

**O USO DOS SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA (SIG) NO ESTUDO DA
ACESSIBILIDADE FÍSICA AOS SERVIÇOS DE SAÚDE PELA POPULAÇÃO RURAL:
REVISÃO DA LITERATURA**

**THE USE OF GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM (GIS) IN STUDY OF
ACCESSIBILITY TO HEALTH CARE BY RURAL POPULATIONS: A LITERATURE
REVIEW**

Ricardo Vicente Ferreira

Prof. Dr. do Instituto de Geografia da UFU/MC
rvicenteferreira@yahoo.com.br

Jorge da Graça Raffo

Prof. Dr. do DGEO/FFLCH/USP
jgraffo@usp.br

RESUMO

As questões geográficas que interferem na equidade ao atendimento à saúde caracterizam alguns dos aspectos da acessibilidade. Este artigo faz uma revisão das pesquisas que tratam do acesso das populações rurais aos serviços de saúde e fazem uso dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG) como instrumento de análise. A distribuição dos serviços e dos pacientes envolve fatores da separação espacial, e sobre essa questão, a presente abordagem faz um recorte específico das metodologias de estudo do acesso aos serviços de saúde, tendo como apoio as tecnologias dos SIG.

PALAVRAS-CHAVE: Acessibilidade; Serviços de Saúde; Sistemas de Informação Geográfica.

ABSTRACT

The geographical questions that affect the equity to healthcare characterize some aspects of accessibility to health. This article makes a review of studies that analyze the access of rural populations to health services through Geographic Information System (GIS). The distribution of services and patients implies in spatial separation issues. The present research review analyses methodologies on the use of GIS, that is an important technology in data analysis and elements that have spatial characteristics.

KEYWORDS: Accessibility; Health Care Services; Geographic Information Systems (GIS).

INTRODUÇÃO

No campo da saúde pública o estudo da acessibilidade ocupa um lugar especial e várias pesquisas têm sido conduzidas com objetivo de melhor compreender como as populações acessam serviços e atendimentos necessários às suas diferentes necessidades médicas. Muitas pesquisas sobre o acesso aos serviços de saúde, tendo por enfoque a separação espacial, têm sido realizadas em diversos países, denotando a importância de tal questão no debate acadêmico e, conseqüentemente, no planejamento em saúde pública. O aprofundamento desta questão pode ser analisado sob o enfoque da Acessibilidade aos serviços de saúde.

O presente texto faz uma revisão das pesquisas sobre a acessibilidade aos serviços de saúde e que são apoiadas pelos recursos do SIG. As concepções e propostas de análise da acessibilidade física

Recebido em: 09/08/2012
Aceito para publicação em: 27/11/2012

das populações rurais aos serviços de saúde são revisitadas, mas, se além a uma literatura específica, que versa sobre aspectos da separação espacial.

SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA

Diversos trabalhos e publicações têm definido o que são os SIG. Hoje há uma ampla literatura sobre o assunto, que trata desde a arquitetura informacional que compõe esses sistemas, passando por aspectos do gerenciamento das informações, representações, modelagens e aplicações. Nesse universo literário destacam: BURROUGH, 1986; ARONOFF, 1989; TOMLIN, 1990; PEUQUET e MARBLE, 1990; LAURINI; THOMPSON, 1992; MAGUIRE et al., 1993; BONHAM-CARTER, 1994; CÂMARA et al., 1996; BERNHARDSEN, 1999.

Em linhas gerais, um SIG pode ser descrito como um sistema de apoio à decisão que envolve um conjunto de funções automatizadas com capacidade de armazenamento, gestão, transformação e visualização de dados espacialmente referenciados.

No que diz respeito à construção de modelos de análises quantitativas, os SIG são os sistemas mais bem equipados para o tratamento da informação espacial, permitindo o armazenamento, a manipulação, a recuperação e o gerenciamento de dados por meio do processamento digital. Essa é uma observação importante, pois ainda que seja possível o processamento de dados espaciais em meio analógico, a computação eletrônica redefiniu os SIG, caracterizando-o como uma tecnologia desenvolvida em softwares e hardwares de processamento de dados de informação geográfica. O potencial dessas tecnologias reside na estrutura de suporte à decisão e análise espacial, traduzindo o raciocínio do especialista quando esse faz referências aos fatos e elementos localizados no espaço.

Ao se utilizar das tecnologias da informação para construir análises e modelos o cientista está colocando em prática seu raciocínio, nesse caso, os recursos computacionais apenas auxiliam a compreensão de como se dão os complexos processos que operam no espaço e no tempo. (MAGUIRE, 2008, p.7). O estudo da informação espacial feito por diferentes ramos do conhecimento tem colaborado para redirecionar as pesquisas e aplicações no âmbito dos SIG. As mais variadas disciplinas que se utilizam da informação espacial têm se apropriado dos benefícios providos pelos SIG, não apenas usufruindo da praticidade de manipulação de dados, mas ampliando o conhecimento em termos científicos e de aplicações pelas possibilidades de expansão da análise dos fenômenos estudados. Os avanços feitos nesse sentido tem permitido uma melhor conceituação do que vem a ser "informação espacial" e possibilitado o encaminhado de estudos em SIG para a esfera da ciência, processo esse, ainda em curso.

As geotecnologias da informação são ferramentas adequadas para a gestão e análise de dados espaciais e podem oferecer novas oportunidades para pesquisa e planejamento em saúde. A aplicação de conhecimentos de SIG no campo da saúde pública tem atendido dois propósitos: o das pesquisas científicas sobre a espacialização de doenças; e às necessidades de planejamento e gestão dos serviços. Muitas indagações em pesquisas de saúde se resolvem na análise espacial das informações, portanto, a incorporação dos SIG é de fundamental importância na otimização das ações nessa área.

ACESSIBILIDADE FÍSICA AOS SERVIÇOS DE SAÚDE

Inicialmente convém verificar qual o significado do termo acessibilidade e como tem sido empregado pela saúde pública. Nesse campo do conhecimento, o termo denota vários aspectos, e por essa razão carece de uma taxonomia apropriada para não suceder conflitos de interesse.

Donabedian (apud Frenk, 1988, p.438) aponta que a acessibilidade é um aspecto dos recursos de atenção à saúde, e se define como um recurso de facilitação ou dificuldade do acesso sendo, portanto, um elemento mediador entre a oferta de serviços e uso potencial dos mesmos.

