

Revista Brasileira de Cartografia (2015) N^o 67/1 15-34
Sociedade Brasileira de Cartografia, Geodésia, Fotogrametria e Sensoriamento Remoto
ISSN: 1808-0936

AVALIAÇÃO DE MODELOS DE LOCALIZAÇÃO PARA ANÁLISE DA DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE UNIDADES BÁSICAS DE SAÚDE

Evaluation of Locations Models for Spatial Distribution Analysis of Basic Health Units

**Beatriz Goudard¹; Francisco Henrique de Oliveira²
& Jéssica Gerente²**

**¹ Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil**

Rua Vereador Ramon Filomeno, 255 - Apto 904, Itacorubi, Florianópolis/SC, CEP: 88034-495, Brasil
beatriz_goudard@hotmail.com

**² Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC
Laboratório de Geoprocessamento da UDESC - Geolab
chicoliver@yahoo.com.br, jessicagerente@gmail.com**

***Recebido em 10 de Janeiro, 2014/ Aceito em 10 de Abril, 2014
Received on January 10, 2014/ Accepted on April 10, 2014***

RESUMO

A implantação das Unidades Básicas de Saúde (UBS) em determinado bairro/localidade visa atender adequadamente as demandas da população do entorno em consonância com os recursos públicos disponíveis. Este trabalho apresenta um estudo sobre a localização das UBS na cidade de Joinville-SC, iniciando com uma avaliação da atual localização e posteriormente propondo locais para implantação de novas unidades. O estudo é executado através dos recursos de análise espacial e de rede disponível nos Sistemas de Informações Geográficas (ArcGIS) e também por meio da aplicação do *software* CPLEX. Os modelos de localização p-mediana e máxima cobertura são utilizados como base matemática para os *software* na definição locacional das UBS. A partir da análise da configuração atual da localização das unidades foram realizadas avaliações considerando os centroides dos setores censitários, a renda e a demanda correspondente a cada setor e os raios de abrangência de cada unidade. Os modelos p-mediana e máxima cobertura, através do uso tanto do CPLEX quanto do SIG, apresentaram as localizações ótimas para comparação com as atuais unidades implantadas, bem como foram definidas as distâncias máximas de caminhada da demanda até a oferta e observou-se a necessidade de novas unidades. Foram realizadas também simulações com crescimento populacional projetado para o ano de 2020, com incremento de 11 novas unidades e através dos modelos de localização foram definidos locais adequados para implantação destas unidades. Realizou-se também uma simulação de localização de novas unidades apenas para os setores censitários com menor renda. As ferramentas e modelos utilizadas apresentaram resultados satisfatórios e maior compreensão através da visualização espacial destes, mostrando-se eficientes ao planejamento de localização de unidades básicas de saúde.

Palavras-chave: Análise Espacial, Modelos Locacionais, Unidades Básicas de Saúde.

ABSTRACT

The implementation of Basic Health Units (BHU) should attend the growing needs of citizens and the scarcity of public resources. This article describes a study about the optimal location of the BHU in Joinville, a city in the south of Brazil,

starting with an evaluation of the locations of the existents BHU and suggesting new places for implant other Units. The Geographical Information System (ArcGIS) and the CPLEX Software are used to elaborate the net and spatial analysis. The mathematical basis of these software are the p-median and maximum coverage location models, and are used to define the locations of the BHU. Evaluations of the census tracts centroids were made using the actual configuration and location of the BHU, as well as the income and demand of the health services of each sector and the coverage radius of each one. The p-median and maximum coverage models, in both CPLEX and GIS software, presented the optimum locations for comparison with current deployed units, restraints as the maximum walking distance of demand to a unit were set up and the necessity of new units were showed. Population growth simulations were made up to year 2020, resulting in the need of 11 new units and the exact location of each one were defined through localization models. Furthermore, simulations were made only to the census tracts with lower income. The tools and methods used gave satisfactory results and broader the comprehension through the visual locations of the BHU, and therefore efficient to help the planning locations of these units.

Keywords: Spatial Analysis, Location Models, Basic Health Centers.

1. INTRODUÇÃO

A realidade dos centros urbanos brasileiros caracteriza-se com problemas que desafiam as três esferas de governo na busca por soluções eficientes. Entre estas soluções, os órgãos governamentais consideram a implantação otimizada de equipamentos urbanos comunitários, com atendimento eficiente à população, o gargalo do planejamento e gestão territorial urbana. Com o inchaço urbano ocorrido nas últimas décadas nas cidades brasileiras, a necessidade de adequar a demanda aos equipamentos urbanos disponíveis ou a serem implementados é um fator essencial à satisfação das necessidades básicas da população e ao oferecimento de uma qualidade de vida adequada.

Dentre os equipamentos urbanos comunitários, destacam-se as unidades básicas de saúde (UBS) popularmente conhecidas como postos de saúde, cujo planejamento envolve a necessidade de atender satisfatoriamente a demanda populacional, atrelada aos recursos públicos disponíveis, bem como sua eficiente localização, distribuição espacial e abrangência no atendimento.

Diferentemente dos serviços de emergência, nos quais o tempo de resposta deve ser priorizado, a implementação das UBS deve ser pensada de modo a estarem localizadas o mais perto possível da demanda a ser atendida. Desta forma os modelos de localização usualmente utilizados são o p-mediana e o de máxima cobertura.

Muitos fatores influenciam na localização de uma UBS, entre os quais ressaltam-se: oferta existente, demanda, renda da população, e distância entre a oferta e demanda. Apesar

da redução das taxas de natalidade, as UBS continuam igualmente necessárias, pois a idade média da população tem ampliado. Assim, além das taxas de natalidade é necessário um estudo de densidade populacional nas cidades na busca da otimização do número e local das UBS, principalmente em grandes centros urbanos, exigindo avaliações constantes da rede de saúde.

Os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) desempenham importante papel no auxílio aos gestores para entender a saúde da população, bem como para tomar decisão referente sobre a localização, concentração e perfil de atendimento das UBS nos centros urbanos. Ressalta-se que por meio do aprimoramento dos modelos matemáticos dedicados às análises espaciais e de rede, disponíveis nos SIGs, é possível aprimorar a compreensão espacial das necessidades de saúde e planejar intervenções eficazes. Como produto tem-se, por exemplo, mapas temáticos que representam as especializações dos problemas e das suas potenciais soluções, portanto tornam-se documentos atrativos ao leigo, compreensivos ao tomador de decisão, caracterizando com eficiência diferentes cenários, situações e enfatizando geograficamente a delimitação das áreas de abrangência/responsabilidade das unidades de saúde.

O objetivo deste estudo é avaliar a localização atual das UBS da cidade de Joinville e como estas se comportam frente a alguns parâmetros locais, bem como verificar se o número existente é suficiente para atender toda a cidade e, caso necessário, propor locais para implantação de novas unidades. Pretende-se também comparar e analisar a qualidade da solução para os modelos de localização das

UBS geradas pelo ArcGIS e pela soluções ótimas obtidas com a aplicação dos modelos matemáticos exato obtidas através do *software* CPLEX.

2. AS CIDADES E OS EQUIPAMENTOS URBANOS

Os grandes centros urbanos apresentam maior concentração de população e consequentemente maiores problemas sociais e ambientais e, em geral, a expansão populacional não é acompanhada pelo crescimento de equipamentos e infraestruturas urbanas.

Observa-se que a legislação brasileira tem avançado no sentido de mitigar e minimizar os problemas urbanos por meio da implantação de Planos Diretores Municipais. Os planos diretores têm permitido um melhor ordenamento e uso do solo, buscando levar em consideração os aspectos legais e institucionais envolvidos nas ações antrópicas de uma sociedade.

Dreux (2004) destaca que entre as diretrizes básicas inseridas nos Planos Diretores tem-se: 1) a promoção da qualificação e/ou implantação de espaços públicos de lazer e recreação; 2) a promoção da ampliação e qualificação dos equipamentos urbanos básicos, entre outras.

Rossetto (2003) destaca as diretrizes básicas que orientam o (re)ordenamento territorial na construção das políticas urbanas, segundo art. 2º da Lei 10.257 (Estatuto da Cidade), entre as quais destaca-se a oferta de equipamentos urbanos e comunitários, transporte e serviços públicos adequados aos interesses e necessidades da população e às características locais; entre outros itens.

Segundo Maricato (1995), a ineficácia na provisão de equipamentos e serviços urbanos que atendam à população é uma realidade percebida em grande parte das cidades brasileiras.

É importante destacar que o planejamento prévio à implantação de equipamentos urbanos tem a disposição uma série de ferramentas de análise espacial e de rede, bem como uma farta legislação que pode contribuir para que as cidades se estruturam eficientemente atendendo as demandas dos cidadãos.

2.1 Equipamentos Urbanos Comunitários (EUC)

A maioria das cidades brasileiras cresce de forma espontânea, sendo que as ações de

planejamento são muitas vezes corretivas e não propositivas. Desta forma, ao se pensar a cidade é importante levar em conta a provisão de serviços e equipamentos urbanos.

Neste sentido é relevante observar o que Dreux (2004) afirma sobre os critérios utilizados para determinar os índices urbanísticos (como a densidade demográfica, área construída, taxa de permeabilidade, etc.) os quais devem definir as formas de distribuição de equipamentos, serviços urbanos e áreas de lazer. Segundo a autora esta distribuição deve atender a população de forma a manter distâncias adequadas entre as áreas de trabalho, habitação e entretenimento.

