

IDENTIFICAÇÃO DE SÍTIOS PARA LOCALIZAÇÃO DE NOVOS CENTROS DE ATENÇÃO PRIMÁRIA DE SAÚDE: APLICAÇÃO PARA A CIDADE DE LUJÁN, ARGENTINA

Gustavo Daniel Buzai

Universidad Nacional de Luján / Conicet
gesig-proeg@unlu.edu.ar / www.gesig-proeg.com.ar

RESUMO

A análise espacial quantitativa apoiada pela tecnologia dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG) criou oportunidades significativas na busca de soluções no espaço geográfico. Este trabalho aborda uma linha atual de trabalho no campo da Geografia da Saúde relacionada à aplicação de metodologias de avaliação multicritério para o apoio à tomada de decisão espacial. O caso desta aplicação corresponde à identificação de sítios para a localização de novos Centros de Atenção Primária de Saúde na cidade de Luján, na Argentina.

Palavras chave: Geografia da Saúde / Análise Espacial / Sistemas de Informação Geográfica / Avaliação Multicritério / Centros de Atenção Primária de Saúde

RESUMEN

El análisis espacial cuantitativo apoyado por la tecnología de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) ha generado importantes posibilidades en la búsqueda de soluciones en el espacio geográfico. Este trabajo aborda una actual línea de trabajo en el campo de la Geografía de la Salud relacionada a la aplicación de metodologías de evaluación multicriterio en apoyo a la toma de decisiones espaciales. El caso de aplicación corresponde a la identificación de sitios de aptitud para localizar nuevos Centros de Atención Primaria de Salud en la ciudad de Luján, Argentina.

Palabras clave: Geografía de la Salud / Análisis Espacial / Sistemas de Información Geográfica / Evaluación Multicriterio / Centros de Atención Primaria de Salud

ABSTRACT

Quantitative spatial analysis supported by Geographical Information System (GIS) technology has generated important possibilities in the search for solutions in geographical space. This article addresses a current stream of work in the field of Geography of Health related, mainly, to the application of multi-criteria evaluation methodologies to support spatial decision making. The application case corresponds to the identification of suitability sites to locate new Primary Health Care Centers (PHCC) in the city of Luján, Argentina.

Keywords: Geography of Health / Spatial Analysis / Geographical Information Systems / Multicriteria Evaluation / Primary Health Care Centers

INTRODUÇÃO

A aplicação de procedimentos de análise geográfica que visam ao estudo e planejamento de serviços urbanos é apresentada hoje, como um campo de pesquisa de grande dinamismo apoiado pela atual tecnologia dos Sistemas de Informação Geográfica.

Recebido em: 03/10/2012

Aceito para publicação em: 27/01/2012

Os modelos de maior aplicação foram estabelecidos a partir de um ponto de vista conceitual e prático há várias décadas, principalmente no desenvolvimento do que tem sido chamada de *modelagem cartográfica*, mas só nos últimos anos foi possível uniformizar procedimentos por meio da sobreposição quantitativa de mapas e, principalmente pelo desenvolvimento de técnicas de avaliação multicritérios no apoio à tomada de decisão em questões de localização.

Uma questão importante nessa linha de trabalho é a abordagem para a localização espacial dos serviços públicos, em que existe a orientação em direção a populações desfavorecidas, tentando maximizar a equidade espacial em termos de acessibilidade.

Este trabalho desenvolve uma aplicação no campo da Geografia dos Serviços de Saúde, colocando seu foco nos Centros de Atenção Primária à Saúde na cidade de Luján, Argentina¹. O objetivo consiste em trilhar um caminho teórico-metodológico para a identificação de sítios de aptidão para a localização de novos centros. Os resultados fornecem elementos de apoio à tomada de decisão, com vistas a atingir uma melhoria na qualidade de vida da população da área de estudo.

Geografia para análise espacial dos serviços de saúde

A Geografia como ciência estuda uma ampla gama de temas. O desenvolvimento histórico da preocupação disciplinar para os aspectos da saúde humana pode ser traçada entre os séculos XII e XV a partir das viagens de exploração (BARCELLOS; BUZAI, 2006), depois entre os séculos XVI e XVIII em estudos médico-geográficos característicos da Geografia Colonial (DIAZ JUNQUEIRA, 2009). Porém somente no ano de 1782, a obra *Versuch einer allgemeinen medicinisch-praktischen Geographie* de Leonhard Ludwig Finke apresenta o campo de estudo da Geografia Médica (KOCH, 2005) como análise da relação doença-ambiente sob o paradigma filosófico do determinismo. O estudo do complexo patógeno teve seu auge no início do século XX, a partir dos estudos de Maximillien Sorre e Jean Brunhes.