Para Frenk (1985, p.439), a questão fundamental do estudo da acessibilidade esta diretamente ligada à relação entre as características dos recursos de saúde e da população usuária. Dada à abstração dessa relação, a análise mais condicente para a investigação dessas duas instâncias seria tratando

da acessibilidade como o grau de ajuste entre ambas as pontas: serviços e usuários.

Na busca por uma especificação para o conceito de *acesso* no campo da saúde pública, Penschansky e Thomas (1981, p.127-140) o define com ênfase nos aspectos da localização, sintetizando um conjunto de dimensões que descrevem a relação entre o usuário e o sistema de saúde. Consideram questões taxonômicas que, num sentido geral, descrevem a relação entre o usuário e o sistema de serviço, a saber: a Disponibilidade, a Acessibilidade (física), a Acomodação, o Custeio e a Aceitação. Para esses autores a Acessibilidade (Física) se caracteriza pela adequação entre a distribuição geográfica dos serviços e dos pacientes, levando em conta o transporte, os modos e o tempo de viagem, distância e custo. Nesse caso as relações são dadas entre o lugar de atendimento e a localização do usuário dos serviços, inserindo aí informações sobre meios de transporte, tempo de viagem, distância e custos diversos. Essa dimensão é ampla e implica numa variedade de fatores que perpassam esferas distintas, como a geográfica, demográfica, física, de infra-estrutura e da administração. Na literatura especializada há uma diversidade de abordagens e propostas de investigações sob este enfoque, variando inclusive no emprego de distintos adjetivos que se reportam às questões da separação espacial:

Acessibilidade Física (JOSEPH; BANTOCK, 1982; BLACK et al. 2004; RAY; EBENER, 2008);

Acessibilidade Geográfica (BOSANAC; PARKINSON; HALL, 1976; THOUJEUZ et al., 1988; CROMLEY; McLAFFERTY 2002; BRABYN; SKELLY, 2002);

Acessibilidade Espacial (LUO, 2003, 2004; GUAGLIARDO, 2004; LANGFORD; HIGGS, 2006; CINNAMON; SCHUURMAN; CROOKS, 2008);

Acessibilidade a Serviços de Saúde (HIGGS; WHITE, 1997; PARKER e CAMPBELL, 1998; MARTIN et al., 2002; MURAWSKI e CHURCH, 2009; LOVETT et al., 2002).

Dada a amplitude dessa abordagem, aqui se propõe um recorte específico que se faz sobre as relações estabelecidas entre o espaço físico, os sistemas de transporte, fatores socioeconômicos, culturais e a localização das atividades de saúde. Tais relações adentram questões relativas à mobilidade das populações e a facilidade que estas têm para chegar aos serviços de saúde partindo das habitações rurais. Nesses espaços as pessoas necessitam se deslocar até as áreas urbanas para obter atendimento à saúde, e é sobre estes fatores da separação espacial que aqui se verifica as proposições de estudo da acessibilidade.

O ENFOQUE ESPACIAL DA ACESSIBILIDADE REAL E POTENCIAL AOS SERVIÇOS DE SAÚDE

De acordo com Shannon et al. (1969, p.143), as primeiras atenções dadas ao conceito de distância entre pacientes e provedores de serviços de saúde data da década de 1920. Nos estudos pioneiros, é mostrada a distribuição dos serviços, bem como as relações de utilização e de distância. Segundo os autores, nesses trabalhos é possível constatar que a distribuição dos serviços de saúde é desigual em relação à população.

Desde então, várias pesquisas têm tratado da acessibilidade aos serviços de saúde, em sua maioria conduzidos por pesquisadores de (e em) países desenvolvidos e apoiados pelos SIG, sendo hoje identificado uma diversidade de resultados, produtos de aplicações metodológicas, estudos de caso, proposições de conceitos e indicadores de medida.

Desde a abordagem de Shannon (1969, p.143-161) as preocupações repousam sobre as dificuldades de se medir distâncias, definir a acessibilidade física de uma maneira apropriada e em considerar a variabilidade de fatores que interferem nessas medidas. A observação das pesquisas sobre acessibilidade aos serviços de saúde pela população rural permite depreender diferentes metodologias que são especificadas por contextos geográficos variados, exigindo assim encaminhamentos também diversos.

Segundo Joseph e Bantock (1982, p. 86) a medida da acessibilidade a serviços de saúde pela distância pode ser vista a partir de duas abordagens tradicionais: (i) *Acessibilidade Real* e a (ii)

Acessibilidade Física Potencial.

(i) *Acessibilidade Real*: sob esse enfoque a investigação é encaminhada em bases empíricas, tratando da proporção da população que de fato utiliza os serviços de saúde. Nesses termos, para que uma pesquisa ocorra apoiada pelos SIG, deve-se necessariamente consultar informações fornecidas pelo sistema de saúde, analisando uma determinada realidade, por exemplo, a qualidade de atendimento dos postos de saúde ou a acessibilidade para a solução de um determinado tipo de doença, procurando a partir daí identificar padrões de comportamento que podem dar respostas para a melhor organização espacial dos serviços prestados. Estas medidas de acessibilidade tendem a se limitar a um dado comportamento no tempo e no espaço, relacionando-se com demandas e atendimentos que apontam para realidades específicas, por exemplo, um ou mais hospitais ou uma dada rede de atendimento.

(ii) *Acessibilidade física potencial*: trata da acessibilidade pela população em geral, considerando a capacidade e possibilidade da oferta de serviço. Nesse sentido, não implica em nenhuma interação real entre a demanda e o atendimento, mas a uma possibilidade de utilização dos serviços. Esta visão reitera uma colocação antes vista por Shannon et al. (1969, p.144) quando pontuam que todas as populações têm necessidades similares com relação ao acesso à saúde e isso implica em assumir que toda comunidade necessita de um dado número de médicos e serviços. A medida da *acessibilidade física potencial* vem ao encontro desse raciocínio e trata da questão da separação espacial de uma forma mais geral. Assim, considerando-se o alcance máximo de um determinado atendimento de saúde e assumindo que cada pessoa da área administrativa ou geográfica onde tal serviço se insere é um usuário potencial do mesmo, a medida de acessibilidade no espaço físico depende apenas da posição relativa da população ao provedor.