Barreiros e Abiko (1998) destacam que a existência de índices urbanísticos mínimos começou a proteger toda a comunidade urbana, pois passou-se a contar com a criação de novas áreas para abrigar os equipamentos de suporte às atividades e serviços públicos (escolas, creches, unidades de saúde, postos policiais, equipamentos urbanos de infraestrutura, etc.), além de prover as cidades com mais áreas verdes e espaços para o lazer. No entanto, é necessário que estes índices sejam definidos de acordo com as necessidades e peculiaridades de cada cidade, não devendo ser utilizados como modelos a serem copiados sem haver uma adequação à realidade local.

Almeida (2010) afirma que ao analisar-se a ocupação territorial de uma cidade é preciso levar em conta as nuances existentes entre as diferentes populações que compõem o espaço. Segundo o autor, existem dois tratamentos distintos nas áreas urbanas brasileiras: de um lado a cidade formal privilegiada pelo acesso aos serviços públicos e seus equipamentos e de outro lado, a cidade informal que muitas vezes sofre com a ausência destes serviços.

Na Carta de Atenas, proclamada em 1933, foram estabelecidas as primeiras normas para provisão de equipamentos e serviços coletivos que atendam à população. A cidade deveria organizar-se para satisfazer quatro necessidades básicas: habitar, trabalhar, recrear-se (nas horas livres), circular (DREUX, 2004).

Depois desta Carta, outro documento importante para as cidades brasileiras foi a Lei Federal 6.766 de 1979 que dispõe sobre o parcelamento do solo urbano. Dentre os principais requisitos apresentados por esta lei e

que corroboram com este estudo é a necessidade da proporcionalidade entre a densidade de ocupação prevista para a gleba e as áreas de circulação, equipamentos urbanos e comunitários e espaços livres de uso público.

A referida lei também trouxe outra contribuição importante ao conceituar equipamentos urbanos e equipamentos comunitários (Capítulo II, artigos 4º e 5º), conforme segue:

- Consideram-se urbanos os equipamentos públicos de abastecimento de água, serviços de esgotos, energia elétrica, coletas de águas pluviais, rede telefônica e gás canalizado.
- Consideram-se comunitários os equipamentos públicos de educação, cultura, saúde, lazer e similares.

Para corroborar com a questão dos equipamentos urbanos, a Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, através da NBR 9284 (Equipamento Urbano), de 1986, define o conceito de equipamento urbano como sendo *“todos os bens públicos ou privados, de utilidade pública, destinados à prestação de serviços necessários ao funcionamento da cidade, implantados mediante autorização do poder público, em espaços públicos e privados”*.

Vale lembrar que a norma subdivide equipamento urbano em categorias e subcategorias sendo explicitadas as categorias: a) circulação e transporte; b) cultura e religião; c) esporte e lazer; d) infraestrutura; e) segurança pública e proteção; f) abastecimento; g) administração pública; h) assistência social; i) educação; j) saúde.

Para Couto (1981): os equipamentos comunitários são os destinados a atender às necessidades da comunidade que utiliza o solo urbano concernente ao próprio modo de viver e apesar da implantação de EUC ser uma obrigação do Poder Público, a iniciativa privada não está interdita de fazê-lo.

De fato, os equipamentos urbanos comunitários fazem parte dos anseios básicos da população, uma vez que estão inseridos tanto nos locais de moradia quanto de trabalho das diferentes comunidades que formam uma cidade, Silva (2001) e Arfelli (2004).

Segundo Moraes (2013) outra questão a ser abordada no estudo dos equipamentos urbanos comunitários é o fator acessibilidade.

A discussão sobre o tema é atual, uma vez que o aprimoramento da legislação o impôs como requisito para muitos projetos. Para este autor os EUC, devem ter acessibilidade no sentido mais amplo da palavra, servindo a todas as pessoas, ultrapassando as suas dificuldades, adaptando-se aos seus movimentos, pois se assim não forem, correm o risco de tornarem-se inóspitos.

Se por um lado os EUC servem de referência pela qualidade e satisfação no atendimento da população, por outro a inexistência ou qualidade destes pode destacar o descaso que o poder público tem para com seus habitantes. Isto ocorre porque estes equipamentos tem seu uso previamente definido não podendo deixar de cumprir o objetivo para o qual se destinam, pois se assim for, estará caracterizado o desperdício de dinheiro público. Ainda, caso o equipamento esteja ocioso é necessário avaliar a oferta e demanda da área de influência deste, buscando alternativas de uma possível relocação.

Considerando-se os equipamentos urbanos comunitários da saúde, o Ministério da Saúde estabelece que a atenção primária é constituída pelas unidades básicas de saúde (UBS) e equipes de saúde da família, enquanto o nível intermediário de atenção fica a encargo do SAMU 192 (Serviço de Atendimento Móvel as Urgência), das Unidades de Pronto Atendimento (UPA), e o atendimento de média e alta complexidade é feito nos hospitais (PAC2, 2011).

Alguns municípios estabelecem os atendimentos oferecidos nas UBS de acordo com a disponibilidade de especialistas, como pode ser observado, por exemplo em Londrina, que estabelece: *“A atenção básica ou a baixa complexidade são os serviços oferecidos pelas unidades básicas de saúde (UBS). O usuário deve procurar esse atendimento, que serve de porta de entrada para o sistema de saúde, para que seja classificado o tipo de assistência necessária... O Atendimento secundário ou de média complexidade atende casos de urgência e de emergência... A atenção terciária ou de alta complexidade atende os casos mais graves, incluindo internações, cirurgias, partos de risco, especialidades e assistência em unidade de terapia intensiva (UTI)”* (ABREU, 2011)

O estudo aqui apresentado está centrado nas unidades básicas de saúde (popularmente conhecidas como postos de saúde), no qual

não são realizados atendimentos emergências, e apenas atendimentos de baixa complexidade. Estas unidades, que podem ou não contar com equipes especializadas em Saúde da Família, são parte do Plano Nacional de Atenção Básica desenvolvido pelo Governo Federal no ano de 2006.

3. IMPLANTAÇÃO DE EQUIPAMENTOS URBANOS E MODELOS DE LOCALIZAÇÃO

Lima (2003) afirma que *“um dos problemas que afetam as cidades brasileiras é a falta de uma metodologia adequada para a implantação de infraestrutura pontual (escolas, postos de saúde, unidades de corpo de bombeiros, entre outros), também denominados de equipamentos coletivos públicos, e da utilização de modo racional desses equipamentos. Os problemas daí decorrentes são frequentemente agravados, no caso da imensa maioria das cidades médias brasileiras, pela ausência de planejamento urbano, de forma mais ampla”*.

Dreux (2004) destaca que os equipamentos urbanos comunitários devem ser realizados com base em parâmetros de implantação, com distâncias e dimensionamentos adequados. Segundo a autora a falta de critérios é notada em muitas prefeituras e inclusive na literatura, não havendo um consenso entre autores quanto a estes parâmetros.

Questiona-se então como os equipamentos urbanos são projetados, qual a demanda considerada, quais os locais possíveis de implantação, custos, entre outras abordagens que precisam ser definidas antes do projeto em si. Além disto, a ausência de um sistema com informações coerentes que possam ser utilizadas, independentemente do governo que está gerenciando a cidade, evidencia que ainda existe um longo caminho a ser percorrido na gestão dos equipamentos urbanos.

Após uma pesquisa sobre a definição do local de implantação de equipamentos urbanos, realizada em diferentes prefeituras do estado de Santa Catarina, Moraes (2013) concluiu que na maioria dos municípios o local de implantação dos EUC surge do pensamento dos próprios prefeitos e secretários municipais, ou de solicitações por abaixo assinados encaminhados pelos habitantes e avaliadas por vereadores, que

inferem a carência do EUC. Basicamente, os EUC são implantados em terrenos pertencentes às prefeituras e que na maioria das vezes não estão localizados de maneira a garantir maior retorno e benefício a quem vai utilizá-los.

Sendra *et al.* (2000), em seu estudo destaca como característica do problema de localização os tipos de equipamentos e apresenta a seguinte abordagem:

1º) Equipamentos desejáveis: são aqueles que produzem um efeito benéfico em seu redor (geram externalidades positivas). Sendo assim, resultam em atrativos para a população que está interessada em tê-los próximos de sua residência. Por exemplo: escolas, hospitais, comércios, etc.; 2º) Equipamentos indesejáveis: são aqueles cuja existência produz um efeito prejudicial em seus arredores (externalidades negativas). Portanto, resultam como repulsivos à população, que não deseja tê-los próximos de seus domicílios. Por exemplo: depósitos de lixo, centrais nucleares, presídios, etc.

Em se tratando de equipamentos desejáveis podem-se diferenciar aqueles que são de caráter público daqueles de caráter privado. Chung e Tcha (1992) corroboram com o exposto e afirmam que para o setor privado o problema se concentra em minimizar o custo total para o cumprimento dos requisitos das demandas dadas, já no setor público, o problema é caracterizado como aquele que visa o maior grau de satisfação social pela utilização eficiente de recursos em um sistema de distribuição.

