

A dimensão espaço-temporal em saúde pública: da descrição clássica à análise de *clustering*

CARLA NUNES
TEODORO BRIZ
DULCE GOMES
CARLOS MATIAS DIAS

O estudo da distribuição geográfica e temporal das doenças, dos seus determinantes e das características básicas da população tem uma longa tradição em Epidemiologia. É indispensável visualizar e caracterizar essas distribuições, para controlar as doenças e promover a saúde, pelo que esse estudo, hoje, faz parte da missão desta área para o conhecimento e reforça a utilidade actual da Epidemiologia em Saúde Pública. O principal objectivo da descrição e da análise de dados geo-referenciados no âmbito da Saúde Pública é a melhor compreensão da história natural e da distribuição espacial dos fenómenos de saúde.

Esta área temática específica tem-se desenvolvido, nas últimas décadas, com um enorme e crescente impacto e é usualmente concretizada em três abordagens interrelacionadas: (1) o mapeamento de doenças e seus determinantes, (2) o estudo de correlações geográficas e (3) o *clustering*, ou aglomeração, espaço-temporal. O presente trabalho debruça-se sobre esta última.



Carla Nunes é estatista, professora de Estatística da Escola Nacional de Saúde Pública-UNL, investigadora do CIESP/ENSP.

Teodoro Briz é professor de Epidemiologia da Escola Nacional de Saúde Pública-UNL, investigador do CIESP/ENSP.

Dulce Gomes é estatista, professora de Estatística da Universidade de Évora, investigadora do CIMA-UE.

Carlos Matias Dias é médico especialista em Saúde Pública, assistente convidado de Epidemiologia da Escola Nacional de Saúde Pública-UNL.

Submetido à apreciação: 12 de Fevereiro de 2008

Aceite para publicação: 14 de Março de 2008

Os métodos de *clustering* espaço-temporal permitem que a possível heterogeneidade de uma distribuição no espaço e/ou no tempo, visível nas representações gráficas clássicas, seja interpretada de uma forma rigorosa e consistente através de processos estocásticos, não dependendo dos possíveis artefactos de uma simples representação gráfica.

O ganho em interpretação conseguido deve-se, essencialmente, à melhor capacidade de compreensão das distribuições probabilísticas espaço-temporais, sendo os resultados representados graficamente. Facilitam a distinção de distribuições visualmente ilusórias, produzidas por artefactos das técnicas tradicionais ou pelo acaso, de distribuições realmente explicáveis pelos próprios espaço ou tempo.

Os métodos de *clustering* espaço-temporal têm alguma complexidade e limitações, parcialmente em comum com os métodos tradicionais. Contudo, a resultante final, quanto à sua aplicabilidade e interesse em Epidemiologia e em Saúde Pública, afigura-se francamente animadora. O ganho que deles se obtém vem a traduzir-se em maior precisão e segurança das decisões e da intervenção e, por isso, conduzem a maior efectividade em Saúde Pública.

Palavras-chave: epidemiologia; saúde pública; *clustering* espaço-temporal; tuberculose; anomalias congénitas.

1. Introdução

O estudo da distribuição geográfica e temporal das doenças, dos seus determinantes e das características básicas da população tem uma longa tradição em Epidemiologia. A importância da visualização da dis-

tribuição temporal e espacial para o controlo das doenças tornou-se mais evidente com os trabalhos de John Snow que no final do século XIX criou as linhas gerais da investigação epidemiológica (Crosier, 2007). Visualizar e caracterizar essa distribuição é indispensável para controlar as doenças e promover a saúde, fazendo hoje parte da missão desta área para o conhecimento e reforçando a sua utilidade em Saúde Pública (English, 1992; Buehler *et al.*, 2004). O espaço e o tempo comportam-se como duas sub-dimensões interdependentes, de um único referencial: o «espaço-tempo». O estudo de um fenómeno exclusivamente segundo uma dimensão obriga ao pressuposto da «fixação» da outra, resultando sempre numa análise limitada. Tendo em conta simultaneamente as duas sub-dimensões, o resultado é menos artificial, mais rico e útil à decisão (Brownson, 1998).

Os primeiros estudos da distribuição geográfica dos acontecimentos de saúde baseavam-se essencialmente no simples mapeamento e acontecimentos ou de taxas de doenças ou óbitos, para permitirem, por exemplo, a referenciação territorial dos fenómenos, a definição de algumas hipóteses de investigação para posteriores análises ou o planeamento e a avaliação de serviços (Brownson, 1998; Buehler, 1998; Elliott e Wartenberg, 2004).

Mais tarde, foi-se diferenciando uma nova área de investigação em Saúde Pública, a denominada Epidemiologia Espacial, definida como a «descrição e análise de dados geo-Referenciados». Tem como principal objectivo uma melhor compreensão da história natural e da distribuição geográfica dos fenómenos de saúde. O seu impacto tem sido enorme e crescente, nas últimas décadas. Esta área do conhecimento inclui três abordagens principais, interrelacionadas: (1) mapeamento de doenças e seus determinantes, (2) estudo de correlações geográficas e (3) *clustering*, ou aglomeração, espaço-temporal (Elliott e Wartenberg, 2004).