Na literatura especializada, as discussões sobre a acessibilidade real e potencial abrangem questões diversas que vão para além das medidas da separação espacial. Luo e Wang (2003, pág. 865) salientam que ambas as abordagens podem ser descritas em vertentes do acesso espacial ou não-espacial, ou seja, o fator distância como um facilitador ou barreira ao acesso geográfico, pode ou não estar em evidência. O acesso não-espacial sublinha as barreiras ou os facilitadores de natureza não geográfica, porém, são passíveis de serem mapeados, pois muitas vezes se reportam aos elementos que apresentam padrões espaciais, tais como: aceitação, acomodação, custeio, classe social, renda, gênero, entre outros.

Aqui, a ênfase no recorte espacial não deve mascarar uma realidade que é contundente no debate da acessibilidade aos serviços de saúde, que é a da dificuldade em se avaliar as necessidades de acesso e fazer proposições plenas das medidas reais e potenciais. Sobre essa questão Joseph e Phillip (1985, p.59) esclarecem que esta compreensão só é possível a partir de uma ampla pesquisa sobre a multiplicidade de fatores que se interpõem entre as necessidades de cuidados e o uso das instalações disponíveis para cada caso, sobretudo no da acessibilidade real. Tomando estas considerações como o ponto de partida para a seleção de pesquisas cuja atenção está no estudo da acessibilidade aos serviços de saúde apoiados pelos SIG, nos próximos itens apresentam-se distintas abordagens e metodologias sob esse enfoque.

O USO DOS SIG NA INVESTIGAÇÃO DA ACESSIBILIDADE DA POPULAÇÃO RURAL AOS SERVIÇOS DE SAÚDE: PROPOSTAS METODOLÓGICAS

Gravidade Espacial

Os indicadores de acessibilidade inicialmente desenvolvidos nos estudos em transportes, há algum tempo vem sendo adotados nas pesquisas da área de saúde. Desde meados da década de 1970, pesquisas científicas com foco voltado para medida de acessibilidade aos serviços de atendimento básico, hospitais e emergências tem recebido maior atenção por parte de programas de desenvolvimento e planejamentos em saúde (BLACK, M.; EBENER, S.; AGUILAR, P. N.; VIDAURRE, M.; EL MORJANI, Z., 2004; BRABYN, L.; BARNETT, R., 2004; CINNAMON, J.; SCHUURMAN, N.; CROOKS, V. A., 2008)

Segundo Guagliardo (2004, p.4), as proposições sobre as medidas de acessibilidade espacial em

saúde, geralmente se apóiam em métodos que podem ser classificados sinteticamente em quatro categorias: (i) *proporção provedor-população*; (ii) *distância até o provedor mais próximo*; (iii) *distância média até um conjunto de provedores*; e os (iv) *modelos gravitacionais de influência espacial*.

(i) *proporção provedor-população*. São modelos que calculam a proporção de provedores de serviços em relação à população em uma dada área. Essas áreas, em geral, são limites regionais, municipais ou administrativos definidos por políticas de saúde. A execução desse tipo de análise não requer necessariamente o uso de modelos cartográfico, e são de uso recorrente para a estimação da demanda de população assistida ou potencial para um determinado posto de atendimento ou centro provedor.

(ii) *distância até o provedor mais próximo*. Nesses índices a distância é geralmente calculada tendo como ponto de partida a residência do paciente ou o centro populacional de demanda, que costuma ser definido pelo centróide geométrico de polígonos censitários ou municipais. Esse modelo se difere do anterior principalmente por especificar a distância, que representa a relação de viagem do paciente ou comunidade até o(s) posto(s) de atendimento.

(iii) *distância média até um conjunto de provedores*. É uma medida combinada de acessibilidade e disponibilidade. Como no caso anterior, esse cálculo é feito a partir de um ou mais pontos onde habitam os pacientes ou população de interesse. A partir desse(s) ponto(s), determina-se a impedância média de viagem a todos os postos de atendimento dentro de uma área, que pode ser uma cidade ou região.

(iv) *modelos gravitacionais de influência espacial*. Esse é também um indicador que combina acessibilidade e disponibilidade de serviços. Esses modelos representam adequadamente o potencial de interação espacial de distância entre qualquer dado pontual referente a população e todos os pontos de serviços, podendo ainda levar em conta a impedância, que é o coeficiente de aumento de tempo de viagem provocado por diversos fatores que podem incluir desde a qualidade das estradas até a possibilidade financeira de acesso a um veículo adequado ao transporte entre outras coisas.

Guagliardo (2004, p.5) destaca que os modelos gravitacionais são os que fornecem medidas mais válidas de acessibilidade espacial tanto para áreas urbanas como rurais. A adoção de modelos de gravidade espacial tem sido recorrente nas pesquisas em acessibilidade da população rural. Sob essa perspectiva, o trabalho de Shannon et al. (1969, p.143-161) é uma importante referência, nele se propõem a aplicação do modelo gravitacional para a medida de acessibilidade das populações até os centros de atendimento à saúde, chamando a atenção, em particular, para a importância em se identificar elementos e fatores que implicam em restrições para o deslocamento das pessoas no espaço.

Os índices de acessibilidade espacial propostos no campo da saúde são de complexidade variada, mas em geral, todos se caracterizam por um critério comum que é o da dependência da distância. Com base nas considerações de Guagliardo (2004, p.5) e Thouez, Bodson e Joseph (1988, p.36) pode-se indicar que os encaminhamentos mais significativos têm sido feitos com base no modelo de gravidade espacial.

O modelo original pressupõe que o potencial de acessibilidade de um dado serviço se dá por uma relação direta com número de serviços disponíveis num dado limite de abrangência de viagens de uma população, e numa relação inversa às distâncias que separam cada localidade desses mesmos serviços. Formalmente, o modelo se expressa na seguinte fórmula:

$$A_i = \sum_j S_j / d_{ij}^\beta$$

A_i é a acessibilidade espacial ou o acesso potencial que pode ser calculado para uma população ou mesmo uma residência localizada no ponto i .

S_j é a capacidade do serviço disponibilizada no local ou área j . Geralmente essa capacidade é dada pelo total de profissionais em atividade, mas pode ser alguma outra medida, por exemplo, o número de postos de saúde da cidade.