Para Sendra *et al.* (2000) e Rodriguez *et al.* (2006), os equipamentos desejáveis de caráter público são aqueles financiados, de um modo ou outro, pelo conjunto da população e devem ser usufruídos por todas as pessoas nas mesmas condições de acesso e com as mesmas possibilidades/dificuldades. Já aqueles de caráter privado têm como principal finalidade proporcionar benefícios a seus proprietários através da utilização pela população (como exemplo mais evidente, destacam-se os comércios). O autor destaca ainda que para cada caso (desejáveis público ou privado) os princípios a serem usados em sua localização e avaliação são diferentes.

Rosário *et al.* (2001) afirmam que os problemas de localização de instalações consistem em encontrar a melhor localização

para uma ou mais instalações e suas aplicações no setor público devem maximizar a satisfação dos clientes em detrimento dos custos.

Mapa e Lima (2012) também analisam esta questão e afirmam que “*aplicações de problemas de localização de instalações ocorrem nos setores privado e público, com o objetivo de estar o mais próximo possível da demanda, com o intuito de reduzir custos em transportes, maximizar a área de cobertura, aumentar o nível de acessibilidade da demanda ou reduzir ao máximo os custos com instalações, seja pela escolha de uma localização devido ao custo financeiro, ou pela quantidade de instalações a serem estabelecidas*”.

Sendra *et al.* (2000) esclarece que para qualquer um dos tipos de equipamentos (desejáveis/não desejáveis/públicos ou privados) podem ser definidos alguns elementos comuns a todos eles, quais sejam: demanda, oferta e rede de transporte. A figura 1 mostra um esquema representativo da forma de estudo da localização conforme exposto anteriormente.

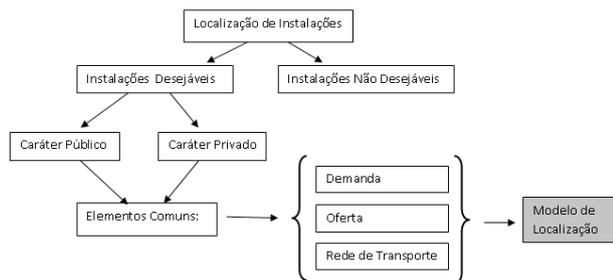


Fig. 1 - Estudo de localizações - abordagem inicial.

Outro aspecto a ser considerado é a classificação dos problemas de localização em categorias, conforme exposto por Galvão *et al.* (2003). Os autores afirmam que no setor público, os problemas de localização são classificados em duas categorias: a) Localização de serviços não emergenciais, como alguns serviços de saúde pública, escolas, aterros sanitários, agências do correio, dentre outros; b) Localização de serviços de emergência, como estações do corpo de bombeiros, serviços de atendimento de emergência por ambulância, hospitais etc.

Lima (2003) destaca que as medidas de eficiência a serem otimizadas são diferentes para as duas categorias. No caso de serviços não emergenciais, utiliza-se geralmente a distância

percorrida ou o tempo médio de viagem dos usuários aos equipamentos a serem localizados. No caso dos serviços de emergência, uma medida bastante utilizada é a máxima distância a ser percorrida (ou tempo a ser gasto) entre qualquer usuário do sistema e o equipamento mais próximo.

Para Lorena *et al.* (2001) os problemas de localização envolvem a decisão sobre “onde” implantar uma instalação para atender determinada demanda, desta forma estes problemas podem também ser chamados de localização-alocação, pois tratam de alocar a demanda aos centros de oferta existentes.

Teixeira e Antunes (2008) afirmam que os processos de planejamento de instalações públicas se tornaram mais complexos em função dos mecanismos participativos que estes passaram a envolver, com diferentes pontos de vistas e interesses abordados. Este planejamento envolve grande número de soluções e os modelos de otimização são ferramentas úteis para tomadas de decisão. Estes modelos são basicamente destinados a determinar locais mais eficientes de acordo com algum objetivo, como por exemplo, minimização de custos ou maximização de acessibilidade.

Segundo Pizzolato & Rozental (2009), o problema de localizar uma instalação ou posto de serviço consiste em escolher uma posição geográfica para sua operação tal que seja maximizada uma medida de utilidade, satisfazendo diversas restrições, em particular restrições de demanda.

Vários autores se dedicaram ao estudo destas técnicas e como bem destacado por Carvalho (2011) “*as abordagens clássicas da teoria da localização tinham por finalidade compreender os fatores determinantes da localização e/ou distribuição das atividades econômicas no espaço*”. Graças a estas abordagens os modelos matemáticos foram formulados e continuam até hoje sendo utilizados nos problemas desta natureza.

3.1 Modelos de Localização de Equipamentos

De acordo com Silva (2004) os modelos matemáticos para localização de instalações envolvem, em geral, uma função objetivo, com diferentes técnicas de otimização em função do tipo de instalação, as variáveis incorporadas e o

tratamento matemático empregado. Como não existe um modelo único que seja apropriado para todas as instalações, a função objetivo, restrições e variáveis dos modelos são determinadas de acordo com o problema em estudo.

O estudo desenvolvido por Farahani *et al.* (2010) apresenta uma extensa revisão (142 trabalhos envolvidos) sobre os modelos de localização multi critério e enfatiza a necessidade de envolver parâmetros sociais e ambientais nos novos estudos, sendo que a questão que se propõe é como mensurar estes parâmetros.

Segundo Ribeiro e Antunes (2002) *apud* Santos (2012), estudos sobre modelos de localização tem por finalidade identificar a melhor localização, ou seja, a capacidade ótima de equipamentos urbanos e a melhor distribuição da demanda existente entre ambos. Estes modelos deveriam apresentar como resultado a avaliação dos equipamentos urbanos já implantados e a localização ótima daqueles que ainda deveriam ser implantados. Entre estes modelos destacam-se: P-mediana (*p-median*) e Máxima Cobertura, para instalações nãoemergenciais e que se encontram amplamente difundidos na literatura.

De modo geral pode-se dizer que o modelo das p-mediana é um problema clássico de localização de instalações que consiste em localizar, em uma rede, p facilidades (número de instalações a localizar) minimizando-se a soma de todas as distâncias de cada ponto de demanda à sua mediana mais próxima. Esse modelo é apropriado para áreas densamente povoadas e pressupõe que a demanda prefere a unidade mais próxima de sua residência e a localização ideal das unidades corresponde a centros de gravidade que minimizem a distância demanda-oferta.

O modelo de cobertura máxima tem como objetivo maximizar a quantidade de demanda que se encontra a uma distância R (pré-definida pelo usuário) para os pontos de oferta. Nas superfícies definidas devem ser alocados a maior quantidade de demanda a algum centro de oferta. A ideia básica é o estabelecimento de um raio de cobertura R que pode ser equivalente ao alcance espacial de um bem ou serviço. Este raio de cobertura representa uma distância razoável de se percorrer até o serviço (facilidade) a ser utilizado. Deve-se situar os novos centros de oferta de modo que a maioria (ou a totalidade) da demanda se encontre ao menor valor de distância

de um centro de oferta (Sendra *et al.*, 2000).

Yeh e Chow (1996) enfatizam que modelos de locação-alocação que tentam encontrar o melhor local de instalações em termos de minimizar distância total pelo tempo, para consumidores, são ferramentas úteis para o planejamento de instalações públicas. Destacam ainda que no passado a aplicação destes modelos era limitada pela disponibilidade de dados e que isto tem mudado com a disponibilidade dos Sistemas de Informações Geográfica (SIG), afirmando que “*assim como o fornecimento de dados, a combinação de análise espacial e funções de visualização de SIG associadas com quaisquer modelos de locação-alocação forneceram uma ferramenta poderosa para o desenvolvimento de um sistema de apoio a decisão espacial para o planejamento de instalações públicas*”.

Sendra *et al.* (2000) afirma que os SIGs integram ferramentas muito potentes para o tratamento de informação geográfica, por isso cada vez estão se desenvolvendo novas aplicações e utilizações em campos e temas diferentes.

Através da distribuição espacial da demanda e oferta, os SIGs são capazes de solucionar questões locacionais como a definição dos lugares (candidatos) ideias a receberem uma determinada instalação. Lima (2003) afirma que os modelos de localização de instalações auxiliam na tomada de decisão, principalmente quando existe uma base de dados geograficamente referenciados (característica básica de um SIG).

Para Mapa e Lima (2005) o uso do SIG no Brasil tem como limitante, na maioria das vezes, escassez de bases de dados confiáveis e atualizadas, tanto em relação a dados espaciais (mapas ou arquivos de representação gráfica espacial georreferenciados), quanto a dados demográficos e socioeconômicos.

Samizava *et al.* (2008) afirmam que ferramentas que subsidiem e auxiliam na tomada de decisão tornam-se cada vez mais essenciais para o planejamento ambiental. As análises espaciais em ambientes SIG, integrando métodos de inferência geográfica produzem informações que diminuem muito a incerteza da tomada de decisão, possibilitando ao usuário mais segurança e mais agilidade nos processos.

Diante do exposto observa-se que os

modelos de localização podem ser utilizados para a determinação geográfica de equipamentos urbanos de saúde, conforme pode ser observado em Galvão *et al.* (1999), Rosario *et al.* (2001), Lima (2003), Ndiaye e Alfares (2008) e Buzai (2011). Além disto, devido à restrição de incorporar a subjetividade e fatores não quantificáveis, outras técnicas podem ser integradas a estes modelos, gerando sistemas de apoio à decisão espacial que oferecem melhores subsídios aos gestores públicos na tomada de decisão.