Este trabalho aborda a última destas áreas e pretende descrever, de forma sistematizada e intuitiva, o potencial dos processos estocásticos subjacentes, assim como a sua relevância para as abordagens de Saúde Pública. Nomeadamente, é justificado o seu papel na análise da distribuição geográfica dos fenómenos de saúde e na melhor compreensão da sua história natural. Os autores pretendem contribuir para uma maior divulgação e valorização, bem como para uma utilização mais corrente, deste tipo de metodologia estatística. Este ensaio é subscrito por investigadores em campos científicos complementares, reflexo da transdisciplinaridade em causa. Tem como estratégia o recurso a uma reflexão a partir de ilustrações provenientes de resultados intercalares de pesquisas que estão a decorrer, relativas à caracterização

do controlo da tuberculose (dados entre 2000 e 2004) e à evolução das anomalias congénitas notificadas em Portugal — dados entre 1997 e 1999 (Nunes, 2007; Nunes *et al.*, 2007a; Nunes *et al.*, 2007b).

2. Distribuições espaço-temporais e a metodologia de *clustering* — duas ilustrações

Um *cluster*, ou aglomeração, espaço-temporal pode ser definido como uma agregação não habitual e inesperada de eventos (ou características), que surtem agrupados no espaço e no tempo, simultaneamente. Uma das principais utilidades de uma análise de *clustering* em Saúde Pública é a de detectar onde e quando está a acontecer uma frequência inesperada de um determinado fenómeno de saúde (doença, morte, procura de cuidados por uma determinada causa, consumo de um recurso, entre outros), ou de um preditor de risco, ou ambos. A abordagem estatística que sustenta a evidência de que a aglomeração identificada tem contornos que excedem o esperado, para lá do que o simples acaso explicaria, revela-se, pois, de grande importância e tem um enorme potencial para apoiar a decisão em Saúde Pública. Por exemplo, um sistema de vigilância pode ser enriquecido e tornar-se mais útil se contiver um processo que detecte sistemática, precoce e quase automaticamente, novos aglomerados de acontecimentos emergentes ou que acompanhe a evolução de *clusters* anteriormente identificados como reais, não artefactuais, apoiando o direccionamento das consequentes decisões pelas autoridades e potenciando os ganhos da intervenção (Alexander e Cuzick, 1992; Buehler *et al.*, 2004).

A primeira ilustração apresentada diz respeito à tuberculose, uma doença de declaração obrigatória com elevado impacto em Saúde Pública, em relação à qual se estima que mais de 80% dos casos são notificados em Portugal. As anomalias congénitas são a base da segunda ilustração, um problema teoricamente mais difícil de caracterizar, visto não ser de declaração obrigatória. No entanto, admite-se, com fundamento, que o grau de notificação de anomalias congénitas será elevado e semelhante ao de outros países europeus ocidentais (Briz, 2007; Portugal. Ministério da Saúde. CERAC/INSA/ONSA, 2000).

1.ª ilustração — tuberculose

Portugal tem um Plano Nacional de Controlo da Tuberculose, que inclui um sistema de informação de

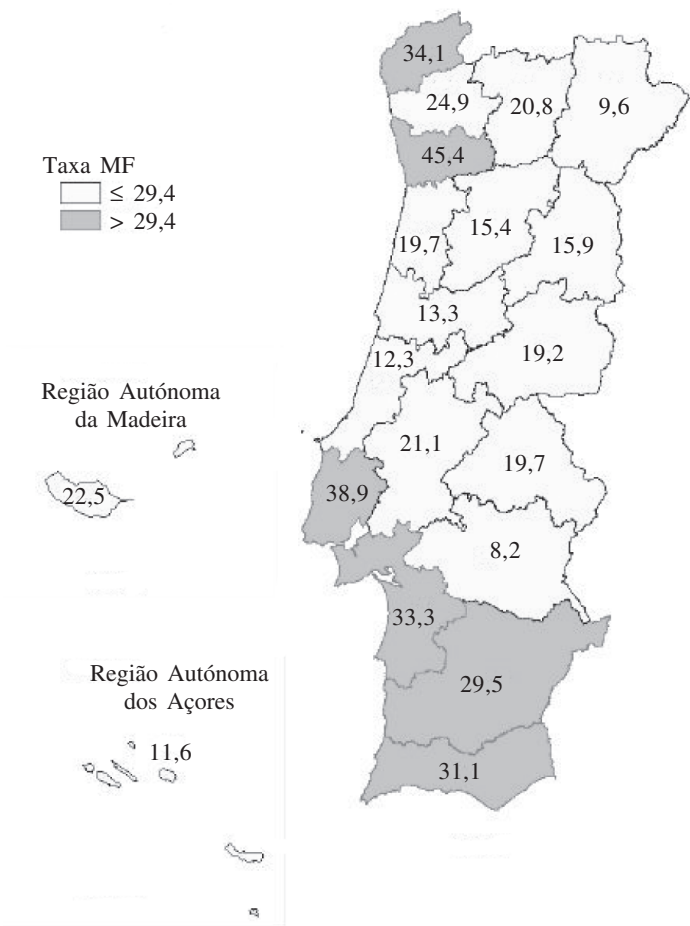
vigilância específico baseado na notificação obrigatória de cada caso novo, (SVIG-TB), abrangendo todo o País. Este sistema permite a referência dos casos diagnosticados no espaço e no tempo em todo o país (Portugal. Ministério da Saúde. DGS, 1995). A *Figura 1* ilustra a distribuição espacial das taxas de incidência de tuberculose notificada em Portugal em 2006, por distritos, referenciadas ao valor global do País (este valor é a média ponderada das taxas nos distritos; os valores das taxas são classificados em: menores ou iguais a essa média, ou, se não, maiores que ela), para toda a população (homens e mulheres em conjunto).

