

Análisis espacial de la tuberculosis en Belém, estado de Pará, Brasil

Spatial analysis of tuberculosis in Belém, Pará State, Brazil

Sandra Souza Lima, Antonio Carlos Rosário Vallinoto, Luiz Fernando Almeida Machado, Marlúisa de Oliveira Guimarães Ishak, Ricardo Ishak

Universidade Federal do Pará, Instituto de Ciências Biológicas, Laboratório de Virologia, Belém, Pará, Brasil

RESUMEN

INTRODUCCIÓN: La tuberculosis (TB), en Brasil, se concentra en las regiones metropolitanas y está asociada a la situación socioeconómica de la población. En 2011, Belém, capital del estado de Pará, presentó una de las mayores reducciones de incidencia de la enfermedad. **OBJETIVOS:** Evaluar la distribución espacial de la infección por *Mycobacterium tuberculosis* en Belém entre 2006 y 2010, y asociar la incidencia de la infección con las condiciones de vida de la población. **MATERIALES Y MÉTODOS:** Informaciones de morbilidad y mortalidad se obtuvieron de bancos de datos nacionales (SINAN, SIM e IBGE). Los índices de Moran global (IMG) y Moran local identificaron dependencia espacial. **RESULTADOS:** La tasa de incidencia de la TB alcanzó 93 casos/100.000 habitantes y la de mortalidad 4 casos/100.000 habitantes. El IMG mostró dependencia espacial negativa con relación a la incidencia y a la dependencia espacial positiva en las tasas de mortalidad entre barrios. La incidencia de casos de TB creció con el aumento del número de áreas carentes. El método bayesiano fue eficiente para analizar la incidencia de la enfermedad en barrios con poblaciones pequeñas. La incidencia se distribuyó espacialmente de forma aleatoria y asociada a las condiciones socioeconómicas de la población. La baja tasa de mortalidad puso en evidencia una buena evaluación de los servicios de tratamiento y acompañamiento de los enfermos. **CONCLUSIÓN:** La aplicación del análisis espacial y métodos estadísticos, que perfeccionan la calidad de la información, son importantes para evaluar mejor acciones futuras de prevención contra agentes infecciosos. Es necesario dar continuidad a campañas de prevención de la TB y al acompañamiento de enfermos, con la finalidad de aumentar la adhesión al tratamiento y disminuir la mortalidad entre la población con mayor dificultad de acceso a los servicios de salud.

Palabras clave: Tuberculosis; Análisis Espacial; Método Bayesiano.

ABSTRACT

INTRODUCTION: Tuberculosis (TB) in Brazil is mainly located in major urban centers and is associated with the social and economical patterns. In 2011, Belém, the capital of Pará State, showed one of the highest incidence. **OBJECTIVES:** To investigate the spatial distribution of *Mycobacterium tuberculosis* in Belém between 2006 and 2010, and to associate the incidence of infection with the life quality of the population. **MATERIALS AND METHODS:** Morbidity and mortality information were obtained from national public information sources (SINAN, SIM and IBGE). Global Moran's index (GMI) and local Moran's index were used to identify spatial associations. **RESULTS:** Incidence rate of TB was 93 cases/100,000 inhabitants and mortality reached 4 cases/100,000. GMI showed negative space dependence with regard to incidence and positive space dependence in mortality rates among districts. Incidence of TB showed an increase according to the poorest quality of life areas of the city. The Bayesian method was successful to analyze the incidence of TB in low population density areas. The incidence was spatially distributed randomly and associated with the socioeconomic conditions of population. The low mortality rate was an evidence of the good treatment services and follow up of the patients. **CONCLUSION:** The use of spatial analysis and statistical methods, that improve the quality of the information, are important to better evaluate the future prevention actions against infectious agents. It is necessary to continue with TB prevention campaigns and patient follow-up in order to increase adherence to treatment and decrease mortality among the population with the greatest difficulty in accessing health services.

Keywords: Tuberculosis; Spatial Analysis; Bayesian Method.

Correspondencia / Correspondence:

Ricardo Ishak

Universidade Federal do Pará, Instituto de Ciências Biológicas, Laboratório de Virologia
Rua Augusto Corrêa, s/n. Bairro: Guamá – CEP: 66075-910 – Belém, Pará, Brasil – Tel.: +55 (91) 3201-7587
E-mail: rishak@ufpa.br

INTRODUCCIÓN

La tuberculosis (TB), una enfermedad infecciosa causada por *Mycobacterium tuberculosis*, todavía se considera un grave problema de salud pública mundial, a pesar de una tendencia a la baja en los últimos años en el mundo¹.

Aunque las cifras muestren una reducción en el número de casos, Brasil ocupa el lugar 20º lugar entre los países con el mayor número de casos de TB en todo el mundo, con una tasa de incidencia de 46 casos por 100.000 habitantes¹ y una mayor concentración en las capitales y regiones metropolitanas^{2,3}. En 2011, una de las capitales con mayor incidencia fue Belém, en el estado de Pará, que presentó una tasa de 84,9 casos por cada 100.000 habitantes⁴.

El análisis de la distribución espacial de casos de TB, dentro de un mismo municipio, es fundamental para la identificación de áreas de riesgo y de bolsones de subnotificaciones intramunicipales^{5,6}. La heterogeneidad en la distribución espacial de la TB es a menudo descrita de acuerdo con los municipios, para destacar esa característica^{7,8,9,10,11}.