4. AVALIAÇÃO DE LOCALIZAÇÃO DO EQUIPAMENTO URBANO COMUNITÁRIO UNIDADE BÁSICA DE SAÚDE (UBS) NA CIDADE DE JOINVILLE-SC

Com o objetivo de verificar o comportamento dos modelos de localização e realizar uma comparação entre os mesmos, procedeu-se um estudo sobre as unidades básicas de saúde da cidade de Joinville, pois esta apresenta vários dados já implementados em software específicos, facilitando a análise inicial destes.

Convém destacar o que apresenta Fonseca *et al.* (2010) quanto a coleta de dados na área da saúde: A coleta de dados espaciais está sempre

presente em trabalhos acadêmicos e profissionais, realizados por equipes conhecedoras de sua realidade, mas nem sempre alfabetizada cartograficamente. No caso da geografia da saúde este material pode ser coletado pelos agentes comunitários de saúde (ACS).

4.1 A cidade de Joinville

Considerando os equipamentos urbanos comunitários existentes em uma cidade e dadas as condicionantes para a aplicação dos modelos de localização, realizou-se um estudo de caso nas unidades básicas de saúde da cidade de Joinville-SC.

Joinville é um município localizado na região sul do Brasil, no extremo nordeste do estado de Santa Catarina (Figura 2). Caracteriza-se por ser o mais populoso do estado, tendo uma área de 1.126,106 km² e 515.288 habitantes, o que lhe atribui uma densidade demográfica de 457,58 hab./km² (censo IBGE 2010).

Joinville até a segunda metade do século XX apresentava uma população basicamente rural. A partir da década de 1960 uma evolução da população urbana que cresceu consideravelmente até os anos 80, quando houve uma queda em função da crise que abalou o país e o mundo.

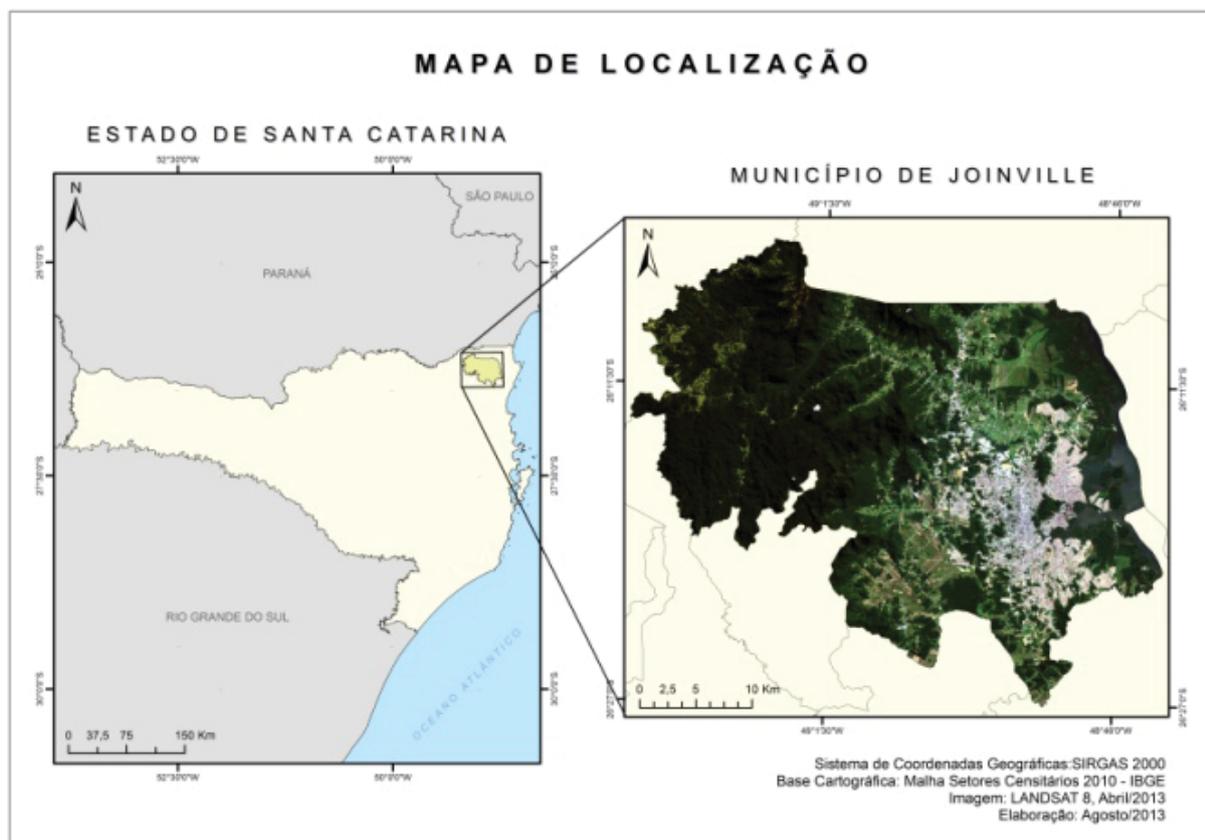


Fig. 2 - Mapa de Localização de Joinville.

Segundo dados do IBGE, a população urbana de Joinville em 2010 corresponde a 96,61%, enquanto que a rural fica apenas com 3,39%, sendo que em 1960 a população urbana somava apenas 48,11%.

De acordo com IPPUJ (2011) quanto aos serviços essenciais, Joinville mostra-se bem estruturada, apresentando em 2010, 98,93% da população atendida pelo sistema de abastecimento de água e 99,3% pelo fornecimento de energia elétrica. Os serviços de coleta de resíduos domiciliares abrangem 100% da área urbana e possui oito roteiros na área rural. Em relação à saúde, a cidade conta com 06 hospitais gerais, 03 pronto-atendimentos e 56 unidades de saúde na atenção básica.

O estudo avaliou a localização das unidades básicas de saúde existentes na cidade e definiu locais para implantação de novas unidades com a utilização de modelos matemáticos através dos *software* ArcGIS 10.1 e CPLEX *Optimization Studio*.

A Prefeitura Municipal de Joinville dispõe de dados geográficos tanto no sistema vinculado à Secretaria da Saúde quanto na Secretaria de Planejamento. Para estudos mais aprofundados podem-se obter diretamente com a Prefeitura informações georreferenciadas sobre questões quantitativas e qualitativas população que utiliza as unidades básicas de saúde. Especificamente para este estudo optou-se por trabalhar com os dados populacionais disponíveis no site do IBGE (2010), uma vez que a cidade ainda não dispõe na totalidade os dados georreferenciados referente aos usuários do sistema de saúde. Os demais dados (malha viária e localização das UBS) foram obtidos junto a Prefeitura.

4.2 Análise da situação atual das unidades básicas de saúde de Joinville

A partir da base de dados do IBGE procedeu-se à análise espacial em ambiente SIG. Primeiramente a população de cada setor censitário foi vinculada ao centroide deste setor. As unidades básicas de saúde foram geograficamente especializadas (dados obtidos junto a Prefeitura). Considerando a rede viária da cidade, utilizou-se a extensão *Network Analyst* do sistema ArcGIS 10.1 para obter a população atraída às unidades de saúde mais próximas de suas residências. Importante destacar que a rede

viária fornecida pela Prefeitura recebeu uma verificação e procederam-se alguns ajustes na rede, pois muitos trechos estavam desconectados e desta forma não permitem a utilização e implementação dos modelos de localização.

Gerou-se uma matriz origem-destino de deslocamento da população até as UBS. Obteve-se uma matriz quadrada de 740x740 pontos de localização considerados. Destaca-se que pelos dados do IBGE a cidade de Joinville apresenta 774 setores censitários existentes, dos quais foram considerados apenas 740 como pontos de origem-destino. Foram descartados 34 setores que estavam localizados na área rural, não possuíam dados relacionados e/ou apresentavam problemas de correlação com a malha.

Considerou-se raios de abrangência definidos em 700, 1000 e 2000 metros em torno das 51 unidades básicas de saúde consideradas (sendo desconsideradas as que estão localizadas na área rural e/ou as unidades de pronto atendimento). Definiu-se também a área de cobertura das UBS, para estes mesmos raios, baseando-se na malha viária e no agrupamento da população por setor censitário em cada uma destas faixas de abrangência, conforme Figura 3.