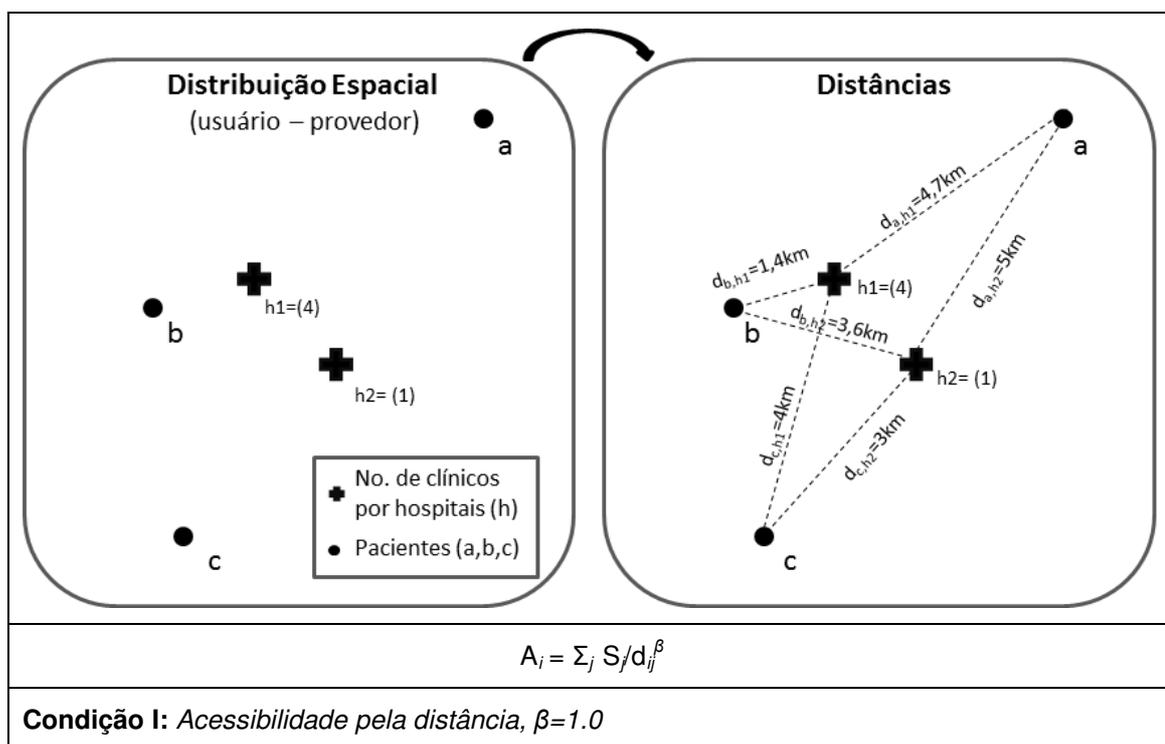
d é a impedância de viagem, podendo ser, por exemplo, a distância ou o tempo de viagem entre os pontos i e j .

β é um coeficiente de decaimento, por vezes referindo-se ao coeficiente de atrito de viagens. No caso, β representa a dificuldade de se viajar. Assim, a acessibilidade espacial melhora à medida que aumenta a soma dos serviços disponíveis (numerador) ou a soma das impedâncias de viagens diminuem (denominador). Altos valores refletem alto nível de acessibilidade, esse caso ocorrerá quando a população habitar próximo aos serviços de saúde.

No modelo gravitacional clássico, a acessibilidade é diretamente proporcional à atratividade e inversamente proporcional à distância elevada à potência dois ($\beta=2$), esse modelo reproduz uma concepção proveniente da física Newtoniana, mas conforme Cromley e McLafferty (2002, p.247), não há motivos claros para se adotar tal modelo no caso de aplicações em saúde. A utilização de dados empíricos sobre os usuários dos serviços deve buscar por um expoente que melhor represente a realidade, todavia, na maioria dos estudos encaminhados empiricamente, os resultados variaram o valor do expoente entre 1.0 a 2.0.

A título de exemplo são mostradas duas situações na figura 1, a acessibilidade em função unicamente da distância e a acessibilidade considerando-se um fator de impedância, no presente caso, o tipo de veículo de transporte. Este fator aparece indicado no expoente β . Na condição (I) o expoente é igual a 1,0 e o fator preponderante na interpretação do índice é unicamente o espaço que separa os usuários dos provedores. Na condição (II) o elemento “tempo de viagem” é evidenciado pelo modo de transporte adotado pelos pacientes e isso reflete no expoente da distância. Nesse sentido, o fato de o usuário “b” não possuir carro próprio, não o colocou numa condição de desvantagem em relação ao usuário “a”, pois a distância até o hospital 1 (h1) é um elemento importante e age em seu favor, por outro lado, o acesso de “a” ao hospital 2 deve ser visto com reservas caso o critério “modo de transporte” esteja em curso. Como pode ser visto, nesse caso há uma diminuição do índice de acessibilidade entre a situação 1 para a 2 na ordem de 51%.

Figura 1 - Exemplo da variação do Índice de Acessibilidade pela gravidade espacial



$$A_a = (h1/d_{a,h1}^{1,0})+(h2/d_{a,h2}^{1,0}) = (4/4,7^{1,0})+(1/5^{1,0}) = 0,85+0,2 = \underline{1,05}$$

$$A_b = (h1/d_{b,h1}^{1,0})+(h2/d_{b,h2}^{1,0}) = (4/1,4^{1,0})+(1/3,6^{1,0}) = 2,85+\mathbf{0,27} = \underline{3,12}$$

$$A_c = (h1/d_{c,h1}^{1,0})+(h2/d_{c,h2}^{1,0}) = (4/4^{1,0})+(1/3^{1,0}) = 1,00+0,33 = \underline{1,33}$$

Condição II: Acessibilidade considerando o modo de transporte:

“a” tem carro particular ($\beta=1,0$); “b” não tem carro, mas tem acesso a transporte público ($\beta=1,5$); “c” não tem carro e nem acesso a transporte público ($\beta=2,0$).

$$A_a = (h1/d_{a,h1}^{1,0})+(h2/d_{a,h2}^{1,0}) = (4/4,7^{1,0})+(1/5^{1,0}) = 0,85+0,2 = \underline{1,05}$$

$$A_b = (h1/d_{b,h1}^{1,5})+(h2/d_{b,h2}^{1,5}) = (4/1,4^{1,5})+(1/3,6^{1,5}) = 2,42+\mathbf{0,14} = \underline{2,56}$$

$$A_c = (h1/d_{c,h1}^{2,0})+(h2/d_{c,h2}^{2,0}) = (4/4^{2,0})+(1/3^{2,0}) = 0,25+0,11 = \underline{0,36}$$

Para qualquer região geográfica os efeitos da atratividade dos serviços e das distâncias dos usuários variam ao longo do tempo, e o efeito da impedância pode variar significativamente de uma realidade socioeconômica e geográfica para outra. Segundo Cromley e McLafferty (2002, p.247), as pesquisas indicam que o expoente da distância tende a ser menor para as regiões mais centralizadas onde há melhores oportunidades de serviços, e, maiores para as regiões periféricas, mais distantes destas áreas. Assim, um expoente não pode ser transferido de um caso para outro, pois o arranjo geográfico, as características da população e dos serviços são distintos.