O conceito de complexos patogênicos corresponde à trama de relações duradouras entre os seres vivos, o homem e o meio ambiente, e foi a principal forma de abordar a dimensão espacial do problema, ou seja, analisar as áreas geográficas específicas onde podem-se encontrar as causas das doenças em populações humanas.

Em meados do século XX, em 1949, durante o Congresso da União Geográfica Internacional (IGU), realizado em Lisboa (Portugal) se reconhece a Geografia Médica (OLIVERA, 1993) e, em 1950, Jacques May amplia a definição de Complexo Patógeno (agentes causadores, vetores, hospedeiros) considerando também os complexos geogenos (sócio-demográfico e econômico) (CURTO, 1998). O objetivo foi ampliado do simples mapeamento das áreas de doença, para a atenção principal de análise sistêmica das relações de associação espacial entre as variáveis físicas e socioeconômicas.

Durante o Congresso da União Geográfica Internacional (IGU), realizado em Moscou (ex-URSS), em 1976, houve uma mudança de nome e de conteúdo para esse ramo da Geografia: a Geografia Médica é renomeada Geografia da Saúde, incluindo duas linhas claramente definidas de aplicação. Em primeiro lugar, a Geografia Médica concentrou-se no estudo da distribuição espacial da doença e, em segundo lugar, a Geografia dos Serviços de Saúde no estudo da distribuição espacial da oferta e da demanda por centros de atendimento (OLIVERA, 1993).

Nas condições atuais, este campo de estudo tem se mostrado muito dinâmico, com a produção no campo científico (GATRELL; ELLIOTT, 2009; MEADE; EMCH, 2010; ANTHAMATTEN; HAZEN, 2011), a dimensão espacial (GARROCHO, 1995; SANTOS; BARCELLOS, 2006) e novas contribuições metodológicas e técnicas em que se destacam os Sistemas de Informação

¹A cidade de Luján é uma aglomeração de tamanho médio da Argentina. Está localizada na província de Buenos Aires a 67km da cidade de Buenos Aires. O Censo Nacional de População de 2001 (últimos dados oficiais disponíveis para cidades) indica que tem 67.266 habitantes.

Geográfica (LANG, 2002; OPS, 2002; RAMÍREZ, 2004; SANTOS; SOUZA SANTOS, 2007; BUZAI, 2009; CROMLEY; McLAFFERTY, 2012).

A Geografia dos Serviços de Saúde adquire identidade como grande bloco temático da Geografia da Saúde, e os Sistemas de Informação Geográfica podem fornecer suporte para obter soluções concretas em encontrar bons sítios para a localização e equidade espacial para a população da área de estudo.

Sistemas de Informação Geográfica

A Tecnologia dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG) representam o componente central da Geoinformática como um campo atual de tecnologias de computador, aplicadas à análise espacial. Basicamente o SIG pode ser definido como um sistema que permite a coleta, armazenamento, processamento e comunicação de dados espaciais para apoiar a tomada de decisão sobre questões espaciais (BUZAI; BAXENDALE, 2011).

De qualquer forma, embora a sua utilização favoreça uso de uma perspectiva metodológica, em estudos anteriores trabalhou-se em sua importante base teórica (BUZAI, 1999) em que as posições racionalistas e quantitativas fornecem o nível conceitual do aplicativo.

Com base no racionalismo, a aplicação é baseada na modelagem cartográfica, ou seja, sobreposição de camadas (*layers*) estruturadas em formato de matriz (*raster*).

Cada camada representa uma matriz de células (localizações), em que cada uma constitui uma unidade mínima de representação espacial, e o seu interior é classificado através de um número digital. Estes números digitais, num campo visual podem ser interpretados como mapa de cores, e ao mesmo tempo, este valor numérico pode ser estudado através de operações matemáticas para a análise, em camadas individuais e entre outras camadas sobrepostas (DeMERS, 2002). Estes procedimentos de sobreposição encontram nas técnicas de avaliação multicritério a mais refinada metodologia que tenta obter sítios de localização ideais.

Atualmente, este é o procedimento de análise espacial de maior aptidão em encontrar soluções para a expansão do serviço prestado pelos Centros de Atenção Primária de Saúde a partir de uma perspectiva espacial.

Avaliação multicritério

A maioria dos problemas em geografia humana não têm respostas únicas, mas estes estão ligados ao que o pesquisador está disposto a procurar, bem como a forma em que os fatos da realidade são ordenados por meio da orientação fornecida por sua estrutura conceitual.

Existem várias maneiras para tentar encontrar esta ordem das estruturas espaciais, e nessa busca a flexibilidade obtida no processamento de informações passa a ser fundamental. A modelagem do comportamento sócio espacial a partir da variação do peso de fatores intervenientes gera resultados alternativos que colocam no centro dos trabalhos do processo de tomada de decisão.

A chave para o processo é determinada pela escolha de alternativas. Decidir sobre uma delas mostra um curso de ação e, neste sentido, técnicas de avaliação multicritério utilizadas no ambiente IG têm uma base clara e sólida que apoia a decisão dentro de uma variedade de possibilidades.