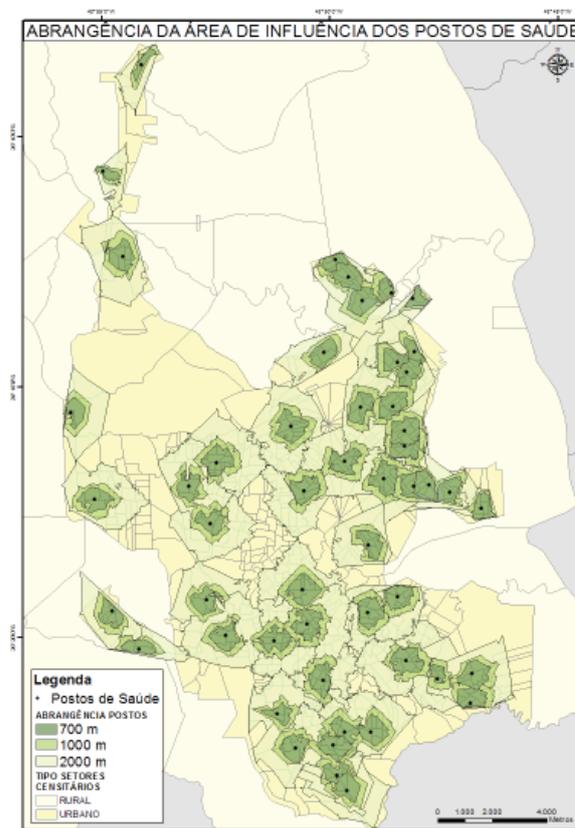


Fig. 3 - Faixas de abrangência das UBS.

Estes valores dos raios de abrangência podem ser considerados respectivamente como ótima (700m), boa (1000m) e regular (2000m) distância entre a residência e a unidade, considerando que a maioria dos deslocamentos são realizados a pé (caminhada) (adaptado de Brau *et al.*, 1980). Vale destacar que quando da obtenção de dados junto a Prefeitura, foi informado que esta busca atingir uma situação de atendimento com raio de 700m, que seria para eles a situação ideal.

Utilizou-se o problema de localização Máxima Cobertura (disponível na extensão *Network Analyst* do sistema ArcGIS 10.1), e definiu-se um corte de impedância de 1000 metros (raio de cobertura), relativo a distância máxima de caminhada da residência até a UBS. Como resultado observou-se que muitos centroides (57%) não eram atendidos por nenhuma UBS, mostrando a necessidade de abrir novas unidades (Figura 4).

Ressalta-se que os centroides dos setores censitários da área rural do município foram desconsiderados no cálculo, pois estavam fora da área de abrangência da malha viária, o que impossibilitou a aplicação dos modelos locais pela extensão *Network Analyst* do ArcGIS.

Nos problemas de localização, quando não há restrições de percurso, é necessário definir a métrica que será utilizada para mensurar as distâncias entre os pontos de oferta e demanda. Existem dois tipos de métrica: 1) A distância euclidiana cujo caminho mais curto entre dois pontos é uma reta, 2) A distância métrica retangular que é mais utilizada em rede de artérias urbanas por ser mais coerente com os traçados perpendiculares das rotas constituídas de ruas e avenidas. Na prática, considerando a malha viária, raramente tem-se um trajeto entre dois pontos em forma de uma linha reta ou de forma retangular tão clássica quanto as métricas definidas.

Neste estudo, apesar das distâncias dos centroides até a UBS mais próxima estarem representadas com linhas retas na Fig. 4 (distância euclidiana), a distância considerada para cálculo pelo *software* foi estabelecida por meio do mapeamento das rotas da malha viária e sem restrições de sentido, pois considerou-se deslocamentos realizados a pé, conforme pode

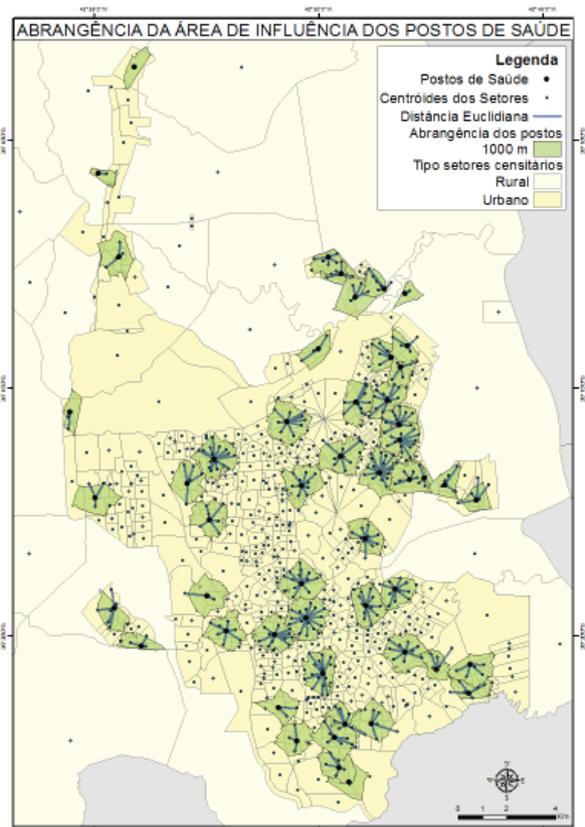


Fig. 4 - Abrangência de 1000m para as UBS.

ser observado na Fig. 5 (linhas tracejadas).

Considerando a alocação dos setores censitários às UBS atuais segundo uma análise de proximidade (ou seja, sem restrição de capacidade e distância), verificou-se que 13% da demanda necessita deslocar-se por mais de 2000m para ser atendida. Já para as distâncias entre os centroides às UBS no intervalo de deslocamento 1000 a 2000m tem-se como resposta 42% de demanda. Para o caso ideal, em que se considera a média de deslocamento da população ao atendimento nas UBS, ou seja, menos de 1000m tem-se 45% de demanda. Ressalta-se ainda que a distância máxima de deslocamento simulada, como percurso a ser realizado pelo cidadão, foi na ordem de 4893m. Vale lembrar que estas distâncias foram determinadas com base na malha viária implantada na cidade e fornecida pela Prefeitura.

Outro procedimento metodológico adotado no escopo do trabalho foi baseado na utilização do *software* CPLEX *Optimization Studio* (IBM) que na sua rotina de programação considera a base de cálculo os modelos P-mediana e Máxima Cobertura, cujos resultados são definidos através de métodos exatos e não heurísticos. Realizou-



Fig. 5 - Exemplo de rotas entre oferta e demanda.

se a modelagem matemática na linguagem do *software*.

Para a simulação com o CPLEX, inicialmente utilizaram-se os valores obtidos na matriz origem-destino gerada pelo processamento no ArcGIS. A partir das distâncias da matriz origem-destino entre os centroides dos setores censitários construiu-se uma matriz quadrada de 740x740. Um arquivo com as informações de entrada (distâncias entre os setores) para os modelos exatos foi gerado e procedeu-se a análise das localizações.

Primeiramente realizou-se uma simulação para a localização de UBS considerando que nenhuma unidade estava implantada e não existiam posições pré-definidas (o que não acontece na prática, pois a cidade já dispõe de várias UBS implantadas, apenas a título de comparação com os locais onde atualmente as UBS se encontram). Convém destacar que as UBS estão localizadas e especializadas conforme mostrado nas figuras 3, 4, e 6, no entanto para que uma comparação fosse possível estas unidades foram atribuídas a uma localização que corresponde ao centroide do setor censitário mais próximo (com uma média de distância de

deslocamento dos pontos em torno de 150m).

A simulação de localização das UBS através do *software* CPLEX foi realizada e está representada nas figuras 6 e 7. Para o modelo de localização p-mediana o CPLEX gerou 5 UBS coincidentes com as pré existentes (Fig. 6). Já no modelo da máxima cobertura, com corte de impedância de 1000m, a coincidência reduz para apenas 3 unidades (Fig. 7).

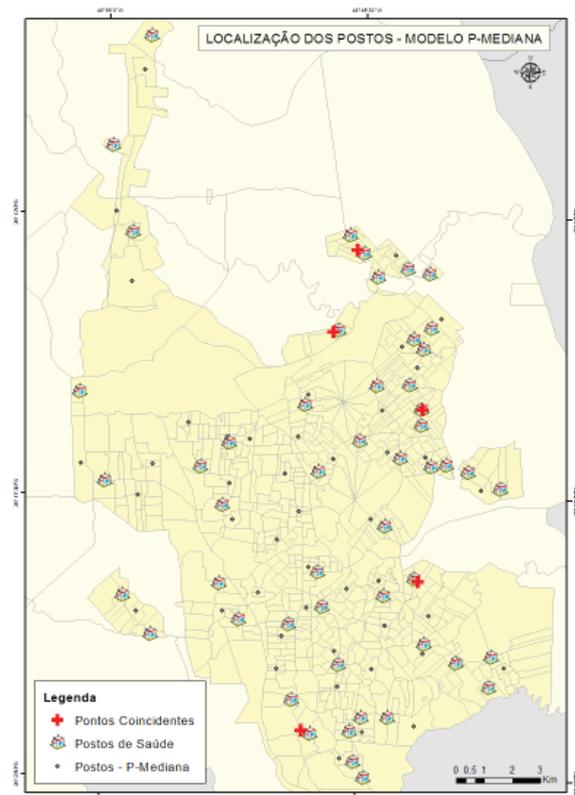


Fig. 6 - Localização dos postos existentes e determinadas pelo modelo p-mediana, através do CPLEX.

Os modelos de localização citados também foram simulados através do SIG, sendo que no modelo p-mediana obteve-se 6 UBS coincidentes (1 unidade a mais que o resultado gerado pelo CPLEX) e no modelo máxima cobertura 4 unidades coincidentes (também com o incremento de 1 unidade do resultado gerado pelo CPLEX).