A figura apresenta, de forma clara a distribuição espacial das taxas de incidência de tuberculose, conforme expressa pela notificação, evidenciando uma dispersão não homogênea.

No entanto, esta apresentação descritiva dos indicadores contém algumas fragilidades que importa reter: por um lado não incorpora processos que possam assegurar que o acaso não explica por si só a heterogeneidade visível. Não permite, também, contextualizar a situação no ano 2006 relativamente ao verificado nos anos anteriores, nem projectar a evolução previsível em anos seguintes. Por outro lado, a informação visual depende dos limites das classes de valores da taxa pré-estabelecidos (neste caso, o marco que distingue os valores «elevado» e «baixo» é a média ponderada em toda a área nacional), além de que é muito influenciada pela gama de cores escolhida (Elliott e Wartenberg, 2004).

Também a utilização de apenas duas classes de valores cria uma situação de grande descontinuidade, que é brusca nos extremos dos intervalos definidos,

Figura 1
Taxa de incidência (10^{-5}) de tuberculose notificada no Continente (por distritos) e regiões autónomas, em 2006



Fonte: Portugal. Ministério da Saúde. DGS, 2007.

levando a que dois valores muito próximos, mas pertencentes a intervalos diferentes, sejam tomados como distintos; enquanto que dois valores que pertençam ao mesmo intervalo, independentemente das suas grandezas, serão sempre classificados como representativos de situações similares. Na *Figura 1* este problema toma a dimensão máxima, ao serem utilizadas só duas classes de representação (Elliott e Wartenberg, 2004; English, 1992; Smans e Estève, 1992).

A *Figura 2* diz respeito a cinco anos consecutivos, com um critério diferente de classificação da ordem de grandeza das taxas, mais pormenorizado, que é mantido constante para todos os anos, garantindo por esse lado a comparabilidade entre anos.

Neste caso há já uma dimensão temporal e uma noção de «evolução», ou «movimento», dada pela comparação sequencial dos indicadores anuais distribuídos geograficamente. Esta representação é mais rica em informação, com classes de valores de amplitudes mais pequenas e com uma referência geográfica mais detalhada (concelhos). No entanto, faltam ainda dispositivos que ajudem a interpretar quer a heterogeneidade espacial em cada ano, quer a esta-

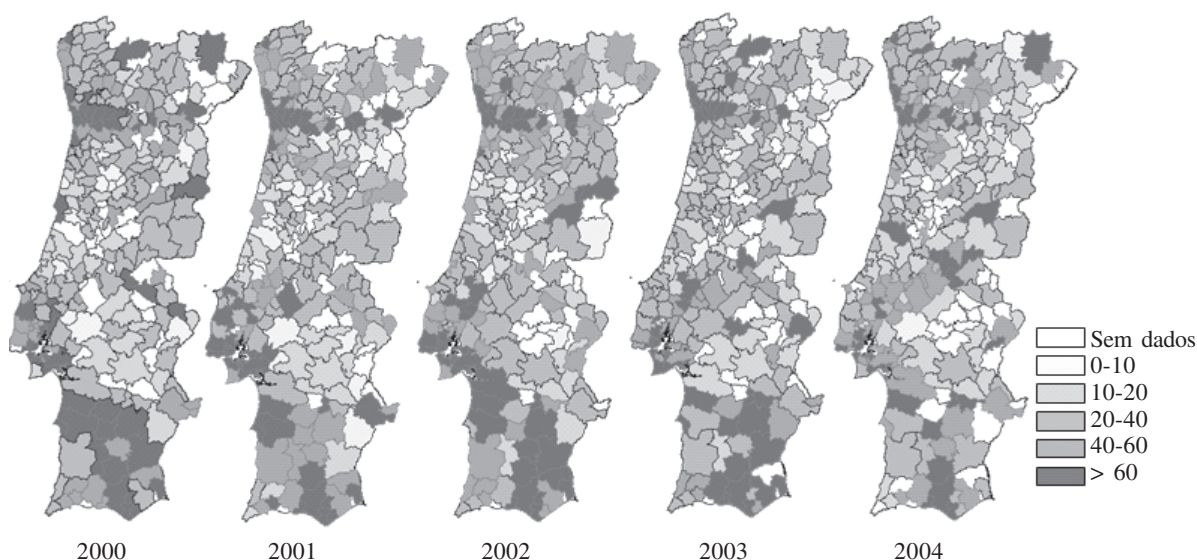
bilidade ou mudança de valores no tempo, nalguns concelhos (Será que o acaso as explica? Haverá aglomeração persistente nalguns (endemia)? Ou surtos epidémicos, noutros?) (Elliott e Wartenberg, 2004; Nunes 2007; Smans e Estève, 1992).

Agregando os mesmos dados segundo duas dimensões, espaço e tempo, através, por exemplo, de uma taxa média (*Figura 3 A*), a informação resulta mais fácil de ler mas, simultaneamente, menos rica em pormenor. A *Figura 3* ilustra estas transformações e as suas consequências, e pode ser comparada com a *Figura 2*.