El aparecimiento de la TB, tanto individual como de forma colectiva, está consistentemente asociada a indicadores socioeconómicos¹². Esta asociación parece estar influenciada tanto por el nivel de agregación espacial como por las características particulares de las áreas geográficas.

El presente estudio tuvo como objetivos describir el patrón espacial de la infección por el *M. tuberculosis* en Belém e identificar la asociación de la incidencia de la infección con las condiciones de la vida social y económica de la población.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un estudio descriptivo ecológico para evaluar la distribución espacial de la TB (incidencia y mortalidad) y asociarla a las condiciones sociodemográficas de los habitantes, por barrio de residencia, en Belém, en el período de 2006 a 2010.

ÁREA DE ESTUDIO Y POBLACIÓN

El municipio de Belém, por ocasión del estudio, tenía una población de 1.393.399 habitantes¹³, distribuida en un área de 1.059.402 km², lo que representaba una densidad demográfica de 1,3 habitantes/km². La ciudad está dividida en ocho distritos administrativos y 71 barrios. El número promedio de habitantes era de 3,8 por domicilio y el índice de desarrollo humano de 0,746, considerado alto.

Los datos de morbilidad se obtuvieron del Sistema de Información de Agravamientos de Notificación (SINAN) y los datos de mortalidad, teniendo como causa básica la TB, del Sistema de Información sobre Mortalidad (SIM) del Ministerio de Salud. Las informaciones sociales, demográficas, económicas y la malla geográfica de los barrios de Belém fueron obtenidas del Instituto Brasileño de Geografía y Estadística (IBGE).

El criterio de definición de nuevo caso incluyó a pacientes que nunca se sometieron a la quimioterapia antituberculosa, o que hicieron terapia por menos de 30 días o hace más de cinco años. Todos los pacientes tenían residencia fija en Belém.

No formaron parte del estudio individuos residentes en las calles e institucionalizados (residentes en presidios, asilos y casas de apoyo), por tener un riesgo de infección y de enfermedad mayor que la población en general. También se excluyó a las personas que no tenían una dirección completa, lo que no permitía identificar el barrio de residencia.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO Y ESPACIAL

Se aplicó la técnica de análisis espacial de datos agregados por áreas, utilizando, como unidad de análisis, los barrios de residencia de los individuos. A partir de las bases de datos del SINAN y del SIM, se calcularon las tasas de incidencia y mortalidad de la TB de acuerdo con el barrio. La tasa de incidencia se calculó año a año, mientras que la tasa de mortalidad se calculó para el período total estudiado. Para el análisis de mortalidad, algunos barrios fueron agregados a otros barrios vecinos y pertenecientes al mismo distrito administrativo. Agregarlos fue necesario para disminuir la inestabilidad del indicador, debido a que las tasas de óbito eran bajas.

A continuación, las tasas fueron suavizadas por el estimador bayesiano empírico, para reducir la variabilidad aleatoria y proporcionar una mayor estabilidad de los indicadores¹⁴.

Para verificar la autocorrelación espacial entre las tasas suavizadas, se utilizó el índice de Moran global (IMG). La identificación de áreas críticas o de transición fue evaluada por el índice de Moran local (IML), para comparar el valor de cada barrio estudiado con barrios vecinos y mostrar la dependencia y los patrones espaciales¹⁵. Los cuadrantes generados se analizaron de la siguiente manera:

- C1 (valores positivos, promedios positivos) y C2 (valores negativos, promedios negativos) – indicaron puntos de asociación espacial positivos, en el sentido que una localización tiene vecinos con valores semejantes;

- C3 (valores positivos, promedios negativos) y C4 (valores negativos, promedios positivos) – indicaron puntos de asociación espacial negativa, en el sentido que una localización tiene vecinos con valores distintos.

Para la representación espacial de las áreas críticas, se utilizó el Mapa de Morán, considerando solamente los valores estadísticamente significativos ($p \leq 0,05$). Los barrios críticos, con riesgo elevado de incidencia/mortalidad por TB, se clasificaron en el cuadrante C1 del Mapa de Morán.

La prueba de McNemar se aplicó para identificar si hubo cambio en la clasificación de los barrios, en relación al nivel de prioridad, del año de 2006 para el año de 2010.

ANÁLISIS SOCIOECONÓMICO

La identificación de las áreas carentes en el municipio siguió el criterio del IBGE, el que considera la presencia de características, como: existencia de unidades habitacionales que ocupan o hayan ocupado terreno de propiedad ajena desde al menos 10 años; urbanización desordenada y densa; y precariedad de servicios públicos esenciales, como saneamiento, energía eléctrica y abastecimiento de agua¹⁶. Se relacionó el número de áreas carentes en cada barrio con la incidencia y la mortalidad por TB, para evaluar la relación de esos indicadores con las condiciones de vida de la población.

El análisis estadístico espacial se realizó utilizando los softwares BioEstat v5.0¹⁷ y TerraView v4.2.2 del Instituto Nacional de Investigación Espacial de Brasil. Los mapas se generaron por medio del programa ArcMap 10.

ASPECTOS ÉTICOS

El estudio fue aprobado por la Comisión de Ética en Investigación del Hospital Universitario João de Barros Barreto de la Universidad Federal de Pará, el 2 de octubre de 2010 (proceso N° 2825/10).