A calibração do expoente é o elemento fundamental para a medida de acessibilidade e sua determinação deve ser feita com base em critérios explícitos. Nesse sentido, o pesquisador é dependente de informações sobre as facilidades e dificuldades para se viajar, além de conhecer aspectos da realidade socioeconômicas da população, caso deseje identificar características mais específicas e assim ponderar os valores.

Como a formulação clássica do cálculo do modelo da gravidade espacial só leva em consideração o posicionamento espacial dos locais de atendimento e não sua qualidade, a referida qualificação dos locais pode ser calculada considerando, por exemplo, o número de médicos existentes em cada posto e para isso podem ser usados modelos matemáticos auxiliares para calcular o peso de cada centro de atendimento em função de número de clínicos. Desta forma, a demanda de atendimentos de uma dada localidade pode ser avaliada com base na disponibilidade relativa de clínicos ou serviços num dado espaço, considerando-se aí o adensamento (JOSEPH e BANTOC 1982, p.85-90)

Radke e Mu (2000, p.105-112) tomam o modelo de gravidade espacial como referência para desenvolver uma metodologia de medida da acessibilidade e assim definir zonas de atenção médica e estimar o potencial de famílias assistidas por postos de atendimento. O método calcula a relação de demanda de residentes dentro de uma área de serviço centrada na localização de um provedor de saúde e calcula a proporção de moradores que habitam as áreas onde os serviços de diferentes provedores se sobrepõem. As áreas de análise podem ser identificadas a partir de sobreposições espaciais de zonas de abrangência. As áreas de serviço são conjuntos decompostos de áreas em sobreposição.

A metodologia proposta por Radke e Mu (ibid.) foi revista por Luo e Wang (2003, p.865-884) e aprofundada, tornando-se mais eficiente pela incorporação da decomposição espacial de áreas de abrangência, denominada *“two-step floating catchment area method”*, ou seja, método em dois passos para captar áreas flutuantes. Segundo Luo (2004, p. 94) este método é de fácil aplicação pela base SIG, pois se utiliza de ferramentas básicas de medidas de distâncias e de análise espacial por sobreposição de mapas. O método em questão se desenvolve no seguinte encaminhamento: (i) desenho de um círculo de captação com centro no setor censitário. O raio do círculo deve atender

uma distância de viagem pré-definida para se obter atendimento médico; (ii) sobreposição dos círculos para determinar o número de pessoas e médicos que são capturados por cada círculo; (iii) cálculo da proporção de médicos por pessoas em cada círculo e indicação do valor para o setor censitário em consideração; (iv) repetição dos passos anteriores para todos setores censitários da região estudada; (v) análise dos resultados usando ferramentas de consulta espacial disponibilizadas nos SIG.

O método da decomposição espacial *2SFCA* recebeu atenção em pesquisas posteriores, pois se destacou ao atingir dois interesses importantes na pesquisa em acessibilidade em saúde pública: entender como a medida do modelo da gravidade espacial varia geograficamente e identificar os alcances dos serviços de saúde disponibilizados em uma determinada região geográfica. No entanto, a metodologia não ficou imune às críticas. Considerações foram feitas com relação ao método utilizado para o mapeamento do lugar de moradia das populações atendidas, no caso, foi tomado do centróide dos polígonos dos setores censitários como referência geográfica, e isso foi interpretado como um procedimento restritivo. Considerou-se que essa adoção generaliza demais a localização da demanda e sobre esse aspecto Langford e Higgs (2006, p.296) propuseram a adoção de outros procedimentos para o refinamento da localização das populações, esclarecendo que, na prática, há sempre uma situação pior de acessibilidade das áreas rurais do que a observada nas abordagens que se utilizam da referência baseada nos centróides destas zonas censitárias.

Relações entre Mobilidade e Acessibilidade e o uso de Sistemas de Informação Geográfica

A explicação das dificuldades para se locomover no espaço requer a observação de dimensões bem mais específicas da acessibilidade, que perpassam fatores socioculturais e econômicos, devendo-se considerar também, fatores subjetivos que se definem nas decisões e interesses particulares dos usuários e provedores. Assim, a observação da mobilidade e acessibilidade para uma dada região ou espaço geográfico pode não ser facilmente generalizada para outras situações aparentemente semelhantes, essa é uma questão que dificulta a definição de proposições investigativas gerais capazes de combinar esses dois elementos de maneira eficiente. Alguns estudos demonstram resultados particulares que se destacam pela originalidade da abordagem, mas reiteram a dificuldade para a obtenção de dados e formulações gerais de análise.

Lovett et al. (2002, p.97-111) realizaram uma investigação sobre a acessibilidade por carro e ônibus na região de Anglia Oriental (Inglaterra). Utilizando-se de técnicas de geoprocessamento, analisaram informações espaciais sobre os locais onde se realizam procedimentos cirúrgicos gerais; as características estruturais da rede rodoviária; a disponibilidade de transporte público, no caso, expresso pelas rotas de ônibus e outros meios de transporte coletivos utilizados pela comunidade local. O estudo valoriza a análise dos dados advindos do modo de transporte utilizado pela população e propõe medidas de movimento no espaço, tendo em vista a estimação do tempo de viagem para atendimento à saúde. A organização da rede rodoviária, as velocidades praticadas, o tempo de espera e o tempo da viagem foram os aspectos indicativos da mobilidade geográfica aos serviços. Os autores destacam que a confidencialidade dos dados mantida pelas instituições de saúde é um complicador para a obtenção informações sobre os registros de pacientes.

Martin et al. (2002, p.3-13) reforçam que a medida da acessibilidade depende das bases de informações que especificam quais são os meios de transporte utilizados e qual o tempo de viagem calculado. Criticam o método adotado por Lovett et al. (2002, p.97-111) para compor a medida de acesso, pois integram na análise informações de fontes distintas, no caso, utilizam-se de dados do departamento transportes e dados de pacientes dos serviços de saúde.