É-lhe retirado o movimento que o decurso do tempo dá ao fenómeno (passa a ser todo o período de 2000 a 2004, um período alargado de tempo), assim como a evidência de variabilidade geográfica (cada distrito agrega agora a informação dos seus concelhos). Em ambas as agregações (espaço ou tempo), o que é visualizado é a média ponderada das taxas de tuberculose nas unidades de tempo e espaço anteriormente referidas, cujas intensidades se misturam numa resultante única, relativa à unidade geográfica de nível superior. Note-se como a agregação em [A] uniformiza a aparência de cada distrito, fazendo desapare-

Figura 2

Taxas de incidência de tuberculose notificada no continente, por concelho e por ano, de 2000 a 2004 (10^{-5})

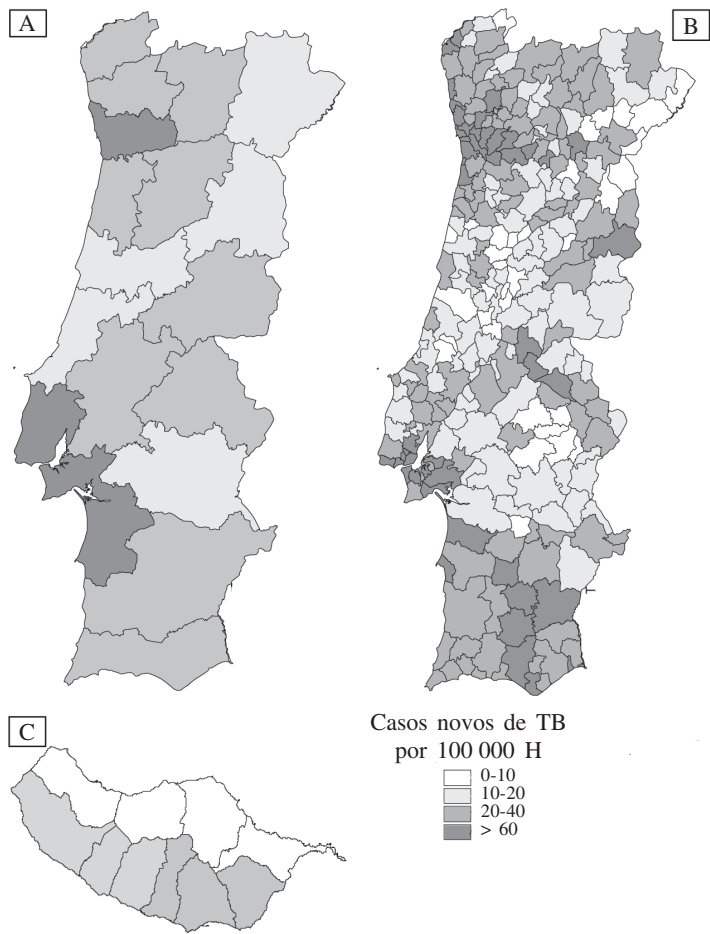


Fonte: adaptado de Nunes, 2007, a partir da base de dados SVIG-TB (Portugal. Ministério da Saúde. DGS).

cer algumas especificidades extremas dos concelhos [B], importantes nas fases de planeamento e de avaliação das intervenções. Por sua vez, passar-se-á o mesmo em cada concelho, relativamente às suas freguesias. O uso de uma técnica estatística pode evitar artefactos resultantes da forma de visualização, de uma forma científica e em que as zonas são identificadas segundo critérios que se baseiam em evidências apoiadas em testes de hipóteses. Uma das técnicas mais conhecidas é o *clustering* espaço-temporal;

aqui será referida e aplicada, em particular, a metodologia que foi desenvolvida por Martin Kulldorff (1997). Esta é baseada na comparação de parâmetros das distribuições probabilísticas de sucessivas janelas espaço-temporais de varrimento, com os parâmetros das distribuições das áreas vizinhas (*spatial scan statistics*), procurando evidência estatística da sua diferença e podendo assumir diversas distribuições (Poisson, Bernoulli, entre outras). Como já foi referido, o objectivo deste trabalho não é reproduzir a construção matemática desta ou de outras metodolo-

Figura 3
Distribuição geográfica da incidência média anual dos casos de tuberculose notificados em Portugal, entre 2000 e 2004 (distritos e concelhos)



Fonte: Portugal. Ministério da Saúde. DGS, 2005.