RESULTADOS

INCIDENCIA DE CASOS DE TB

Durante el período estudiado, se notificaron 7.444 casos de TB en individuos residentes en el municipio de Belém, de los cuales 6.541 (87,9%) fue de casos nuevos, representando una incidencia de 93 casos por 100.000 habitantes. Las tasas de incidencia en los años 2006 y 2010 fueron, respectivamente, 84,8 y 98,4 por 100.000 habitantes, representando un aumento del 16%.

Los promedios de la tasa bruta y de la tasa suavizada de la incidencia de casos de TB mostraron una tendencia de crecimiento gradual a lo largo de los años evaluados y la existencia de gran variación

de las tasas entre los barrios (Tabla 1). En las dos tasas, el menor valor de incidencia ocurrió en el año 2006 y el mayor, en el año 2009. La tasa suavizada, en todos los años, fue mayor que la tasa bruta, pero la variación de la tasa suavizada fue menor (23,0 vs. 15,7).

Los barrios con las mayores tasas de incidencia suavizada fueron Águas Lindas (275,4%), Una (245,2%), Coqueiro (243,7%), Maracangalha (159,2%), São Francisco (148,4%), Parque Guajará (144,4%) y Praia Grande (132,8%). Los barrios que presentaron las menores tasas de incidencia suavizada fueron Agulha (-67,8%), Souza (-48,8%), Maracacuera (-26,1%), Canudos (-25,4%), Fátima (-25,0%) y Baía do Sol (-21,3%).

El IMG presentó valores de -0,12 ($p = 0,12$) en 2006, -0,15 ($p = 0,01$) en 2007, -0,13 ($p = 0,03$) en 2008, -0,10 ($p = 0,02$) en 2009 y -0,15 ($p = 0,05$) en 2010, que mostraron dependencia espacial negativa significativa para los años 2007 a 2010 (pero no para 2006), demostrando que los barrios con altas tasas de incidencia están cercados por barrios de tasas bajas, confirmando la distribución espacial aleatoria de la enfermedad en los barrios.

La tabla 2 muestra la frecuencia de los puntos de asociación espacial, positiva y negativa, evidenciando que, a lo largo de los años, hubo un aumento en el número de barrios clasificados en el cuadrante C2 y una disminución del número de barrios en el cuadrante C1. Aún así, la tasa de incidencia de casos de TB mostró un aumento en todos los cuadrantes, en relación al año de 2006. Las frecuencias de las tasas de incidencia de los cuadrantes C1 y C3 fueron las más altas y las de los cuadrantes C2 y C4, las más bajas.

En los cuadrantes C1 y C3, están los barrios con las mayores tasas de incidencia del Municipio, que son los barrios de Val-de-Cans (304,0), Jurunas (148,0), Cremação (144,0), Fátima (144,0), entre otros.

Tabla 1 – Estadística descriptiva de las tasas de incidencias bruta y suavizada da TB, por 100.000 habitantes, en Belém, estado de Pará, Brasil, en el período de 2006 a 2010

| Año | Tasa bruta | | | | | Tasa suavizada | | | |
|------|------------|------------------|--------|----------|----------|------------------|--------|--------|--|
| | Promedio | Desvíos-estándar | Mínimo | Máximo | Promedio | Desvíos-estándar | Mínimo | Máximo | |
| 2006 | 72,26 | 68,80 | – | 319,45 | 81,08 | 44,03 | 8,33 | 246,06 | |
| 2007 | 86,23 | 76,14 | – | 345,11 | 86,84 | 42,34 | 15,73 | 254,20 | |
| 2008 | 88,40 | 88,00 | – | 467,30 | 91,49 | 47,50 | 12,34 | 313,23 | |
| 2009 | 97,00 | 135,30 | – | 1.028,80 | 97,53 | 61,26 | 11,12 | 415,52 | |
| 2010 | 95,30 | 91,60 | – | 534,80 | 96,09 | 40,95 | 21,58 | 304,08 | |

Señal convencional utilizada: – Dato numérico igual a cero, no resultante de redondeo.

Tabla 2 – Frecuencia del número de barrios y de la tasa de incidencia de TB, cada 100.000 habitantes, en Belém, estado de Pará, Brasil, en el período de 2006 a 2010, de acuerdo con el cuadrante definido IML

| Año | Indicadores | Cuadrantes | | | | Total |
|------|--------------------|------------|----------|----------|----------|-------|
| | | C1 (+/+) | C2 (-/-) | C3 (+/-) | C4 (-/+) | |
| 2006 | Nº de barrios | 11 | 17 | 19 | 24 | 71 |
| | % | 15,5 | 23,9 | 26,8 | 33,8 | 100,0 |
| | Tasa de incidencia | 112,46 | 54,38 | 123,62 | 51,94 | |
| 2007 | Nº de barrios | 9 | 18 | 21 | 23 | 71 |
| | % | 12,7 | 25,3 | 29,6 | 32,4 | 100,0 |
| | Tasa de incidencia | 130,60 | 64,76 | 120,26 | 56,47 | |
| 2008 | Nº de barrios | 10 | 22 | 16 | 23 | 71 |
| | % | 14,1 | 31,0 | 22,5 | 32,4 | 100,0 |
| | Tasa de incidencia | 131,83 | 69,98 | 141,05 | 60,06 | |
| 2009 | Nº de barrios | 7 | 25 | 17 | 22 | 71 |
| | % | 9,9 | 35,2 | 23,9 | 31,0 | 100,0 |
| | Tasa de incidencia | 145,50 | 72,63 | 158,62 | 63,33 | |
| 2010 | Nº de barrios | 8 | 21 | 19 | 23 | 71 |
| | % | 11,2 | 29,6 | 26,8 | 32,4 | 100,0 |
| | Tasa de incidencia | 133,59 | 75,59 | 133,43 | 70,90 | |

Apenas un barrio, por año, presentó una tasa de incidencia que podría ser considerada como de mayor gravedad epidemiológica, de acuerdo con la situación en el cuadrante C1 y por el Mapa Moran (Figura 1): en 2006, fue el barrio de Pedreira; en 2007, 2009 y 2010, el de Sacramento. En 2008, no se identificó significante en cualquier barrio.