Considerando os resultados gerados para a situação atual (51 unidades) através do modelo de localização p-mediana, utilizando-se os *software* CPLEX e SIG, obtivemos um percentual de 90,2% de postos coincidentes, sendo apenas 9,8% (5 unidades) de localização diferenciada gerada entre o CPLEX e o SIG, conforme representado na figura 8 (as 5 unidades diferenciadas estão representadas pelas

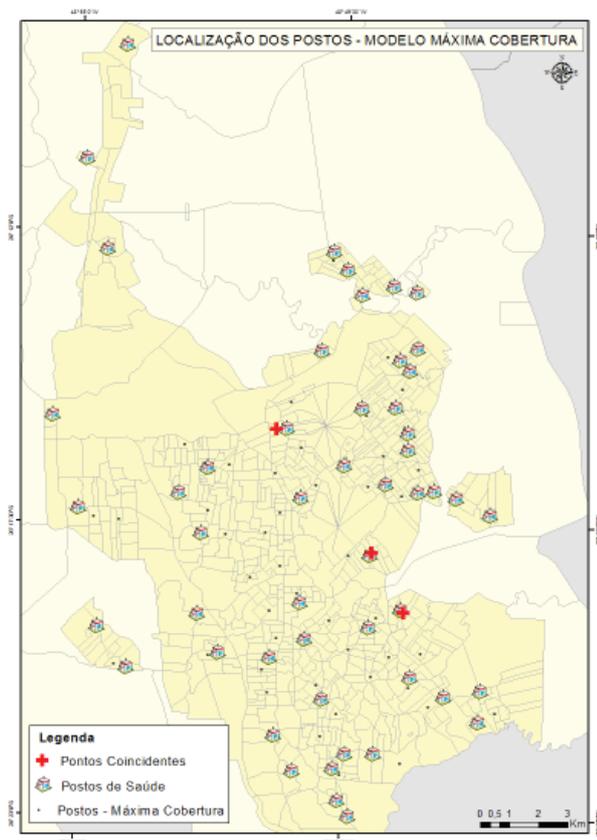


Fig. 7 - Localização dos postos existentes e determinadas pelo modelo máxima cobertura, através do CPLEX.

cores verde - originadas pelo CPLEX e azul - originadas pelo SIG) .

Da mesma forma, aplicando o modelo de localização máxima cobertura, com corte de impedância de 1000m, através dos dois *software*, o percentual reduz para 74,5% de postos coincidentes e 25,5% (13 unidades) de locais diferentes gerados para a implantação das UBS através do CPLEX e do SIG, apresentado na figura 9 (as 13 unidades diferenciadas estão representadas pelas cores verde - originadas pelo CPLEX e azul - originadas pelo SIG).

Pode-se ainda obter uma representação mais completa das unidades existentes e os diferentes resultados gerados na aplicação dos modelos de localização, através do *software* CPLEX e SIG, conforme mostrado na figura 10, a qual foi gerada considerando a localização das unidades em seus locais atuais de implantação na cidade de Joinville, os resultados de localização gerados pelo modelo p-mediana através dos *software* CPLEX e SIG e a localização das unidades coincidentes pelos dois *software*.

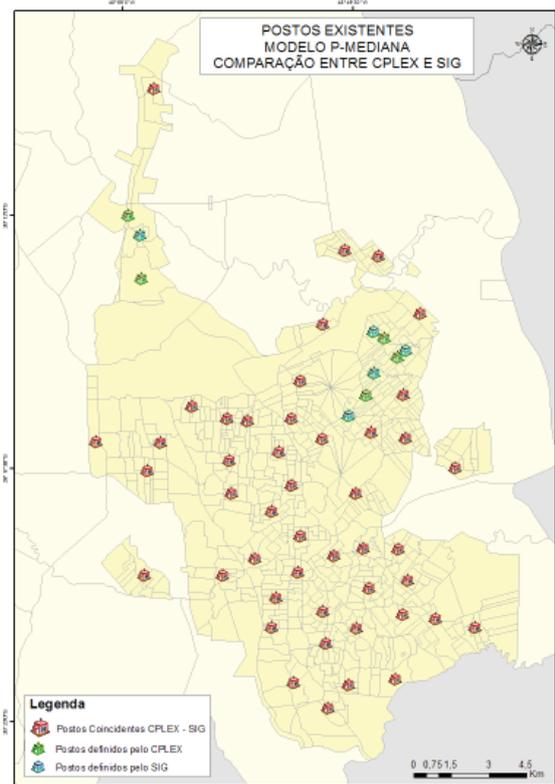


Fig. 8 - Localização dos postos determinadas pelo modelo p-mediana, através do CPLEX e SIG.

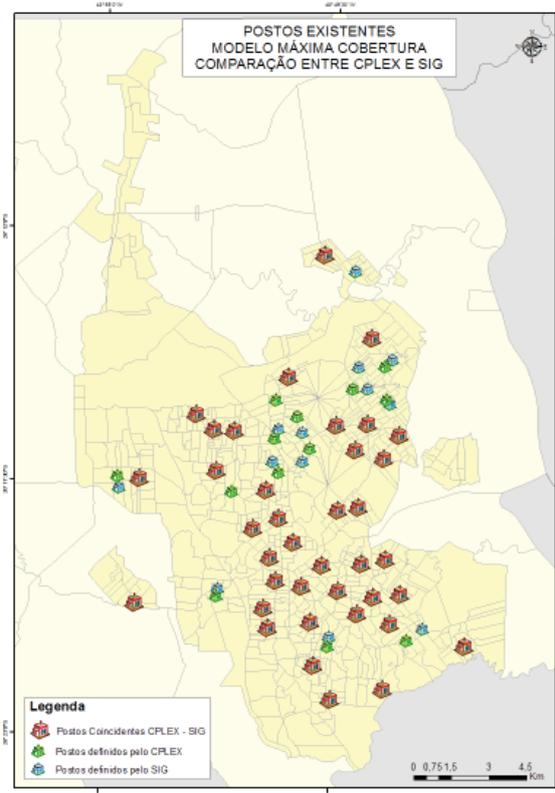


Fig. 9 - Localização dos postos determinadas pelo modelo máxima cobertura, através do CPLEX e SIG.

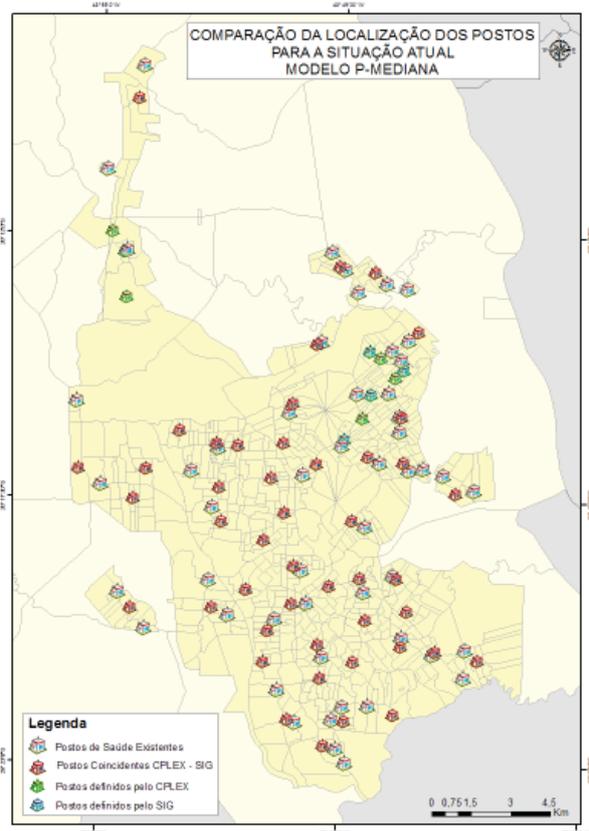


Fig. 10 - Localização dos postos existentes e determinadas pelo modelo p-mediana, através do CPLEX e SIG.

4.3 Análise da situação futura para as unidades básicas de saúde de Joinville

Considerando uma situação de projeção futura, com base em dados de crescimento populacional realizou-se projeções para a necessidade de novas unidades de saúde para o ano de 2020. Através dos dados censitários de 2010 do IBGE e com as perspectivas de crescimento populacional estimadas em estudo realizado pela ENGECORPS, aplicou-se a taxa de crescimento populacional a partir de 2010 e obteve-se um crescimento da população de aproximadamente 17% em 10 anos, sendo este mesmo crescimento utilizado para o número de postos existentes. Convém esclarecer que partiu-se do pressuposto que o crescimento populacional de 17% foi considerado igual para todos os setores censitários e que estes permanecem inalterados, quando na realidade pode ocorrer crescimento populacional diferenciado entre os setores censitários, necessitando nova avaliação da configuração espacial a partir da variação da população

As simulações ocorreram tomando os mesmos modelos de localização utilizados para a análise da situação atual, ou seja, p-mediana e máxima cobertura com corte de impedância de 1000 metros, distância com boa acessibilidade, considerando deslocamentos a pé pelos usuários da UBS.

Num primeiro momento foram considerados todos os centroides urbanos da cidade de Joinville como demanda, ou seja, os 740 centroides são possíveis locais de localização de novas UBS. Foram realizadas simulações considerando o incremento de duas novas unidades de UBSs por biênio até o limiar de 11, que corresponde ao ano de 2020.

Os resultados gerados pela aplicação do modelo de localização com a utilização do SIG encontram-se representados nas figuras 11 e 12.