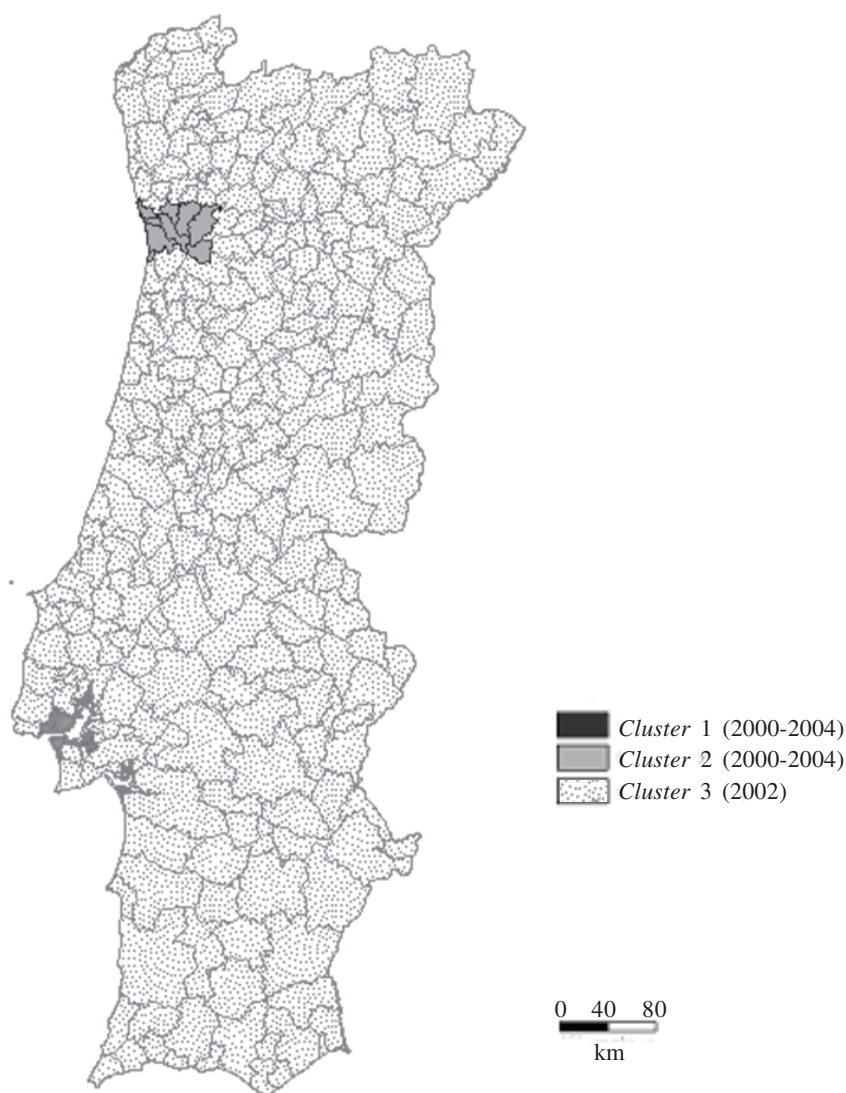
gias semelhantes, mas sim contribuir para que se configurem expectativas adequadas quanto às suas vantagens e limitações para o conhecimento epidemiológico.

São apresentados na *Figura 4* os resultados da aplicação da técnica referida anteriormente ao caso de estudo da tuberculose.

Neste exemplo, foram identificados 3 aglomerados, dois dos quais de natureza espaço-temporal e um

outro apenas espacial (Grande Lisboa e Grande Porto: 2000 a 2004 e o ano 2002 em todo o continente, respectivamente). Note-se que o que está a ser testado é se distribuição dos dados de cada *cluster* é a mesma que a distribuição probabilística dos dados das áreas adjacentes, sendo que a hipótese nula corresponde a uma igualdade de distribuições e a hipótese alternativa uma diferença evidente de distribuições probabilísticas (em termos da igualdade de

Figura 4
Mapeamento dos *clusters* espaço-temporais de tuberculose, baseados nas taxas de incidência (10^{-5} ; $p < 0,001$)



Fonte: Nunes, 2007, a partir da base de dados SVIG-TB (Portugal. Ministério da Saúde. DGS)

parâmetros). Estes *clusters* foram todos identificados com uma elevada significância estatística — $p < 0,001$ (Nunes, 2007).

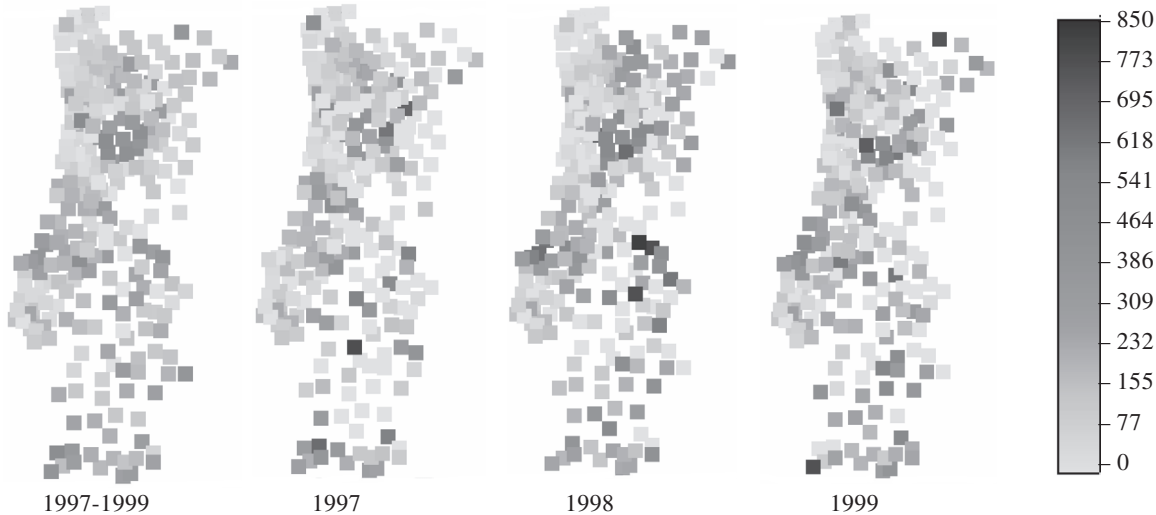
Refira-se, naturalmente, que tanto o mapeamento clássico, como a análise de *clustering* conduzem a resultados que dependem, em grande medida, da qualidade dos dados e das fontes originais. Por exemplo, a subnotificação dos numeradores no cálculo das taxas conduz a artefactos, sobretudo se ela própria variar no espaço ou no tempo, mascarando ou destacando, erradamente, aglomerações. A interpretação da informação desta natureza carece, assim, de algum conhecimento concomitante sobre o grau e a distribuição espaço-temporal da subnotificação, para que as conclusões não fiquem fragilizadas pelo maior ou menor sucesso na notificação (Briz, 2007; Buehler *et al.*, 2004).