As medidas de acessibilidade com base na rede de transportes geralmente são apoiadas pelos SIG e nesses casos a atenção se faz principalmente no tempo de viagem gasto para se percorrer os perímetros das vias de circulação.

Na busca por respostas para a dimensão espacial da acessibilidade orientada à medicina paliativa, Cinnamon, Schuurman e Crooks (2008) selecionaram serviços que oferecem atendimento especializado na região da Columbia Britânica (Canadá) e calcularam a área de cobertura com base na rede rodoviária e no limiar de tempo de uma hora de viagem. A análise da *acessibilidade potencial*

é verificada na cobertura espacial do serviço, tendo como base o tempo de viagem. Os resultados oferecem elementos importantes para o julgamento das áreas carentes e que necessitam de maiores atenções por parte do sistema público de saúde. Segundo os autores, a melhoria do acesso espacial é potencialmente importante na redução do tempo de viagem dos pacientes, dos profissionais que fazem visitas domiciliares e dos profissionais que necessitam viajar para realizar suas atividades.

Murawski e Church (2009) propuseram um novo modelo para a melhoria da medida da acessibilidade sobre redes de transporte. O modelo chamado de *Maximal Covering Network Improvement Problem* (MC-PIN) (Problema da Melhoria da Rede de Máxima Cobertura) é formulado como um problema de programação linear inteira e pode ser aplicado pela base SIG. Neste estudo fica claro que, por vezes, a acessibilidade aos serviços de saúde deve ser vista como um fator crítico, que penaliza muitas pessoas em áreas rurais por reduzir a acessibilidade de alguns pela falta de estradas em condições adequadas para atender a população em todas as épocas do ano, tornando o acesso limitado em períodos de chuvas e submetendo as populações rurais à condicionante meteorológica. A pesquisa se utiliza de modelos que tratam da localização-alocação de serviços de saúde tendo em vista a maximização da acessibilidade. Nesse sentido é uma adoção nova, pois em geral os modelos são baseados no pressuposto de que as redes de transportes são estruturas estáticas e sempre disponíveis, e esse é um raciocínio inadequado para análises de áreas que são mais prejudicadas pelo acesso por vias de circulação.

A atual difusão dos SIG tem oportunizado a integração de conhecimentos de especialistas em saúde com o de desenvolvedores e usuários de sistemas computacionais, tendo em vista a construção de aplicativos e ferramentas de análise de dados espaciais. Um exemplo desta questão é identificada na pesquisa de Black et al. (2004, p.1-22), ao utilizarem os SIG para mensurar a acessibilidade física da população hondurenha aos atendimentos de saúde. A investigação empreendida por esses autores teve como principal objetivo a avaliação do uso dos SIG para melhorar a medida do acesso físico aos cuidados de saúde. Nessa pesquisa desenvolveu-se um módulo GIS chamado *AccessMod*, que funciona como uma extensão de análise espacial do *software ESRI ArcView 3.2*. Esse módulo permite investigações variadas a respeito da acessibilidade geográfica, como a modelagem pelo tempo de viagem; a análise da cobertura geográfica com base na disponibilidade dos serviços; a realização de projeções de rede de cobertura e a análise do custo/eficácia da mesma.

O uso dos SIG no estudo da Acessibilidade Real: aplicações e Estudos de Caso

Muitos estudos em acessibilidade são investigações que buscam por respostas sobre os problemas que implicam na falta de equidade no atendimento à saúde numa dada região geográfica. Nesses casos, as necessidades emergentes da comunidade são colocadas em evidência através de dados empíricos, por isso, atendem a uma dada circunstância cujos resultados dificilmente podem ser transferidos para outras realidades geográficas.

Os estudos de caso que adotam metodologias particulares e se utilizam de dados empíricos para identificar características menos gerais da acessibilidade geográfica, estão na verdade produzindo resultados muito mais adequados às distintas realidades, oferecendo respostas mais condizentes com a demanda específica do lugar geográfico. A compreensão dos problemas específicos da acessibilidade permite, portanto, a condução de medidas de planejamento exclusivas.

Numa pesquisa realizada em Lothian Oriental (Escócia), Parker e Campbell (1998, p.183-193) exploram o potencial dos SIG para identificar variáveis que influenciam no uso dos serviços de atendimento médico básico. Para isso investigaram a acessibilidade geográfica dos habitantes aos serviços prestados por dezoito médicos da região, especificando o tipo de atendimento buscado pelos pacientes. A pesquisa foi conduzida com base em relatórios de questionários aplicados pelo período de sete dias, com indagações a respeito dos meios de transporte utilizados, tempo de viagem, percepção da acessibilidade ao local de atendimento por parte dos pacientes. Os SIG foram usados para a aplicação de técnicas de geocodificação de endereços, análises de consultas espaciais, análises de redes (rodovias), recursos de *buffer*², *hull*³ e polígonos de *Thiessen*⁴ para se definir

² Mapa de distância que resulta de uma análise de proximidade e áreas de uma determinada dimensão são delimitadas em torno de um objeto espacial, por exemplo, ponto, linha ou zona.

medidas de acessibilidade a serviços primários. O trabalho destacou o potencial dos SIG nesse tipo de investigação, ressaltando a importância das ferramentas básicas de análise espacial como recursos que podem ser facilmente empregados no desenvolvimento de pesquisas que fazem uso da informação espacial.

Outro exemplo é visto na pesquisa de Patel et al. (2007, p.47-59), que utilizaram os SIG para avaliar e visualizar a acessibilidade da população cardíaca na província de Alberta (Canadá), considerando para isso as facilidades de acesso aos procedimentos de cateterismo cardíaco. Na pesquisa foram feitas análises espaciais com base nas orientações para a realização do primeiro contato médico em 90 minutos, levando em conta a viagem pelos modos de transporte aéreo e terrestre. Assim, avaliaram os lugares povoados que estão dentro de um tempo de transferência de 90 minutos para uma cidade que provê o atendimento especializado do cateterismo cardíaco e concluíram que 70% da população da região têm acesso ao atendimento em 90 minutos, mas com forte dependência no apoio do transporte aéreo. Cabe observar que a adoção do limiar de tempo de traslado foi um fator crítico na pesquisa e a medida de distâncias diretas (euclidiana) se mostraram adequadas para o modo de transporte aéreo, diferentemente das medidas em deslocamento terrestre, que tem forte dependência das distâncias medidas em rede.