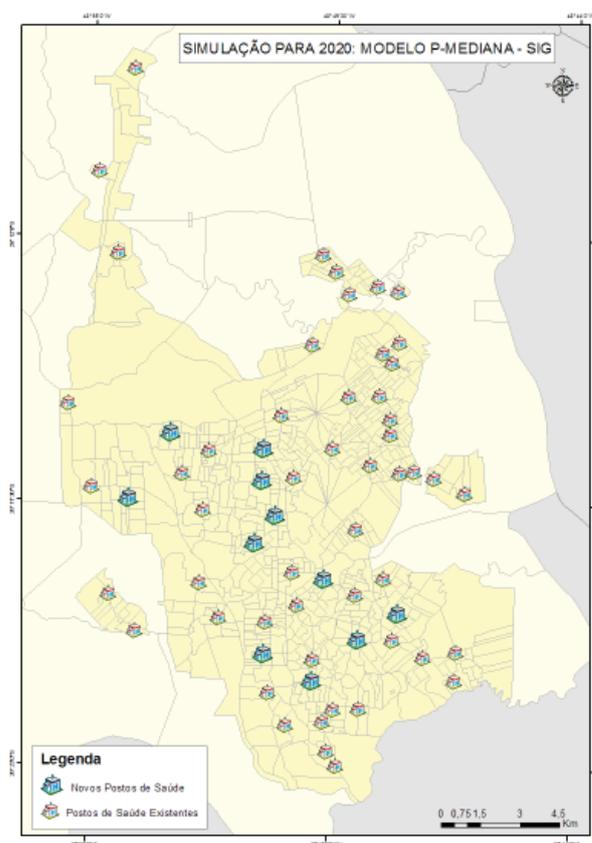


Fig. 11 - Projeção para 2020 na localização de novos postos considerando todos os setores censitários como demanda, modelo p-mediana através do SIG.

Estes modelos de localização também foram simulados com a utilização do *software* CPLEX, e observou-se que através do modelo p-mediana 63,6% (7 unidades) dos locais de

implantação de novas UBS são coincidentes entre os dois *software* (CPLEX e SIG). Já para o modelo da máxima cobertura este índice cai para 45,4% (5 unidades). As figuras 13 e 14 representam estes locais através dos dois modelos.

De outra forma, considerando a aplicação dos dois modelos (p-mediana e máxima cobertura) através do CPLEX tem-se 3 localizações coincidentes e através do SIG, 4 localizações coincidentes.

Com base nesta primeira etapa de simulação, desconsiderou-se o fator econômico, e percebe-se um adensamento de implantação de novas UBS na região central da cidade, a qual apresenta as maiores rendas mensais e, portanto tem menor potencial usuário do serviço prestado pelas UBS, conforme pode ser observado na figura 15, onde gerou-se um mapa temático caracterizando a distribuição de renda nos setores censitários. A representação se deu por meio da graduação de tonalidades, sendo que as cores mais claras representam as rendas baixas e as mais escuras, as altas rendas (com salários médios superiores a R\$6.000,00 mensais).

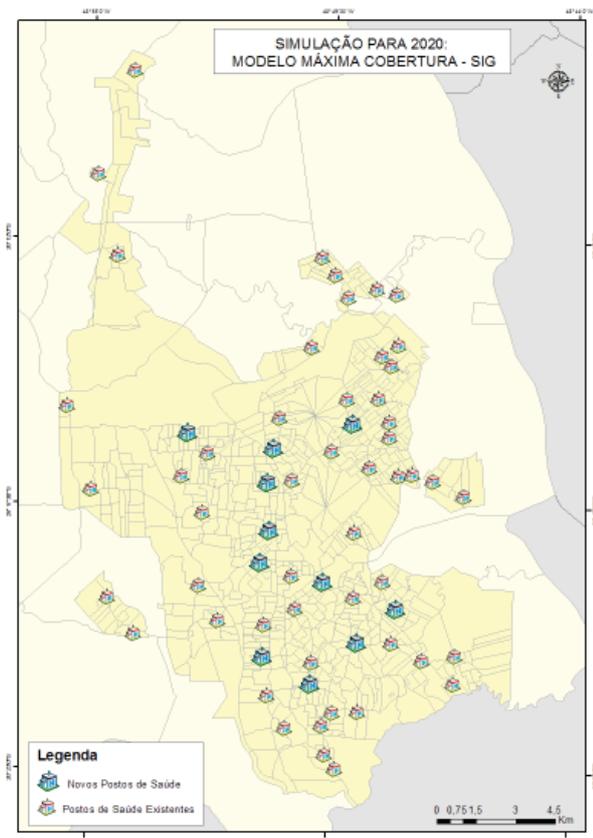


Fig. 12 - Projeção para 2020 na localização de novos postos considerando todos os setores censitários como demanda, modelo máxima cobertura, através do SIG.

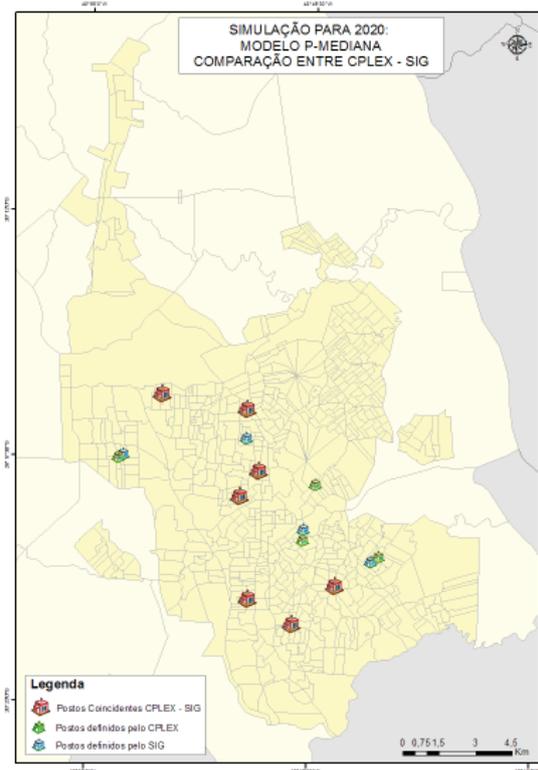


Fig. 13 - Projeção para 2020 na localização de novos postos considerando todos os setores censitários como demanda, modelo p-mediana, através do CPLEX e SIG.

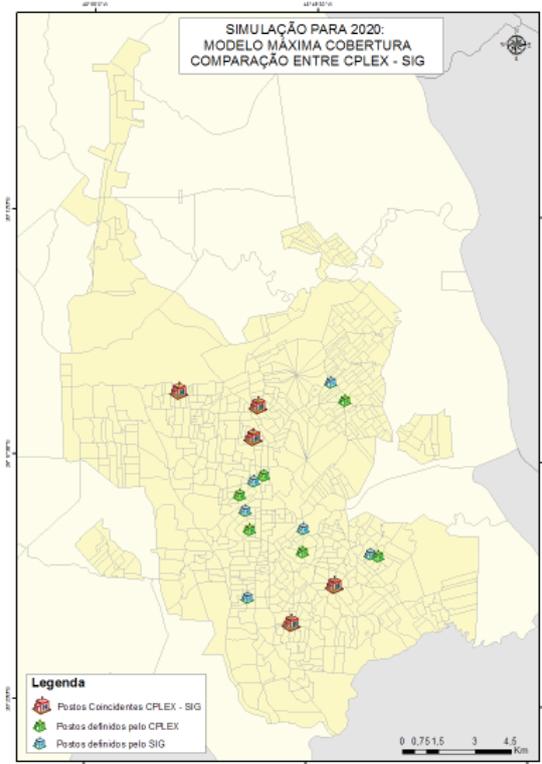


Fig. 14 - Projeção para 2020 na localização de novos postos considerando todos os setores censitários como demanda, modelo máxima cobertura, através do CPLEX e SIG.

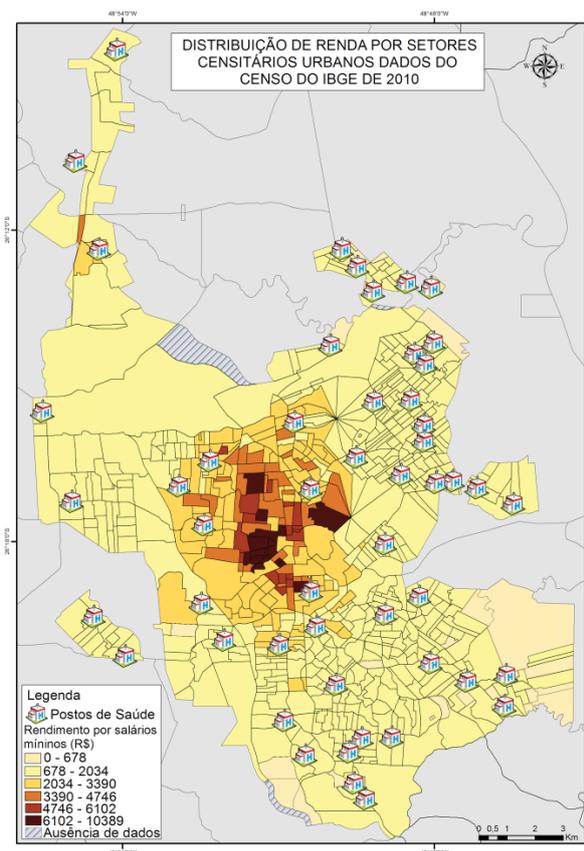


Fig. 15 - Distribuição da renda por setor censitário para cidade de Joinville.