La evolución de la clasificación de los barrios, de acuerdo con el cuadrante, mostró que, entre los 71 barrios de Belém, 21 (29,6%) permanecieron con tasas de incidencia altas, 35 (49,3%) permanecieron con tasas bajas, nueve (12,7%) tuvieron una disminución de las tasas y seis (8,4%) tuvieron un aumento de las tasas. No ocurrieron cambios en las tasas de incidencia que fueran estadísticamente significativas en el período estudiado.

MORTALIDAD POR TB

Durante el período analizado, se notificaron 258 muertes por TB entre la población residente en Belém, lo que corresponde a una tasa de mortalidad bruta de 4 casos por cada 100.000 habitantes. Con la aplicación de la suavización de la tasa de mortalidad, se observó una disminución en la variación de las mismas. El valor máximo de la tasa de mortalidad bruta fue de 16,1 por 100.000 habitantes y, en la tasa suavizada, fue de 5,2 por 100.000 habitantes.

Después de suavizada la tasa de mortalidad, los cinco barrios con mayores índices fueron Pedreira (5,2), Pratinha (5,1), Sacramento (5,0), Val-de-Cans (4,9) y Telégrafo (4,9).

El IMG presentó un valor de 0,52 ($p = 0,01$), y la distribución del número de barrios, por cuadrante, mostró C1 (42; 59,1%), C2 (19; 26,8%), C3 (0; 0,0%) y C4 (10; 14,1%). La mayoría de los barrios estaba concentrada en los cuadrantes C1 y C2, lo que demostró la existencia de dependencia espacial positiva de las tasas de mortalidad. En relación a la tasa de mortalidad por 100.000 habitantes, por cuadrante, se obtuvo C1 (4,3), C2 (2,6), C3 (0,0) y C4 (3,2).

La figura 2 muestra un área crítica (C1) formada por cinco barrios (Fátima, Pedreira, Sacramento, Umarizal y Telégrafo) y una gran área (C2) formada por barrios de tasa de mortalidad baja.

En cuanto a las condiciones de vida de la población, se identificaron 71 áreas carentes, con un 54,9% residente en esas áreas. Como se muestra en la tabla 3, el mayor número de barrios (44, 62,0%) presentó pocos puntos de áreas carentes (cero a cinco) y menor concentración poblacional (23,5%). El mayor número de notificaciones y la mayor tasa de incidencia de casos de TB aumentaron gradualmente con el aumento del número de áreas carentes y de concentración poblacional. La mayor tasa de incidencia (119,65/100.000 habitantes) ocurrió entre el mayor agrupamiento poblacional y en donde se encontraban más puntos de áreas carentes, aunque en un número menor de barrios (16,9%). Aparentemente, cuando el número de áreas pobres aumenta, la tasa de incidencia también aumenta. La tasa de mortalidad no sigue este patrón.