No trabalho de Lopez e Aguilar (2004, p.185-209), a distribuição de serviços públicos de saúde dos municípios periféricos da região metropolitana da Cidade do México foi analisada no intuito de identificar possíveis desarmonias territoriais decorrentes das políticas sociais que regem a distribuição dos serviços de saúde. Os autores mostraram através de uma profunda investigação da esfera espacial, administrativa e das políticas públicas, que as decisões no campo da saúde promoveram, ao longo do tempo, uma distribuição desigual dos recursos, e isso se mostrou tanto nos recursos humanos (profissionais da saúde) quanto nos de equipamentos (hospitais e recursos). A ausência de uma concepção territorial no desenvolvimento das políticas de saúde resultou numa distribuição desequilibrada dos serviços médicos e, por conseguinte, as unidades médicas ficaram exageradamente alocadas nas áreas mais urbanizadas, causando segregação sócio-espacial devido às ações centralizadoras do sistema de saúde.

O uso de dados e informações que podem ser representados espacialmente não subentende que, nos estudos em acessibilidade, o uso dos SIG é uma condição *sine qua non* para a análise espacial, ou ainda que, o uso de representações cartográficas é indispensável para se chegar a uma compreensão dos fenômenos no espaço. Exemplo disso pode ser visto na pesquisa de Nemet e Bailey (2000, p.1197-1208), que estudaram a relação entre a distância e a utilização de serviços de saúde por um grupo de idosos residentes na zona rural de Vermont (EUA) e avaliaram a influência da separação espacial no acesso aos serviços. Os autores exploraram como se dão as atividades relativas às compras, às viagens até o local de trabalho, à localização da residência dos pacientes em relação aos serviços de saúde, o acesso ao transporte privado e associaram estas variações ao número de visitas aos médicos que prestam atendimento básico. Foi observado que o comportamento de uma atividade social sugere que a distância pode ser recompensada pelo estreitamento das relações sociais no interior da comunidade. Importa destacar que os resultados apresentaram importantes conclusões de ordem geográficas, dentre elas, a de que o aumento da distância do usuário até o provedor de serviços de saúde reduz a frequência da utilização que esse faz dos mesmos. Estas e outras conclusões puderam ser atingidas sem uso de mapas ou técnicas de geoprocessamento, no entanto, convém ressaltar que na maioria dos casos os SIG são recursos fundamentais para a investigação.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização dos SIG nos estudos de *Acessibilidade Real* oferece material mais refinado a respeito de uma dada situação problema e, em geral, se aplicam a uma realidade regional ou local específica e tendem a se desenvolver por metodologias particulares, adequadas às especificidades de cada caso

³ Análise espacial que retorna o menor polígono que envolve um grupo de objetos. É geralmente aplicado sobre conjunto(s) de pontos de um dado evento geográfico.

⁴ Polígonos resultantes da análise de proximidade a um objeto espacial e geram áreas com perímetros equidistantes aos pontos, linhas ou zonas de origem.

conforme o comportamento das variáveis ao longo do processo analítico. Há grande interesse por parte da pesquisa em saúde pública em compreender os problemas específicos do acesso e da acessibilidade, mas, em se pensando em novas metodologias apoiadas pelos SIG, identifica-se um paradoxo. Os estudos em acessibilidade real orientam medidas de planejamento menos gerais e atendem às necessidades de cada situação que é posta em análise. Isso é um ponto positivo, pois os resultados são diversos, porém, bem mais adequados às distintas realidades, uma vez que dão respostas condizentes com a demanda específica de cada lugar. Por outro lado, as aplicações dos SIG, nesse caso, tendem a se resumir a utilização de ferramentas de análises espaciais muito básicas, não avançando em novas programações capazes de atender as formulações teóricas e conceituais mais profundas das pesquisas sobre acessibilidade à saúde.

Já os estudos orientados pelas metodologias da *Acessibilidade Física Potencial* as aplicações são mais gerais, o que não impede o encaminhamento de análises mais sofisticadas, no entanto, a escala espacial de abordagem é geralmente mais ampla, por vezes compreendendo grandes regiões ou todo um país. Pode-se presumir que tais investigações são importantes para a orientação do planejamento em saúde, ou mesmo, para investigações exploratórias no nível local e regional, mas devem ser repensadas quando se pretende verificar casos que tratam de atendimentos médicos específicos ou têm relação com um município ou alguns postos de saúde. As avaliações mais gerais estão mais sujeitas às críticas, pois muitas respostas só podem ser obtidas nas peculiaridades da abordagem que, dependendo do objetivo, requerem uma investigação mais aprofundada. Os estudos nesse campo tem se mostrado mais importantes no desenvolvimento de sistemas de informação geográfica orientados à análise espacial em saúde pública, a exemplo dos resultados obtidos por Ray e Ebener (2008) no desenvolvimento de programas para computador; e Lou e Wang (2003) na elaboração de metodologia de análise da acessibilidade aos serviços de saúde.

Na realidade brasileira o plano de ordenamento do processo de territorialização da assistência à saúde objetiva definir prioridades de intervenção que atendam as necessidades de saúde da população, garantindo assim o acesso dos cidadãos a todos os níveis de atenção⁵. Esta é uma necessidade que perpassa questões da acessibilidade aos serviços de saúde em sua vertente espacial, que por seu turno, podem ser beneficiadas pelo uso dos SIG.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARONOFF, S. **Geographical information system**: a management perspective. Ottawa: WDL Publications, 1989.

BERNHARDSEN, T. **Geographic information systems: an introduction**. New York: Wiley, 1999.

BLACK, M.; EBENER, S.; AGUILAR, P. N.; VIDAURRE, M.; EL MORJANI, Z. Using GIS to Measure Physical Accessibility to Health Care. **International Health Users Conference**, Washington DC (2004).

BONHAM-CARTER, G. F. **Geographic Information Systems for Geoscientists**: Modelling with GIS. Pergamon Press, Oxford, 1994. p. 398.

BOSANAC, E. M.; PARKINSON, R. C.; HALL, D. S. Geographic Access to Hospital Care: A 30-Minute Travel Time Standard. **Medical Care**, Vol. XIV, No. 7. July 1976

BRABYN, L.; BARNETT, R. Population need and geographical access to general practitioners in rural New Zealand. **The New Zealand Medical Journal**. Vol. 117, No. 1199. August 2004. Disponível em: < <http://www.nzma.org.nz/journal/117-1199/996/>>. Acesso em 02/02/2009.