A análise geográfica começa com as informações básicas de variáveis estruturadas como mapas ou camadas a partir das quais os critérios são gerados como insumos dos procedimentos de avaliação. Os critérios apresentaram distribuições espaciais de aptidão que podem ser convertidos em duas variantes: *fatores discretos* quando as aptidões são dicotômicas (sim / não) e *fatores contínuos* quando as aptidões são apresentadas dentro de uma ampla gama de possibilidades.

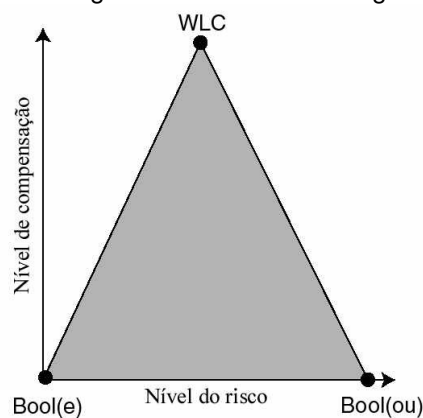
O objetivo final é encontrar os melhores sítios para localização, o que pode ser alcançado principalmente através de métodos booleanos ou de combinação linear ponderada (WLC,

Weighted Linear Combination). Os primeiros realizam sobreposições de mapas de aptidões discretas para obter resultados perfeitamente delimitados e com aptidões fixas, enquanto a segunda inclui incertezas nas situações empíricas mais realistas (GÓMEZ DELGADO; BARREDO CANO, 2006).

Espaço conceitual de decisões de localização

Decisões relacionadas com a identificação dos sítios de aptidão para novos locais podem ser representadas por meio de um triângulo de decisões estratégicas (TDE) (EASTMAN *et al.*, 1993). Este espaço conceitual é incluído em dois eixos ortogonais: x (nível do risco) e y (nível de compensação) (Figura 1).

Figura 1 - Triângulo de decisões estratégicas (TDE)



Como pode ser visto, os procedimentos booleanos se encontram na base do triângulo e, assim, os seus resultados são movidos pelo eixo de risco, a partir do mínimo para o máximo na decisão de localização, enquanto a combinação linear ponderada (WLC) assume um risco médio com um nível máximo de compensação (atribuição de importância diversa para os vários fatores considerados na decisão).

Solução focada sobre o nível de risco

A decisão de localização que minimiza o risco de selecionar o lugar errado é realizada pela aplicação de um trabalho altamente seletivo, ou seja, exclusivamente, com os mapas de restrição.

Isto significa que cada um dos fatores f_i utilizados devem ser padronizados de acordo com a lógica booleana, convertendo os seus valores para números digitais (DN, *digital number*) em duas categorias: DN=0 (áreas sem aptidão) e DN=1 (áreas com aptidão). Assim, cada mapa será definido apenas pelo que é avaliado, como suas melhores zonas de localização.

Posteriormente, a correspondência espacial é obtida através da sobreposição das camadas, usando operações matemáticas simples que são executadas em valores internos de classificação de cada localização.

Uma solução seria dada pela multiplicação:

$$[1] \text{ Bool } (*) \quad A = f_1 \times f_2 \times f_3 \times \dots \times f_n = \prod f_x$$

Onde A é um resultado que contém apenas as áreas onde a aptidão é maior em todos os fatores (apresentam-se com valores 1).

Uma solução seria dada pelo somatório:

$$[2] \text{ Bool (+)} \quad B = f_1 + f_2 + f_3 + \dots + f_n = \sum f_x$$

Onde B é um resultado que contém uma variedade de aptidões escalonadas de 0 a N.

A zona com maior aptidão tem $DN = n$, a segunda zona tem $DN = n - 1$, para atingir zonas que não têm aptidão em nenhum dos fatores, com $DN = n \quad n = 0$. Isto significa uma aptidão e passo progressivo no risco de tomar uma decisão de localização incorreta que corre ao longo da base da TDE.

Em resumo, a solução A é o resultado de uma interseção espacial da lógica do tipo E (correspondência completa), enquanto a solução B se desenvolve ao longo do eixo do risco, entre E-OU, fornecendo mais alternativas para a seleção das zonas, enquanto se move para a direita do eixo pode não ser a melhor possibilidade de seleção.

Solução focada no nível de compensação

Um desenvolvimento na resolução é obtido através da realização de um fator de padronização contínuo, determinando limites de aptidão difusos (*fuzzy*) e em seguida, obter a compensação com valores quantitativos que fornecem um peso diferencial a cada fator (JIANG; EASTMAN, 2000).

A lógica *fuzzy* é que permite a obtenção de mapas de aptidão contínua para cada fator, onde cada localização é classificada de acordo com um nível predefinido de acordo com o aumento ou diminuição de funções linear, exponencial ou sigmoidal.