2.^a ilustração — anomalias congénitas

O segundo exemplo ilustrativo da análise espaço-temporal de fenómenos de saúde utiliza dados obtidos através do Centro de Estudos e Registo de Ano-

malias Congénitas. Este Registo é coordenado pelo Instituto Nacional de Saúde Dr. Ricardo Jorge (INSA) e baseia-se na notificação voluntária de casos de anomalias congénitas por médicos em serviços hospitalares de obstetria, pediatria e neonatologia, em todo o País (Portugal. Ministério da Saúde. CERAC/INSA/ONSA, 2000; Nunes *et al.* 2007a). Para a análise espaço-temporal das taxas de prevalência de anomalias congénitas, foram considerados valores de 1997 a 1999, por concelhos de residência das mães. Na *Figura 5* pode observar-se a visualização espacial descritiva das prevalências do fenómeno por concelho, em que o denominador é o número de nascimentos (vivos e fetos mortos), ocorridos nas instituições de saúde que fizeram notificações. As áreas mais escuras exprimem os concelhos em que se verificaram os valores mais elevados de prevalência de anomalias congénitas (representados pelos seus centróides geográficos). Como pode observar-se, a área com prevalência mais elevada, o centro-norte, mantém-se constante quer em cada um dos 3 anos em observação, quer na totalidade do período. À semelhança do exemplo anterior, o nível de notificação poderá, eventualmente, explicar parte

Figura 5
Prevalências anuais de anomalias congénitas (10^{-4}), para o período 1997-1999



Fonte: Nunes *et al.* 2007b (dados fornecidos pelo CERAC/INSA/ONSA).

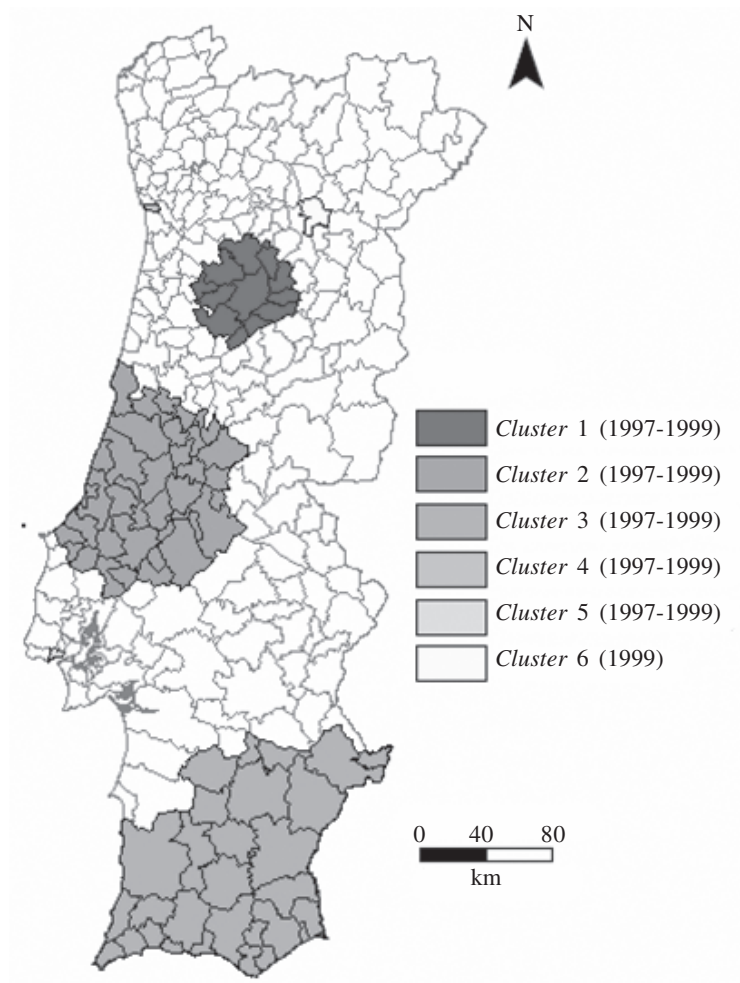
das diferenças observadas. A *Figura 6* mostra os *clusters* identificados, utilizando a mesma metodologia de análise que foi anteriormente aplicada ao caso da tuberculose.

Como se observa na figura, terão ocorrido 3 grandes aglomerados de prevalências entre 1997 e 1999 (áreas de Viseu, de Leiria, e de Alentejo/Algarve) e 3 pequenos aglomerados, apenas constituídos por um único concelho cada (Porto, Oeiras e S. João da Pesqueira, este apenas em 1999). De novo, o acaso não explica esta heterogeneidade, tendo então as zonas identificadas (no espaço e no tempo) distribuições probabilísticas diferentes das áreas vizinhas no referencial espaço-temporal considerado ($p < 0,001$).

3. A mais-valia do conceito de *clustering* em saúde pública

O recurso a métodos de *clustering* permite que a heterogeneidade de uma distribuição no espaço (que pode observar-se visualmente nas representações gráficas tradicionais) passe a ser interpretada muito para lá dessa aparência, pois é tida em conta a medida em que o acaso pode explicá-la só por si. Além disso, pode ser incorporada a dimensão «tempo» em simultâneo, sujeita à mesma lógica de interpretação. Também a informação visual obtida se torna potencialmente menos enganadora, em consequência de serem reduzidos os artefactos devidos: (1) aos critérios de

Figura 6
Mapa dos *clusters* espaço-temporais de anomalias congénitas, baseados nas taxas de prevalência em 1997-1999 ($p < 0,001$)



Fonte: Nunes *et al.* 2007b (dados fornecidos pelo CERAC, INSA/ONSA).

classificação prévia dos valores das variáveis representadas, (2) à dimensão de cada unidade espacial escolhida ou (3) à escala de tempo utilizada, relativamente às escalas em que realmente evoluem esses indicadores. Devido a estes motivos, por exemplo, a aparente homogeneidade (ou heterogeneidade) de uma tal distribuição, numa representação gráfica clássica, pode esconder uma distribuição heterogênea (ou homogênea), que a análise estatística de *clustering* vem a revelar.