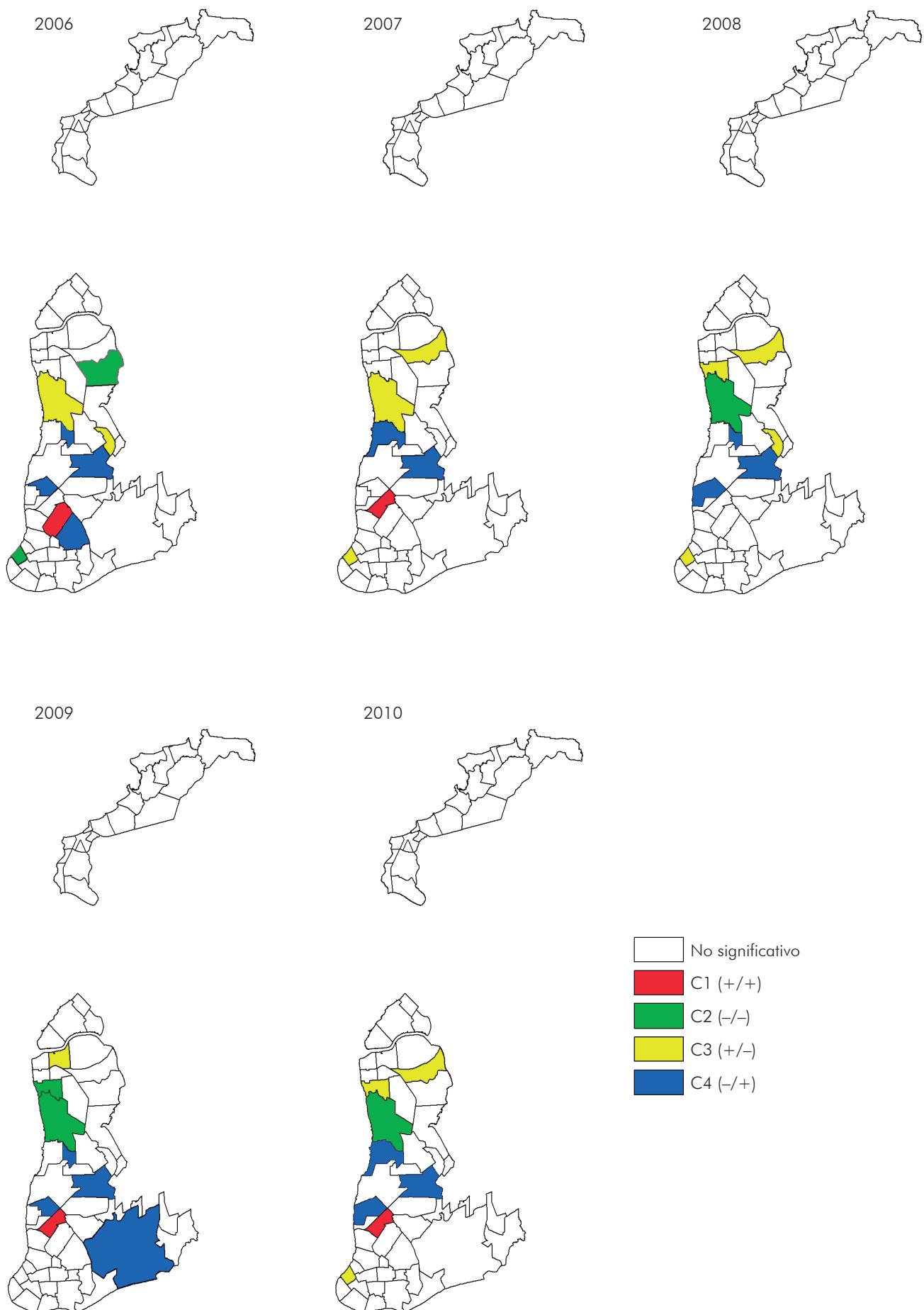


Figura 1 – Representación de la distribución espacial de la tasa de incidencia suavizada de casos de TB en Belém, estado de Pará, Brasil, de 2006 a 2010, usando el Mapa Moran

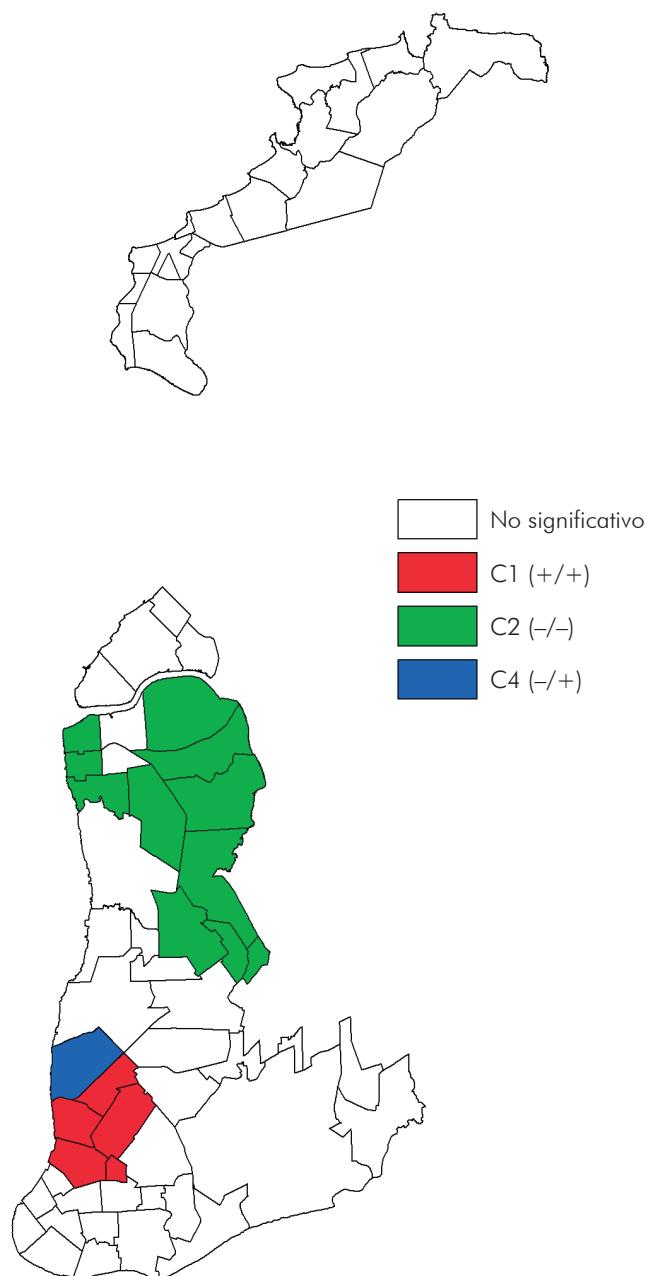


Figura 2 – Representación de la distribución espacial de la tasa de mortalidad suavizada de casos de TB en Belém, estado de Pará, Brasil, de 2006 a 2010, usando o Mapa Moran

Tabla 3 – Comparación entre los indicadores de incidencia y de mortalidad por tuberculosis, por 100.000 habitantes, con el número de áreas carentes en los barrios del municipio de Belém, estado de Pará, Brasil, en 2010

| Nº de áreas carentes | Número de barrios (%) | Población | Nº de notificaciones de TB | Tasa de incidencia de TB | Tasa de mortalidad |
|----------------------|-----------------------|-----------|----------------------------|--------------------------|--------------------|
| 0 | 22 (31,0) | 139.872 | 96 | 68,63 | 3,57 |
| 1 a 5 | 22 (31,0) | 184.565 | 161 | 87,23 | 2,71 |
| 6 a 20 | 15 (21,1) | 453.623 | 380 | 83,77 | 3,74 |
| 21 a 84 | 12 (16,9) | 603.415 | 722 | 119,65 | 2,82 |
| Total | 71 (100,0) | 1.381.475 | 1.359 | 98,37 | 3,18 |