No caso Booleano, a entidade geográfica adquire a mesma aptidão, sendo o valor máximo para a zona de aptidão e zero para além dos seus limites, enquanto que no caso *fuzzy* há diferentes valores dentro da zona de aptidão. Ambos os casos podem ser consideradas padronizações, a primeira sendo os valores 0 e 1, e o segundo valor entre os limites 0 e 1 ou 0 e 255.

O uso de fatores padronizados, por meio de metodologia *fuzzy*, tem a possibilidade de serem utilizados como matéria prima para proporcionar um peso para cada um destes fatores de acordo com sua importância relativa na solução do método WLC.

A técnica para a determinação da importância relativa dos fatores pode ser simples, considerando um peso com base no que emerge a partir da teoria, ou conhecimento empírico de cada elemento em relação ao tema geral. Cada um dos fatores terá um peso diferente no interior de um problema com um valor máximo de 100%.

Para obter estes valores há uma interessante e simples metodologia quantitativa chamada ponderação por ranking recíproco (MALCZEWSKI, 1999). De uma classificação (ordenamento) é calculado o valor de pesos (p) para cada um dos critérios:

$$[3] \quad p_i = \frac{\frac{1}{r_i}}{\sum \frac{1}{r_i}}$$

Onde p_i é o valor de ponderação dado a cada camada e r_i é o número de ordem de classificação, de acordo com a importância estabelecida.

Os resultados satisfazem as condições seguintes:

$$[4] \quad 0 \leq p_i \leq 1$$

e

$$[5] \quad \sum_{i=1}^n p_i = 1$$

O método WLC, aplicado após a obtenção dos valores de p_i para cada fator, indica que cada localização que representa o espaço geográfico assume um valor de aptidão (A_i) a partir da seguinte fórmula:

$$[6] \quad A_i = \sum_{i=1}^n p_i x_i$$

Onde A_i é o valor do índice para a unidade espacial i , Σ é o somatório dos resultados proporcionados por todas as camadas, p é o peso de cada fator e x o valor específico de cada classe de cada fator.

Quando a avaliação incorpora os mapas de restrição (r_j) é estendido a partir da fórmula que se segue:

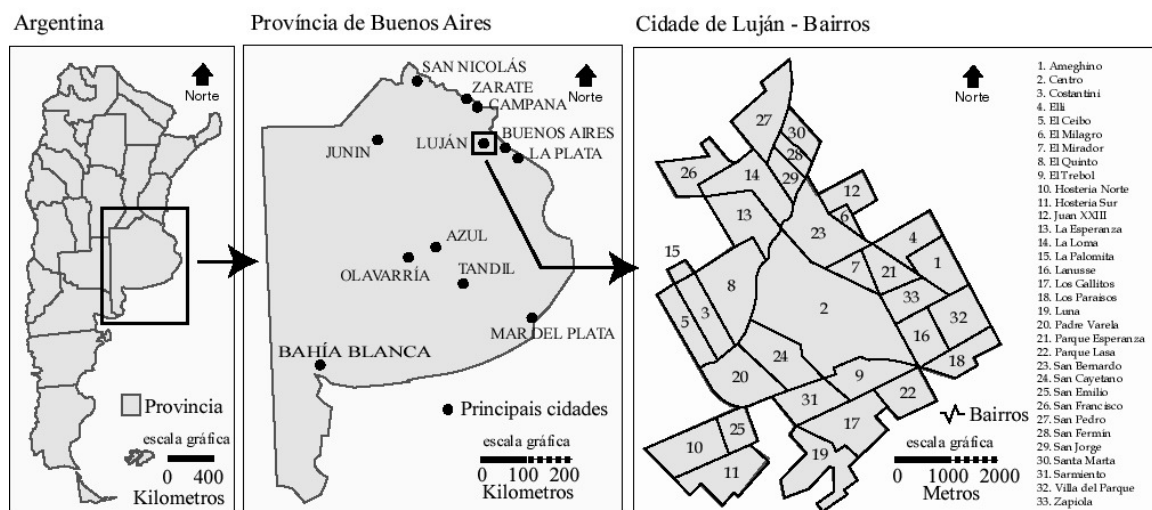
$$[7] \quad A_i = \sum_{i=1}^n p_i x_i \Pi r_j$$

Em termos de risco da decisão, este procedimento tem um resultado que está no ponto médio no eixo do risco e acrescenta uma nova dimensão para a análise, o nível de compensação total entre os fatores, oferecendo mais flexibilidade do que o caso Booleano para incorporar importância relativa e diferentes graus de aptidão.