O enriquecimento da descrição tradicional dos fenómenos de saúde e dos seus determinantes, no espaço e no tempo, com metodologia estatística de *clustering* espaço-temporal traz, assim, um considerável ganho à interpretação epidemiológica da sua distribuição e, consequentemente, à qualidade das decisões baseadas nessa evidência. Esse ganho deve-se essencialmente ao aumento da capacidade de compreensão das representações espaço-temporais, pelo facto de aquela metodologia permitir distinguir distribuições visualmente ilusórias, produzidas por artefactos das técnicas tradicionais ou pelo acaso, de distribuições realmente explicáveis pelos próprios espaço ou tempo. A qualidade destas ilações finais torna-se, então, proporcionalmente mais dependente da qualidade e da representatividade dos dados originais e das suas fontes, do que das fragilidades das técnicas de representação gráfica (Buehler *et al.*, 2004)

Aqueles ganhos traduzem-se, basicamente, em maior precisão e segurança das decisões de intervenção. No entanto é preciso também considerar que a aplicação deste tipo de metodologia requer vários cuidados, realçando-se aqui algumas questões mais relevantes:

- Apesar do auxílio precioso dos instrumentos estatísticos, a significância estatística e a significância epidemiológica não se correspondem necessariamente, devendo prevalecer sempre o juízo epidemiológico, no contexto do demais conhecimento existente à época.
- A complexidade intrínseca dos modelos estatísticos subjacentes e dos seus pressupostos, assim como, porventura, do *software* específico, torna-os algo herméticos e pouco acessíveis para uso corrente. Inclusivamente, a aplicação de diferentes métodos e/ou de diferentes opções intercalares para analisar os mesmos dados pode originar diferentes resultados (como em qualquer metodologia estatística), resultando em conclusões diferentes. Assim é imprescindível que os investigadores tenham um conhecimento suficiente das características e dos pressupostos dos processos estocásticos em uso, e também um conhecimento

adequado da natureza e da história natural do fenómeno em análise (Kulldorf, 1997; Nunes, 2007).

- Quando o fenómeno em estudo é conhecido através de notificação, o grau de subnotificação pode levar ao desperdício da finura da análise de *clustering* e, mais, resultar em artefactos grosseiros se a própria subnotificação varia no espaço ou com o tempo.

4. Conclusões

Os métodos de *clustering* espaço-temporal permitem que a possível heterogeneidade (ou homogeneidade) visual de uma distribuição no espaço ou no tempo, ou em ambos, induzida pelas representações gráficas clássicas, seja interpretada de uma forma rigorosa e consistente através de processos estocásticos, não dependendo dos possíveis artefactos da simples representação gráfica.

A melhor caracterização e interpretação devem-se, essencialmente, à melhor capacidade de se compreender as distribuições probabilísticas espaço-temporais. Há uma decisão estatística que não é susceptível de influência pelas formas de representação gráfica, pois esta resulta da elaboração do próprio método e a decisão é assistida por parâmetros adequados. Os métodos de *clustering* permitem assim distinguir as distribuições visualmente ilusórias, em geral produzidas por artefactos das técnicas tradicionais ou pelo acaso, de distribuições realmente explicáveis pelos próprios espaço ou tempo.

Os métodos de *clustering* espaço-temporal têm algumas limitações, parcialmente em comum com os métodos tradicionais. Elas são: (1) a relativa complexidade dos modelos estatísticos exige que os investigadores tenham um conhecimento suficiente das características e dos pressupostos dos processos estocásticos em causa; (2) se o fenómeno em estudo é conhecido através de notificação, quando o grau de subdetecção varia no espaço ou no tempo, resultam artefactos que podem ser grosseiros; (3) o enorme potencial de conhecimento que representam não dispensa que seja sempre aplicado um juízo epidemiológico crítico, sobre o resultado estatístico.

Contudo, a resultante final, quanto à sua aplicabilidade e interesse em Epidemiologia e em Saúde Pública, afigura-se francamente animadora. O ganho que deles se obtém vem a traduzir-se em maior precisão e segurança das decisões e da intervenção e, por isso, conduzem a maior efectividade em Saúde Pública.

□ Bibliografia

ALEXANDER, F.; CUZICK, J. — Methods for the assessment of disease clusters. In ELLIOTT, P., *et al.*, ed. lit. — *Geographical and environmental epidemiology : methods for small-area studies*. Oxford : Oxford University Press, 1992. ISBN 0-19-262235-8. 238-250.

BROWNSON, R. — Outbreak and cluster investigations. In BROWNSON, R., PETITTI, D., ed. lit. — *Applied epidemiology : theory to practice*. New York : Oxford University Press, 1998. 71. ISBN 0-195111-90-7.

BRIZ, T. — Controlo da tuberculose em Portugal : síntese relativa a 2005/2006. In OPSS — Relatório de Primavera 2007. [Em linha] Lisboa: Observatório Português de Sistemas de Saúde, 2007. [Consult. Julho 2007]. Disponível em www.observaport.org/OPSS.