DISCUSIÓN

En los últimos años, Belém presentó una tendencia creciente y una incidencia promedio dos veces superior a la incidencia observada en el estado de Pará, casi tres veces mayor que el promedio en Brasil⁴, evidenciando la concentración de casos en esa capital^{4,18}, lo que también ocurre en otros estados brasileños⁶. Estas características pueden ser una consecuencia de la alta densidad demográfica y de los bolsones de pobreza característicos de los grandes centros urbanos, además de ser, en las capitales del país, donde existen mayor oferta de los servicios de salud y mejores condiciones de diagnóstico y tratamiento para los casos de la enfermedad³, aumentando el número de registros de notificaciones.

En la variación de la incidencia suavizada de la TB, por barrio, se observó que, en Águas Lindas, Una y Coqueiro, hubo una variación superior a la variación de la incidencia del Municipio. Estos barrios no presentaron una alta incidencia, pero mostraron un crecimiento significativo a lo largo de los años. Sin embargo, otros barrios, como Agulha, Souza y Maracacuera, presentaron disminución de la tasa de incidencia. Es posible que haya ocurrido alguna acción de salud que justifique la disminución de casos, o también, una subnotificación de la enfermedad.

A partir de los resultados del análisis espacial, no se identificó agrupación de barrios con tasas de incidencias similares, lo que indica que casos de la enfermedad no están concentrados en una sola región, y sí dispersos por todo el Municipio. Esta heterogeneidad en la distribución espacial de la TB refuerza la necesidad de implementar acciones diferenciadas, dirigidas a grupos específicos, para la prevención y control de la TB dentro de un mismo municipio. La heterogeneidad en la distribución espacial de la TB también se identificó en otros municipios brasileños^{7,19,20,21}.

Varios estudios mostraron, por el IMG, que la distribución espacial de la TB tiene una autocorrelación positiva, indicando que áreas con tasas de incidencia semejantes tienden a estar agrupadas^{21,22,23,24,25}. En Belém, esta situación no se encontró, los barrios que presentaron tasas de incidencia similares no estaban concentrados, y sí dispersos por toda la ciudad, mostrando una autocorrelación negativa. Esta forma de distribución espacial de propagación de la enfermedad se muestra diferenciada y puede estar relacionada con la similitud de las condiciones de vida en los barrios de Belém.

La gran variación de la tasa de incidencia entre los barrios, incluso después del suavizado, indica la diferencia en la situación de riesgo entre ellos. Algunos barrios presentaron incidencias similares o menores que la incidencia nacional, pero otros, como Val-de-Cans, Jurunas y Cremação, evidenciaron una incidencia cercana a los países con las mayores tasas de incidencia del mundo, como Filipinas, Etiopía, Mozambique y Bangladesh¹.

Cuando se evaluó la clasificación de prioridad por el IML en los años estudiados, se verificó que algunos barrios cambiaron la condición de prioridad; algunos salieron de la condición de mayor prioridad y otros pasaron a la condición de prioritarios. A pesar de no haber un patrón de autocorrelación espacial global, el IML identificó áreas prioritarias en el combate a la TB y, cada año, un barrio fue identificado como prioritario. Esta es una evidencia clara de las disparidades intraurbanas en la distribución de la TB.

Las medidas de evaluación y monitoreo utilizadas en el presente trabajo, como: (i) la identificación de barrios con mayor riesgo de incidencia de casos de TB que utiliza la tasa de incidencia suavizada; (ii) el monitoreo continuo de la evolución de la incidencia suavizada, por barrio, año a año, para analizar la tendencia de crecimiento; y (iii) el análisis de la distribución espacial para verificar la correlación entre los barrios vecinos, son importantes dispositivos en el control de la TB, pues permiten la interferencia de los gestores de salud en la prevención y control de la enfermedad y una acción de control puntual e inmediata en esos barrios.

El diagnóstico tardío es uno de los principales factores que contribuyen al agravamiento de la TB y, consecuentemente, al óbito^{26,27}. Una alta tasa de mortalidad por TB, en un barrio, indica la falta de información y de capacidad del sistema de vigilancia y control en identificar los casos antes del agravamiento de la enfermedad.

En Belém, la tasa de mortalidad por TB fue superior a las tasas estadual y nacional^{4,18}, demostrando que el óbito por TB está más concentrado en Belém que en los otros municipios del estado de Pará.

La distribución de los barrios entre los cuadrantes evidencia una gran variabilidad en relación a la tasa de mortalidad. La tasa de mortalidad del cuadrante de mayor tasa es 13 veces superior al cuadrante con menor tasa. Esta diferencia, dentro de un mismo municipio, fue encontrada por otros autores²⁸ y puede estar relacionada a la dificultad de acceso a los servicios de salud y a la falta de adhesión al tratamiento de pacientes en algunos barrios, demostrando la necesidad de acciones inmediatas de educación y vigilancia.