Centros de Atenção Primária de Saúde na cidade de Luján

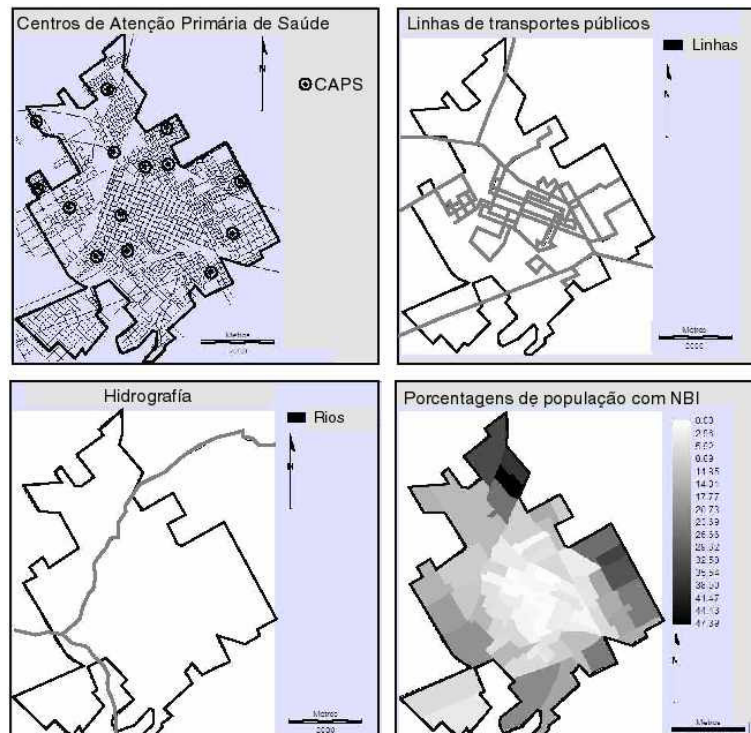
Aplicativos de avaliação multicritério visam responder à questão principal: onde estão as zonas adequadas para localizar novas unidades no espaço geográfico? Portanto, o objetivo desta aplicação é identificar as principais zonas de aptidão para localização de Centros de Atenção Primária de Saúde na cidade de Luján, Argentina (Figura 2).

Figura 2 - Localização da área de estudo



Os resultados foram obtidos pelos dois caminhos conceitualmente analisados: (a) a aplicação do método booleano (b) a aplicação das técnicas de combinação linear ponderada (WLC). Em ambos os casos, as camadas iniciais são as mesmas (figura 3), variando o posterior tratamento.

Figura 3 - Camadas iniciais



Transformação de camadas iniciais para a criação de fatores booleanos (0-1):

O primeiro passo metodológico é traduzir critérios conceituais em fatores booleanos, cuja principal característica é apresentar as zonas de aptidão com valor 1 e as zonas sem aptidão com valor 0. Na Figura 4 estão representadas em tons de cinza e branco respectivamente.

Como será visto a seguir, o conceito de distância é essencial: as zonas de aptidão serão localizadas longe de onde o serviço já existe, perto a linhas de transportes públicos, longe das zonas com possibilidade de inundação e serão consideradas as zonas com altas porcentagens de população com Necessidades Básicas Insatisfeitas (NBI).

O fator 1 apresenta as zonas localizadas a mais de 800 metros de distância dos Centros de Atenção Primária de Saúde existentes, o fator 2 as zonas localizadas a menos de 300 metros de distância de linhas de ônibus, o fator 3 zonas localizadas a mais de 500 metros do Rio Luján e fator 4 as zonas com valores acima da média (23,27%) da população com NBI.

Resultados obtidos pelo método booleano simples

Foram obtidos dois resultados (Figura 5). A primeira aplicação [1] mostra as zonas de maior aptidão, pequenas manchas que combinam as quatro zonas de maior aptidão dos quatro fatores, e a segunda aplicação [2] mostra aptidão escalonada a partir da maior (Aptidão 1) onde os quatro

fatores se combinam para ir até a combinação de 3, 2, 1 e 0 fatores (aptidões 2, 3 e 4, respectivamente).

Figura 4 - Fatores discretos (*booleanos*)