BUEHLER, J. — Surveillance. In ROTHMAN, K., GREENLAND, S., ed. lit. — *Modern epidemiology*. Philadelphia : Lippincott-Raven, 1998. 435. ISBN 0-316-75780-2.

BUEHLER, J., *et al.* — Framework for evaluating public health surveillance systems for early detection of outbreaks. [Em linha]. Atlanta, GA : CDC, 2004. [Consult. Dezembro 2007]. Disponível em <http://www.cdc.gov/mmwr/preview/mmwrhtml/rr5305a1.htm>.

CROSIER, S. — John Snow : the London cholera epidemic of 1854. [Em linha]. Santa Barbara, CA : Center for Spatially Integrated Social Science, 2007. [Consult. Janeiro 2007]. Disponível em <http://www.csiss.org/classics/content/8>.

ELLIOTT, P.; WARTENBERG, D. — Spatial epidemiology : current approaches and future challenges. [Em linha]. *Environmental Health Perspectives*. 112 : 9 (2004) 998-1006. [Consult. Dezembro 2007]. Disponível em <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=1247193>.

ENGLISH, D. — Geographical epidemiology and ecological studies. In ELLIOTT, P., *et al.*, ed. lit. — *Geographical and environmental epidemiology : methods for small-area studies*. Oxford : Oxford University Press, 1992. ISBN 0-19-262235-8. 3-13.

KULLDORFF, M. — A spatial scan statistic. [Em linha]. *Communications in Statistics : theory and methods*. 997, 26 : 6 (1997) 1481-1496. [Consult. Janeiro 2008]. Disponível em <http://www.informaworld.com/index/780115529.pdf>.

NUNES, C. — Tuberculosis incidence in Portugal : spatio-temporal clustering. [Em linha]. *International Journal of Health Geographics*. 6: 1 (2007) 30 [Consult. Janeiro 2008]. Disponível em <http://www.ij-healthgeographics.com/content/6/1/30>.

NUNES, C., *et al.* — Congenital anomalies in Portugal : a spatial and temporal characterization. In Proceedings of the 56th Session of the International Statistical Institute, Lisbon, Portugal, 22-29 August, 2007. Lisbon : International Statistical Institute, 2007a.

NUNES, C., *et al.* — Congenital anomalies in Portugal 1997-1999 : a spatial and temporal characterization. [Abstract]. *European Journal of Public Health*. 17 : Supplement 2 (2007b) 187. Cartaz científico apresentado no Encontro da EUPHA 2007.

PORTUGAL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. CERAC. INSA. ONSA — Relatório 1997-1999. [Em linha]. Lisboa : Observatório Nacional de Saúde. Centro de Estudos e Registo de Anomalias Congénitas. Instituto Nacional de Saúde Dr. Ricardo Jorge, 2000. [Consult. Janeiro 2008]. Disponível em <http://www.onsa.pt/>.

PORTUGAL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. DIRECÇÃO GERAL DA SAÚDE — Programa nacional de luta contra a tuberculose. *Diário da República*. II Série. 218 (20-9-1995) 11304-11306.

PORTUGAL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. DGS — Programa nacional de luta contra a tuberculose : ponto da situação epidemiol

ógica e indicadores de desempenho : ano 2003 relatório definitivo : ano 2004 relatório preliminar. Lisboa: Direcção-Geral da Saúde, 2005.

PORTUGAL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. DGS — Situação da TB em Portugal. Lisboa : Direcção-Geral da Saúde, 2007. (Documento não publicado, em formato .pps)

SMANS, M.; ESTÈVE, J. — Practical approaches to disease mapping. In ELLIOTT, P., *et al.*, ed. lit. — *Geographical and environmental epidemiology : methods for small-area studies*. Oxford : Oxford University Press, 1992. ISBN 0-19-262235-8. 141-150.

□ Abstract

THE SPACE-TIME DIMENSION IN PUBLIC HEALTH: FROM CLASSIC DESCRIPTION TO CLUSTERING ANALYSIS

The study of the space and time distribution of diseases, of their determinants and of the basic characteristics of the population has a long tradition in Epidemiology. It is indispensable to visualize and characterize those distributions, in order to control the disease and promote health. Its usefulness already belongs to the mission of this knowledge area and reinforces the importance of Epidemiology in Public Health currently. The main objective of describing and analyzing health data which are geographically referred is to get a better understanding of the natural history and of the geographical distribution of health phenomena.

This specific developing area has had an enormous and growing impact in recent decades and usually includes three inter-connected approaches: (1) the mapping of diseases and of their determinants; (2) the study of geographic correlations; and (3) space-time clustering. The latter is the focus of the present paper.

Space-time clustering methods make it possible that a space and/or time heterogeneous distribution, as seen in a classical graphic representation, be interpreted in a rigorous and consistent, using stochastic processes, independent of graphic representation characteristics.

The gain in interpretation, thus attained, is essentially due to the improved understanding of space-time probabilistic distributions, being the results graphically represented. This understanding eases the distinction of visual artefacts, yielded by traditional techniques or by chance, from distributions in fact explained by space or time.

Space-time clustering methods have some complexity and limitations, in part shared with classical approaches. But the final balance, concerning their applicability and interest in Epidemiology and Public Health, seems quite encouraging. They increase precision and safety in decision-making and intervention and, this way, they improve effectiveness in Public Health.

Keywords: epidemiology; public health; space-time clustering; tuberculosis disease; congenital anomalies.