geográfica dentro do Estado, exercendo forte influência em seus vizinhos, embora com tendência linear negativa (Figura 4).

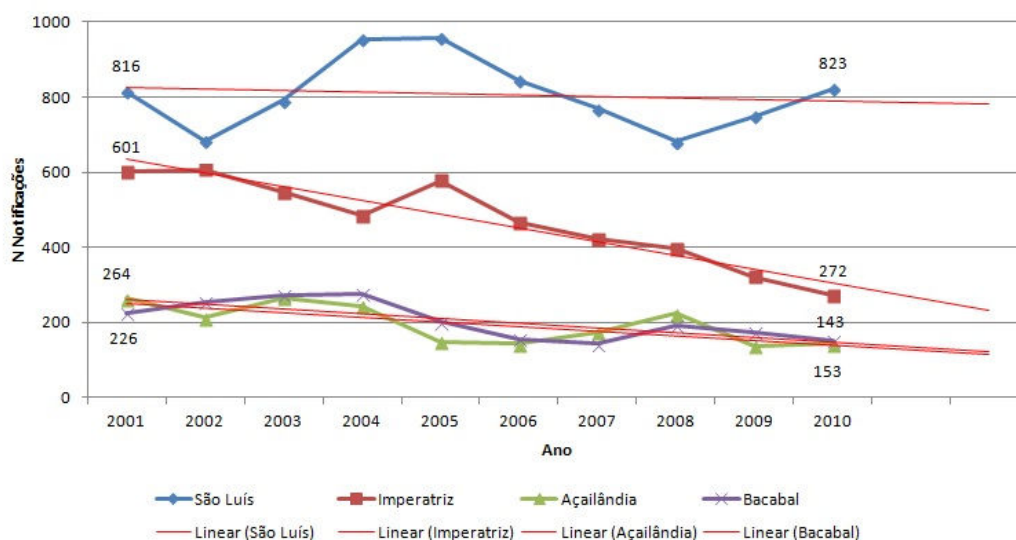


Figura 4: Municípios maranhenses com maiores registros de casos notificados de hanseníase.

4. Conclusões

Estudos que envolvem a distribuição espacial das doenças vêm se tornando cada vez mais comuns, devido à integração dos métodos e técnicas que permitem a visualização de padrões epidemiológicos e processos espaciais em saúde.

Neste contexto, verificou-se que a aplicação do Estimador Bayesiano Empírico Local proporcionou uma minimização dos problemas da influência do tamanho da amostra populacional por unidade municipal, no Estado do Maranhão, contribuindo para a suavização dos índices de notificações e reduzindo a alta variação que ocorre em razão das flutuações aleatórias casuais expostas ao cálculo das taxas brutas.

O emprego deste modelo, baseado na construção de uma Matriz de Proximidade Espacial (Matriz de Vizinhança), considerando como estratégia de construção a contiguidade, possibilitou identificar os municípios maranhenses, caracterizados como áreas prioritárias para os programas de controle da hanseníase, e gerou resultados mais fidedignos identificando áreas com taxas elevadas e que necessitam de maiores cuidados em razão do risco.

Portanto, a identificação de grupos populacionais submetidos a risco é uma tarefa imprescindível para a elaboração de programas preventivos e como meio de avaliação de exposições com níveis de escalas diferenciadas. Então a localização de grupos susceptíveis, permite um maior detalhamento na correlação dos dados, introduzindo novas variáveis, intrínsecas ao espaço.

Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão (FAPEMA), à Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação da Universidade Federal do Maranhão (PPPG/UFMA) e ao Programa de Pós-Graduação em Geografia Física, da Universidade de São Paulo (PPGGF/USP).

Referências Bibliográficas

Alencar, C. H. M. de. Padrões epidemiológicos da hanseníase em áreas de alto risco de transmissão nos Estados do Maranhão, Pará, Tocantins e Piauí, 2001-2009. Universidade Federal do Ceará, Faculdade de Medicina. Tese de Doutorado. 313 p. Fortaleza, 2011.

Assunção, R. M.; Barretos, S. M.; Guerra, H. L.; Sakurai, Emília. Mapas de taxas epidemiológicas: uma abordagem Bayesiana. **Caderno de Saúde Pública**, v. 14, n. 4, p. 713-723, 1998.

Goulart, I. M. B.; Pena, G. O.; Cunha, G. Imunopatologia da hanseníase: a complexidade dos mecanismos de resposta imune do hospedeiro ao *Mycobacterium leprae*. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**. V. 4, p. 365-375, 2002.

Nunes, F. G. Abordagem bayesiana na epidemiologia espacial de notificações de casos de dengue no Estado de Goiás. In: XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 2013, Foz do Iguaçu, PR. **Anais...** Foz do Iguaçu: INPE, 2013. Artigo, p. 8554-8560.

Penna M. L., Oliveira M. L., Penna G. Spatial distribution of leprosy in the Amazon region of Brazil. **Emerging Infectious Diseases**. 15, 650-652, 2009.

Rangel, M. E. S., Barrozo, L. V. Distribuição espacial do risco da hanseníase no estado do maranhão, região nordeste do Brasil. In: VI Simpósio Nacional de Geografia da Saúde e III Fórum Internacional de Geografia da Saúde, 2013, São Luís, MA. **Anais...** São Luís: UFMA, 2013. Artigo.

Santos, S. M., Barcellos, C. Abordagens espaciais na saúde pública. **Ministério da Saúde, Fundação Oswaldo Cruz** – Brasília: Ministério da Saúde, 2006.

SINAN-Net. Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde do Brasil. Disponível em: <<http://www.datasus.gov.br>>. Acesso em: 13 mar. de 2013.

WHO. Global leprosy situation. **Weekly epidemiological record**. World Health Organization, Geneva. 33:293-300.2008.