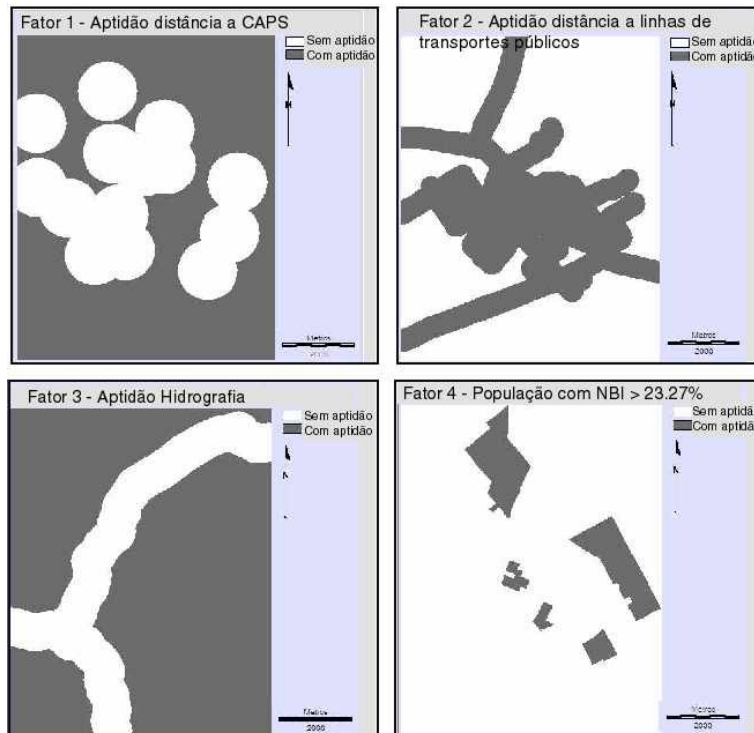
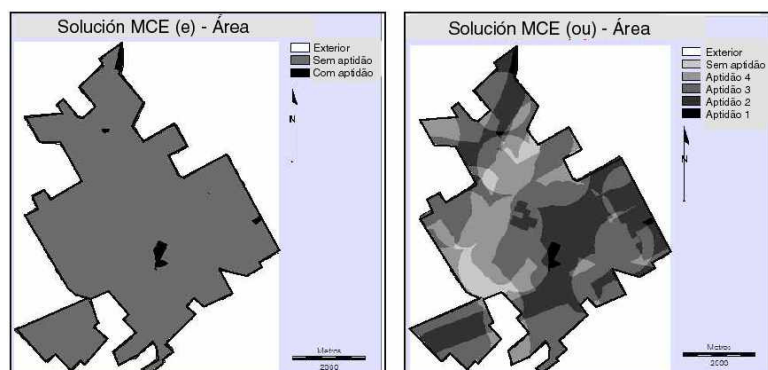


Figura 5 - Resultados booleanos



A Solução EMC (*e*) possui 33 hectares com aptidão. A solução EMC (*ou*) identificou diferentes aptidões, onde o maior valor coincide como resultado anterior, em 33 hectares, o segundo tem 838 hectares, o terceiro 1.301 hectares, o quarto 598 hectares e 133 hectares sem prioridade.

Ambos os resultados mostram prioridades a considerar na tomada de decisões de localização. A primeira solução possui um risco mínimo e a segunda comum risco escalonado entre a lógica da intersecção (*e*) e a união (*ou*).

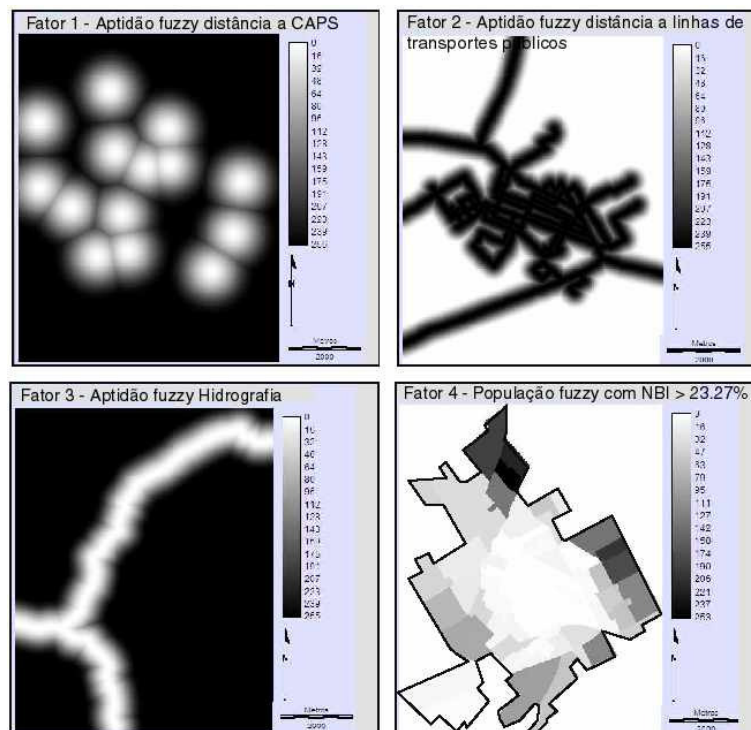
Determinação dos fatores *fuzzy*

O segundo passo metodológico é introduzir critérios conceituais para criar fatores, cuja principal característica é apresentar aptidões diferenciais e contínuas em valores que variam de 0 a 255. Na Figura 6 são mostrados com diferentes tons de cinza.

Esta abordagem corresponde à chamada lógica difusa, que destrói a dicotomia aptidão / não aptidão e gera superfícies com aptidão contínua onde antes havia limites abruptos (Burrough; McDonnell, 1998).