La TB es uno de los agravamientos más influenciados por las variables sociales y muestra una relación directa con indicadores de pobreza y exclusión social en Brasil¹⁸. Otros autores ya utilizaron diversas técnicas de análisis espacial para identificar la asociación de la TB con factores socioeconómicos y concluyeron la existencia de dependencia de la TB con la situación social de la población^{7,9,10,11,22}.

Una de las características dominantes en Belém es la gran extensión de áreas carentes que no disponen de servicios esenciales adecuados, distribuidas de forma desordenada por el Municipio. Las más antiguas se ubican cerca del centro comercial, el que está sometido a inundaciones periódicas, y se caracterizan por una

elevada densidad demográfica. Los barrios más nuevos están ubicados al norte del Municipio, donde existen grandes ocupaciones, las cuales están próximas a áreas similares en el municipio de Ananindeua¹⁶.

Belém presenta también, como característica peculiar, tener barrios con gran heterogeneidad social, lo que se hace evidente en la distribución espacial de la TB. Esa heterogeneidad social quedó en evidencia cuando el número de áreas carentes fue asociado a las tasas de incidencia y mortalidad por TB. Se verificó que, cuanto mayor el número de áreas carentes en los barrios, mayor fue la incidencia de casos de TB. Tal situación ya había sido demostrada en locales como São José do Rio Preto^{11,22} y Ribeirão Preto^{9,10}, en el estado de São Paulo.

CONCLUSIÓN

La aplicación del análisis espacial, asociada a métodos estadísticos que mejoran la calidad de la información, es una herramienta que debe ser aplicada para mejor evaluar las acciones futuras de prevención contra cualquier agente infeccioso. La continuidad de campañas de prevención de la enfermedad y de seguimiento es necesaria para aumentar la adhesión al tratamiento y disminuir la mortalidad entre la población con mayor dificultad de acceso a los servicios de salud.

El método bayesiano, aplicado en las tasas de incidencia y mortalidad, mejoró la calidad de los dos indicadores, que pasaron a tener una tasa suavizada más estable, segura y libre de la influencia de la densidad de población, lo que se verificó en la

disminución de la variabilidad de las tasas entre los barrios. El método mejora sobremanera la calidad de los indicadores, pero ese es el primer enfoque con aplicación del método bayesiano en la Región Norte de Brasil.

La incidencia elevada de la TB en Belém es preocupante, una vez que presume transmisión continuada del *M. tuberculosis* asociado a los diversos factores de riesgo, los que indican baja calidad de vida y contribuyen a generar la enfermedad en el individuo infectado. La característica urbana de la ciudad de Belém presenta extremos de baja y alta calidad de vida en un mismo barrio, lo que promueve la tasa alta de incidencia observada y la inexistencia de grandes diferencia entre los distintos barrios de la ciudad. La tasa de mortalidad evidencia una buena evaluación de los servicios de tratamiento y acompañamiento de los enfermos, sin embargo, es necesaria la continuidad de campañas de prevención de la enfermedad y de acompañamiento para aumentar más aún la adhesión al tratamiento y la continua disminución de la tasa de mortalidad entre la población más carente y con mayor dificultad de acceso a los servicios de salud.

APOYO FINANCIERO

El estudio fue parcialmente financiado con recursos del Consejo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico.

CONFLICTOS DE INTERÉS

Los autores declaran no haber conflictos de interés.



REFERENCIAS

- 1 World Health Organization. Global tuberculosis report, 2013. Geneva: WHO; 2013.
- 2 Hijjar MA, Gerhardt G, Teixeira GM, Procópio MJ. Retrospecto do controle da tuberculose no Brasil. *Rev Saude Publica*. 2007 set;41 Suppl 1:50-8.
- 3 Xavier MIM, Barreto ML. Tuberculose na cidade de Salvador, Bahia, Brasil: o perfil na década de 1990. *Cad Saude Publica*. 2007 set;23(2):445-53.
- 4 Ministério da Saúde (BR). Secretaria de Vigilância em Saúde. Situação da tuberculose no Brasil. Brasília: Ministério da Saúde; 2012.
- 5 Guimarães RM, Lobo AP, Siqueira EA, Borges TFF, Melo SCC. Tuberculose, HIV e pobreza: tendência temporal no Brasil, Américas e mundo. *J Bras Pneumol*. 2012 jul-ago;38(4):511-7.
- 6 Bierrenbach AL, Gomes ABF, Noronha EF, Souza MFM. Incidência de tuberculose e taxa de cura, Brasil, 2000 a 2004. *Rev Saude Publica*. 2007 set;41 Suppl 1:24-33.
- 7 Roza DL, Caccia-Bava MCGG, Martinez EZ. Spatio-temporal patterns of tuberculosis incidence in Ribeirão Preto, State of São Paulo, southeast Brazil, and their relationship with social vulnerability: a Bayesian analysis. *Rev Soc Bras Med Trop*. 2012 Sep-Oct;45(5):607-15.
- 8 Souza WV, Albuquerque MFM, Barcellos CC, Ximenes RAA, Carvalho MS. Tuberculose no Brasil: construção de um sistema de vigilância de base territorial. *Rev Saude Publica*. 2005 jan;39(1):82-9.
- 9 Brunello MEF, Chiaravalloti Neto F, Arcêncio RA, Andrade RLP, Magnabosco GT, Villa TCS. Áreas de vulnerabilidade para co-infecção HIV-aids/TB em Ribeirão Preto, SP. *Rev Saude Publica*. 2011 jun;45(3):556-63.
- 10 Hino P, Villa TCS, Cunha TN, Santos CB. Padrões espaciais da tuberculose e sua associação à condição de vida no município de Ribeirão Preto. *Cienc Saude Coletiva*. 2011 dez;16(12):4795-802.