BRABYN, L.; SKELLY, C. Modeling population access to New Zealand public hospitals. **International Journal of Health Geographics**, 1:3. 2002. Disponível em: < <http://www.ij-healthgeographics.com/content/1/1/3>>. Acesso em: 15/03/2009

⁵ BRASIL, Ministério da Saúde. Secretaria de Assistência à Saúde. Departamento de Descentralização da Gestão da assistência. Norma Operacional da Assistência à Saúde: NOAS-SUS 01/02. Brasília, 2002.107p.

BURROUGH, P. **Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment**. Oxford, England, Oxford University Press, 1986. ARONOFF, S. Geographical information system: a management perspective. Ottawa: WDL Publications, 1989.

CÂMARA, G.; CASANOVA, M.A.; HEMERLY, A.S.; MAGALHÃES, G.C.; MEDEIROS, C.M.B. Anatomia de Sistemas de Informações Geográficas. 10ª Escola de Computação, Instituto de Computação, UNICAMP, Campinas, São Paulo, 1996.

CINNAMON, J.; SCHUURMAN, N.; CROOKS, V. A. A method to determine spatial access to specialized palliative care services using GIS. **BMC Health Services Research**, 8:140, 2008.

CROMLEY, E. K.; MCLAFFERTY, S. L. **GIS and Public Health**. New York: Guilford Publications, 2002. pp. 233-259.

FRENK J. El concepto y la medición de accesibilidad. **Salud Publica Mexico**. 1985;27(5): 438-53

GUAGLIARDO, M. F. Spatial accessibility of primary care: concepts, methods and challenges. **International Journal of Health Geographics**, 3:3. 2004.

HIGGS, G.; WHITE, D. Changes in service provision in rural areas. Part 1: The use of GIS in analyzing accessibility to services in rural deprivation research. **Journal of rural studies**. Vol. 13, no. 4, pp 441-450, 1997.

JOSEPH A. E.; BANTOCK P. R. Measuring potential physical accessibility to general practitioners in rural areas: a method and case study. **Social Science & Medicine**, 1982, 16:85-90.

JOSEPH, A. E; PHILLIPS, D. R. Accessibility and Utilization: Geographical Perspectives on Health Care Delivery. Nova York: Harper and Row, 1984. 214p.

LANGFORD, M.; HIGGS, G. Measuring Potential Access to Primary Healthcare Services: The influence of Alternative Spatial Representations of Population. **The professional Geographer**, 58(3) 2006 p.294-306.

LAURINI, R.; THOMPSON, D. Fundamentals of spatial information Systems. London: Academic Press, 1992. 680p.

LÓPEZ, F.; AGUILLAR, A. G. Niveles de cobertura y accesibilidad de la infraestructura de los servicios de salud en la periferia metropolitana de la Ciudad de México. Investigaciones Geográficas, **Boletín del Instituto de Geografía**, UNAM, Núm. 54, 2004, p. 185-209.

LOVETT, A.; HAYNES, R.; SUNNENBERG, G.; GALE, S. Car travel time and accessibility by bus to general practitioner services: a study using patient registers and GIS. **Social Science & Medicine** 55, 2002. p.97-111.

LUO, W. Using a GIS-based floating catchment method to assess areas with shortage of physicians. **Health & Place** 10, 2004, p.1-11.

LUO, W.; WANG, F. Measures of spatial accessibility to health care in a GIS environment: synthesis and a case study in the Chicago region. **Environment and Planning B: Planning and Design** Volume 30. 2003, p.865-884.

MAGUIRE, D. GIS and Science. New York: Esri: GIS Best Practices. **issue of ArcNews magazine** 2008. Disponível em: <<http://www.esri.com/library/bestpractices/gis-and-science.pdf>>. Acesso em: 17/09/2010

MAGUIRE, D; Goodchild, M.; Rhind, D. (eds.) **Geographical Information Systems**. volume I. John Wiley and Sons, 2 edition, 1993a.

MARTIN, D.; WRIGLEY, H.; BARNETT, S.; RODERICK, P. Increasing the sophistication of access measurement in a rural healthcare study. **Health & Place** 8, 2002. p.3–13.

MURAWSKI, L.; CHURCH, R. L. Improving accessibility to rural health services: The maximal covering network improvement problem. **Socio-Economic Planning Sciences** 43, 2009. p.102–110.

NEMET, G. F.O.; BAILEY, A. J. Distance and health care utilization among the rural. **Elderly. Social Science & Medicine** 50, 2000. p.1197-1208.

PARKER, E. B.; CAMPBELL, J. L. Measuring access to primary medical care: some examples of the use of Geographical information systems. **Health and Place**, vol. 4, no. 2, pp. 183-193, 1998.

PATEL, A. B.; WATERS, N. M.; GHALI, W. A. Determining geographic areas and populations with timely access to cardiac catheterization facilities for acute myocardial infarction care in Alberta, Canadá. **International Journal of Health Geographics**. 2007, 6:47.

PENCHANSKY, R.; THOMAS, J. W. The Concept of Access: Definition and Relationship to Consumer Satisfaction. **Medical Care**, Vol. 19, No. 2, p. 127-140 Published by: Lippincott Williams & Wilkins. Fev., 1981

PEUQUET, D. J.; MARBLE, D. F. (eds.) **Introductory Readings in Geographic Information Systems**. London: Taylor and Francis, 1990.

RADKE, J.; MU, L. Spatial decompositions, modeling and mapping Service regions to Predict access do social programs. **Geographic Information Science**. Vol. 6, no. 2, December 2000. p.105-112.

RAY, N.; EBENER, S. AccessMod 3.0: computing geographic coverage and accessibility to health care services using anisotropic movement of patients. **International Journal of Health Geographics** 7:63. 2008.

SHANNON, G. W.; BASHSHUR, R. L.; METZNER, C. A.: The concept of distance as a factor in accessibility of health care. **Med. Care Rev.** 26:143, 1969.

THOUEZ, J. M.; BODSON, P.; JOSEPH, A. E. Some Methods for Measuring the Geographic Accessibility of Medical Services in Rural Regions. **Medical Care**, Vol. 26, No. 1, Jan. 1988, p. 34-44.

TOMLIN, C. D. **Geographic information systems and cartographic modeling**. Prentice Hall, Englewood. Cliffs, New Jersey, 1990. 303p.