Os critérios conceituais utilizados foram respeitados e o resultado foi a aplicação de funções crescentes para a distância dos Centros de Atenção Primária de Saúde já existentes, a partir do rio e do NBI (o valor mais alto na aptidão para o maior valor da variável: distância de afastamento ou porcentagem de NBI) e função decrescente para o transporte público (quanto menor o valor da distância, maior a aptidão). A função sigmoial é aplicada e nos mapas distância pode-se ver claramente a fronteira difusa entre as categorias extremas de aptidão.

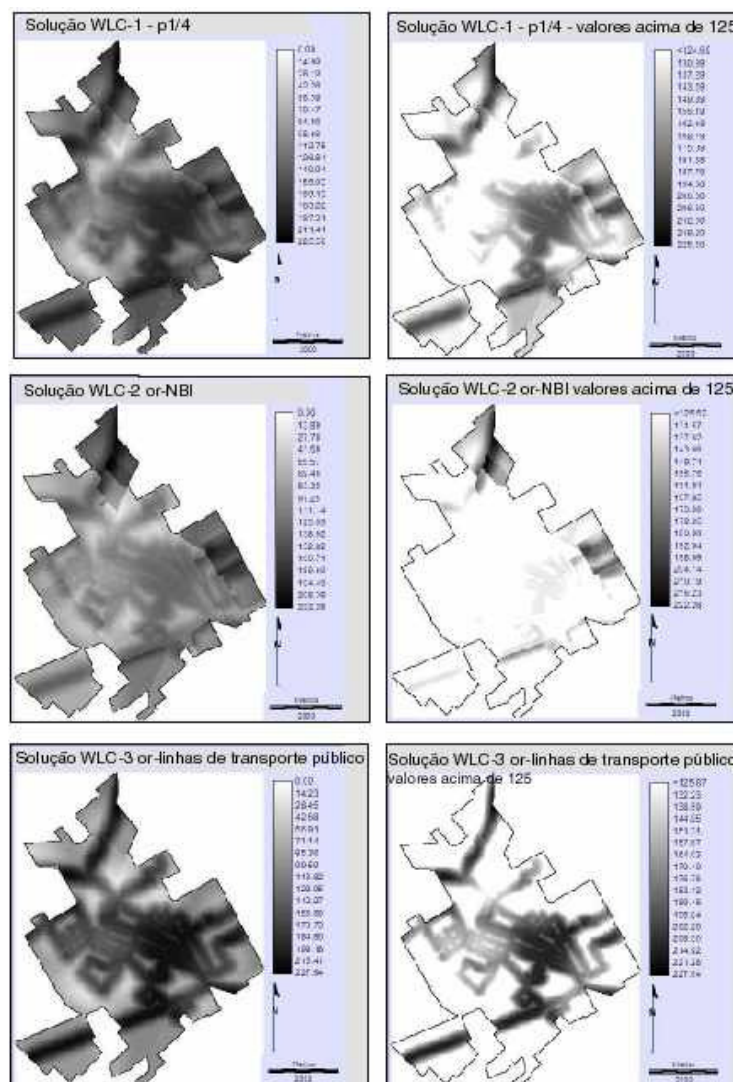
Figura 6 - Fatores contínuos (*fuzzy*)



Resultados obtidos pelo método de combinação linear ponderada

Foram obtidos três resultados principais (Figura 7). Todos eles utilizando metodologia WLC baseada em [7], utilizando como uma restrição da área da cidade e aplicando níveis de ponderação diferentes obtidos a partir de [3]. A solução WLC-1 utiliza pesos de 0,25 para cada fator, a solução WLC-2 voltada para o NBI (NBI0, 48-0, 24 rotas de transporte público-Centros de Atenção Primária de Saúde 0,16 – Hidrografia 0,12) e solução WLC-3 voltada para o transporte público (Transporte 0,48- Centros de Atenção Primária de Saúde 0,24 -NBI0,16 –Hidrografia 0,12). Cada um dos resultados foi claro em representações que apresentam a distribuição espacial dos valores acima de 125 pontos.

Figura 7 - Resultados obtidos por WLC



As soluções WLC-1, WLC-2 e WLC-3 possuem valores diferentes da aptidão em toda a cidade. Considerando as pontuações mais altas, as zonas de maior aptidão têm superfícies de 1.060 hectares, 238 hectares e 1.193 hectares respectivamente.

A escolha do sítio de aptidão como resultado final deve ser realizada a partir da análise de todos os resultados apresentados nas figuras 5 e 7.

Proposta de expansão espacial dos Centros de Atenção Primária de Saúde

As metodologias utilizadas para realizara avaliação multicritério (método booleano e de combinação linear ponderada) demonstraram uma boa capacidade para responder à pergunta que norteou a pesquisa: Onde localizar novos Centros de Atenção Primária de Saúde?