- 11 Vendramini SHF, Gazetta CE, Chiaravalloti Netto F, Cury MR, Meirelles EB, Kuyumjian FG, et al. Tuberculose em município de porte médio do sudeste do Brasil: indicadores de morbidade e mortalidade, de 1985 a 2003. *J Bras Pneumol.* 2005 mai-jun;31(3):237-43.
- 12 San Pedro A, Oliveira RM. Tuberculose e indicadores socioeconômicos: revisão sistemática da literatura. *Rev Panam Salud Publica.* 2013 abr;33(4):294-301.
- 13 Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Primeiros resultados do Censo 2010 [Internet]. Rio de Janeiro: IBGE; 2010 [citado 2011 ago 16]. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/primeiros_resultados/populacao_por_municipio_zip.shtml.
- 14 Assunção RM, Barreto SM, Guerra HL, Sakurai E. Mapas de taxas epidemiológicas: uma abordagem Bayesiana. *Cad Saude Publica.* 1998 out-dez;14(4):713-23.
- 15 Anselin L. The Moran scatterplot as an ESDA tool to assess local instability in spatial association. In: Fisher M, Scholten HJ, Unwin, D, editors. *Spatial analytical perspectives on GIS.* London: Taylor & Francis; 1996. p. 111-26.
- 16 Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico 2010 - aglomerados subnormais. Rio de Janeiro: IBGE; 2010.
- 17 Ayres M, Ayres Jr. M, Ayres DL, Santos AAS. BioEstat 5.0: aplicações estatísticas nas áreas das ciências biológicas e médicas. Belém; Sociedade Civil Mamirauá; 2007. 364 p.
- 18 Ministério da Saúde (BR). Departamento de Informática do SUS. Informações de Saúde: indicadores de morbidade. Brasília: Ministério da Saúde; 2013.
- 19 Vieira RCA, Prado TN, Siqueira MG, Dietze R, Maciel ELN. Distribuição espacial dos casos novos de tuberculose em Vitória, Estado do Espírito Santo, no período entre 2000 e 2005. *Rev Soc Bras Med Trop.* 2008 jan-fev;41(1):82-6.
- 20 Souza WV, Carvalho MS, Albuquerque MFPM, Barcellos CC, Ximenes RAA. Tuberculosis in intra-urban settings: a Bayesian approach. *Trop Med Int Health.* 2007 Mar;12(3):323-30.
- 21 Maciel ELN, Pan W, Dietze R, Peres RL, Vinhas SA, Ribeiro FK, et al. Spatial patterns of pulmonary tuberculosis incidence and their relationship to socio-economic status in Vitoria, Brazil. *Int J Tuberc Lung Dis.* 2010 Nov;14(11):1395-402.
- 22 Vendramini SHF, Santos NSGM, Santos MMSG, Chiaravalloti-Neto F, Ponce MAS, Gazetta CE, et al. Análise espacial da co-infecção tuberculose/HIV: relação com níveis socioeconômicos em município do sudeste do Brasil. *Rev Soc Bras Med Trop.* 2010 set-out;43(5):536-41.
- 23 Sales CMM, Figueiredo TAM, Zandonade E, Maciel ELN. Análise espacial da tuberculose infantil no estado do Espírito Santo, 2000 a 2007. *Rev Soc Bras Med Trop.* 2010 jul-ago;43(4):435-9.
- 24 Hino P, Santos CB, Villa TCS. Evolução espacotemporal dos casos de tuberculose em Ribeirão Preto (SP), nos anos de 1998 a 2002. *J Bras Pneumol.* 2005 nov-dez;31(6):523-7.
- 25 Queiroga RPF, Sá LD, Nogueira JA, Lima ERV, Silva ACO, Pinheiro PGOD, et al. Distribuição espacial da tuberculose e a relação com condições de vida na área urbana do município de Campina Grande – 2004 a 2007. *Rev Bras Epidemiol.* 2012 mar;15(1): 222-32.
- 26 Golub JE, Bur S, Cronin WA, Gange S, Baruch N, Comstock GW, et al. Delayed tuberculosis diagnosis and tuberculosis transmission. *Int J Tuberc Lung Dis.* 2006 Jan;10(1):24-30.
- 27 Machado ACFT, Steffen RE, Oxlade O, Menzies D, Kritski A, Trajman A. Fatores associados ao atraso no diagnóstico da tuberculose pulmonar no estado do Rio de Janeiro. *J Bras Pneumol.* 2011 jul-ago;37(4):512-20.
- 28 Mota FF, Vieira-da-Silva LM, Paim JS, Costa MCN. Distribuição espacial da mortalidade por tuberculose em Salvador, Bahia, Brasil. *Cad Saude Publica.* 2003 jul-ago;19(4):915-22.

Recibido en / Received: 4/1/2017
Aceptado en / Accepted: 21/3/2017

Se refiere al doi: 10.5123/S2176-62232017000200007, publicado originalmente en portugués.

Traducido por: Lota Moncada

Cómo citar este artículo / How to cite this article:

Lima SS, Vallinoto ACR, Machado LFA, Ishak MOG, Ishak R. Análisis espacial de la tuberculosis en Belém, estado de Pará, Brasil. *Rev Pan-Amaz Saude.* 2017 abr-jun;8(2):1-9. Doi: <http://dx.doi.org/10.5123/S2176-62232017000200007>