Com base nos resultados obtidos, emergem claramente duas grandes zonas de aptidão para localização de novos Centros de Atenção Primária de Saúde, ambas claramente visíveis em todos os resultados. A primeira está localizada ao Norte (Bairros: San Fermín, San Pedro, San Jorge e Santa Marta) e a segunda a Leste (Bairros: Ameghino, Elli, Villa del Parque y Zapiola). O resultado é visto principalmente na solução WLC-2 e tem correspondência espacial com os outros resultados obtidos, tanto booleanos e WLC.

Assim, a partir da análise geográfica apresentou-se esta proposta na identificação de sítios de aptidão para localizar novos Centros de Atenção Primária de Saúde na cidade, principalmente através de uma tomada de decisão com base na dimensão espacial de serviços, uma dimensão importante na busca da eficiência e equidade na prestação de serviços de saúde para a população da área de estudo.

REFERÊNCIAS

- ANTHAMATTEN, P., HAZEN, H. **An Introduction to the Geography of Health**. London: Routledge, 2011.
- BARCELLOS, C., BUZAI, G.D. La dimensión espacial de las desigualdades sociales en salud. Aspectos de su evolución conceptual y metodológica. Luján: **Anuario de la División Geografía de la Universidad Nacional de Luján**. 2006, p.275-292.
- BURROUGH, P.A.; McDONNELL, R.A. 1998. **Principles of Geographical Information Systems**. Oxford University Press. Oxford.
- BUZAI G.D. **Geografía Global. El paradigma geotecnológico y el espacio interdisciplinario en la interpretación del mundo del siglo XXI**. Buenos Aires: Lugar Editorial, 1999.
- BUZAI G.D. Sistemas de Información Geográfica en Geografía de la Salud. En: Pickenhayn J. **Salud y enfermedad en Geografía**. Buenos Aires: Lugar Editorial, 2009.
- BUZAI G.D, BAXENDALE CA. **Análisis Socioespacial con Sistemas de Información Geográfica. Perspectiva científica / temáticas de base raster**. Buenos Aires: Lugar Editorial, 2011.
- CROMLEY, E.K., McLAFFERTY, S.L. **GIS and Public Health**. New York: The Guilford Press, 2012.
- CURTO S.I. Ambiente y Salud. En: Duran, D. **La Argentina Ambiental**. Buenos Aires: Lugar Editorial, 1998.
- DeMERS, M. **GIS Modelling in Raster**. New York: John Wiley & Sons, 2002.
- DIAZ JUNQUEIRA, R. Geografía Médica e Geografía da Saúde. **Hygeia**. 2009, v.5 n.8, p. 57-91.
- EASTMAN, J.R., KIEM, P.A.K., TOLEDANO, J., JIN, W. **GIS and Decision Making**. Geneva: United Nations Institute for Training and Research, 1993.

- GARROCHO, C. **Análisis socioespacial de los servicios de salud**. Zinacantepec: El Colegio Mexiquense, 1995.
- GATRELL, A.C., ELLIOTT, S.J. **Geographies of Health: An Introduction**. London: Blackwell, 2009.
- GÓMEZ DELGADO, M., BARREDO CANO, I. **Sistemas de Información Geográfica y evaluación multicriterio en la ordenación del territorio**. México: Alfaomega-Rama, 2006.
- JIANG, H., EASTMAN, J.R. Application of fuzzy measures in multi-criteria evaluation in GIS. **International Journal of Geographical Information Sciences**. 2000, v.14 n.2, p. 173-184.
- KOCH, T. **Geographies of Disease: Maps, Mapping, and Medicine**. Redlands: ESRI Press, 2005.
- LANG, L. **GIS for Health Organizations**. Redlands: ESRI Press, 2002.
- MALCZEWSKI, J. **GIS and multicriterial decision analysis**. New York: John Wiley & Sons, 1999.
- MEADE, M.S., EMCH, M. **Medical Geography**. New York: The Guilford Press, 2010.
- OLIVERA, A. **Geografía de la Salud**. Madrid: Síntesis, 1993.
- OPS. **Sistemas de Información Geográfica en Salud**. Conceptos Básicos. Washington DC: Organización Panamericana de la Salud, 2002.
- RAMÍREZ, M.L. La moderna Geografía de la Salud y las Tecnologías de la Información Geográfica. **Revista Investigaciones y Ensayos Geográficos**. 2004, v.4 n.4, p. 53-64.
- SANTOS, S.M., BARCELLOS, C., Orgs. **Abordagens espaciais na Saúde Pública**. Brasília: Ministério da Saúde- Fundação Fiocruz, 2006.
- SANTOS, S.M., SOUZA SANTOS, R, Orgs. **Sistemas de Informações Geográficas e análise espacial na saúde pública**. Brasília: Ministério da Saúde-Fundação Fiocruz, 2007.