Sendo assim, realizou-se uma segunda simulação com o objetivo de verificar os locais de maior necessidade de aberturas de UBS futuras considerando exclusivamente os setores censitários de menor renda (Figura 16). Desta forma, exclui-se o centroide dos 70 setores censitários de maior renda, considerando-se somente os centroides cujas rendas dos setores não ultrapassam R\$ 3.390,00 (CENSO, 2010). Os demais parâmetros foram mantidos de acordo com a primeira simulação, inclusive mantendo o número de novos postos.

Esta última análise considera a menor distância de deslocamento e o maior número de setores (de menor renda) abrangidos. Ela pode ser útil para a verificação de áreas com a maior demanda na abertura de novos postos tendo como prioridade o aumento no atendimento para as classes menos favorecidas economicamente.

Convém destacar que para os dados simulados neste estudo (a partir da malha toda integrada, os dados de entrada já formatados

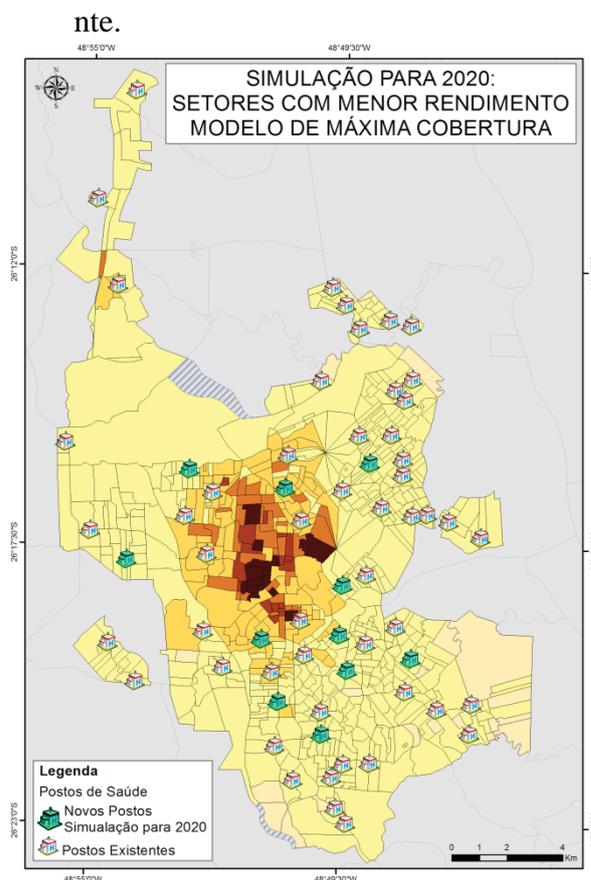


Fig. 16 - Projeção futura para 2020 de localização de novos postos considerando-se como demanda somente os setores censitários de menor renda., modelo máxima cobertura, através do SIG.

para a utilização dos modelos de localização) o tempo médio de processamento através do SIG não ultrapassou 5 minutos, sendo a maioria realizadas em tempo muito menor a este. O maior tempo consumido concentrou-se na geração da matriz origem-destino. Já para o *software* CPLEX, algumas simulações levaram até 3 horas e a representação espacial dos resultados gerados também não é feita através do software, necessitando assim de outro complementar (que neste estudo utilizou o ArcGIS).

Para finalizar, o quadro 01 apresenta os pontos de localização das unidades para os modelos p-mediana e máxima cobertura aplicados tanto ao CPLEX quanto ao SIG, na situação atual (com 51 postos) e para a situação futura com mais 11 postos (62 postos). Os números representam o centroide dos setores censitários definidos como locais de implantação

das UBS. Estes pontos são denominados pelo SIG como *location* e mostram através da planilha os dados que foram espacializados nas figuras apresentadas anteriormente. Ressalta-se que as análises realizadas para todos os setores censitários consideraram 740 posições (*location*), que constituem os dados de entrada, cada um devidamente caracterizado no espaço, permitindo gerar a matriz de distâncias entre cada um destes pontos (matriz origem-destino de 740x740).

Os dados iniciais foram computados e aplicados nos modelos de localização, cada qual com sua formulação matemática e objetivos definidos, resultando nas localizações apresentadas na planilha (que são os dados de saída das simulações). Exemplificando, tem-se que as UBS existentes localizam-se nas posições: 12, 20, 25, 39, etc.; as UBS definidas pelo modelo p-mediana através do CPLEX localizam-se nas posições: 3, 64, 84, 93, etc. e possuem 5 posições coincidentes com as atuais localizações já implantadas; as UBS definidas pelo modelo p-mediana através do SIG localizam-se nas posições: 3, 64, 84, 93, etc. e possuem 6 posições coincidentes com as atuais localizações das UBS já implantadas; as novas UBS definidas pelo modelo máxima cobertura através do CPLEX localizam-se nas posições 8, 66, 73, 84, etc.; as novas UBS definidas pelo modelo máxima cobertura definidas pelo SIG localizam-se nas posições: 1, 62, 95, 113, etc. e possuem 5 posições coincidentes com aquelas que foram definidas CPLEX, que são: 95, 148, 246, 460 e 662. Já para a comparação considerando os dois modelos (p-mediana e máxima cobertura) através do CPLEX, para as 11 novas UBS, 3 localizações são coincidente: 148, 460 e 477 e através do SIG, 4 são coincidentes: 1, 113, 148 e 460 e assim por diante.

Quadro 1: Planilha representativa dos pontos de localização das UBS para os dois modelos, através do CPLEX e SIG

Postos fixos (51)	atual				2020			
	Postos def. pelo pmed		Postos def.maxcob		51 fixos + 11 novos (62)			
	CPLEX	SIG	CPLEX	SIG	pmed		maxcob	
12	3	3	3	3	12	12	12	12
20	64	64	7	7	20	20	20	20
25	84	84	58	46	25	25	25	25
39	93	93	61	58	39	39	39	39
56	99	99	73	61	56	56	56	56
118	112	112	88	73	118	118	118	118
169	135	135	113	88	169	169	169	169
170	148	148	123	95	170	170	170	170
175	165	165	135	113	175	175	175	175
176	181	181	144	123	176	176	176	176
189	189	189	160	135	189	189	189	189
206	197	197	166	142	206	206	206	206
237	217	217	199	160	237	237	237	237
288	222	222	211	166	288	288	288	288
296	229	229	216	216	296	296	296	296
303	292	292	221	220	303	303	303	303
324	303	303	246	246	324	324	324	324
365	305	305	277	281	365	365	365	365
387	322	313	288	290	387	387	387	387
407	327	329	290	314	407	407	407	407
412	365	365	306	329	412	412	412	412
442	368	368	314	332	442	442	442	442
459	377	392	327	365	459	459	459	459
488	411	411	359	383	488	488	488	488
495	429	429	364	388	495	495	495	495
509	438	438	368	392	509	509	509	509
512	447	447	383	405	512	512	512	512
516	459	459	388	439	516	516	516	516
529	474	474	392	459	529	529	529	529
542	486	486	405	460	542	542	542	542
552	494	494	439	465	552	552	552	552
580	501	501	459	486	580	580	580	580
610	507	507	460	494	610	610	610	610
621	526	526	465	501	621	621	621	621
624	540	540	494	520	624	624	624	624
646	549	549	501	528	646	646	646	646
654	562	562	520	535	654	654	654	654
668	582	582	535	550	668	668	668	668
670	591	591	550	565	670	670	670	670
673	627	627	565	578	673	673	673	673
678	631	631	576	591	678	678	678	678
684	638	638	578	604	684	684	684	684
691	643	643	591	624	691	691	691	691
695	647	647	604	631	695	695	695	695
704	662	662	631	643	704	704	704	704
706	681	671	643	647	706	706	706	706
708	702	681	647	653	708	708	708	708
709	709	702	660	662	709	709	709	709
722	726	709	690	690	722	722	722	722
733	736	722	691	691	733	733	733	733
737	740	736	692	692	737	737	737	737
	5 coin	6 coin	3 coin	4 coin	64	1	8	1
					84	64	66	62
					113	84	73	95
					148	93	84	113
					217	113	95	148
					267	148	148	246
	CPLEX	SIG			460	216	246	377
	148	1			477	267	383	460
	460	113			600	460	460	473
	477	148			638	474	477	558
		460			692	638	662	662
	3 coin	4 coin			7 coin		5 coin	

5. CONCLUSÃO

O planejamento urbano deve identificar locais adequados para a implantação de equipamentos urbanos comunitários visando atender a população com a racionalização de recursos públicos. Ocorre que muitas vezes o processo de tomada de decisão dos gestores pauta-se em experiências anteriores ou na utilização de espaços públicos já disponíveis, não atendendo assim adequadamente a demanda.

Apesar dos métodos disponíveis para o estudo de localização de equipamentos urbanos, eles nem sempre são empregados de forma adequada e na maioria das vezes as decisões políticas superam as técnicas. Modelos matemáticos, métodos heurísticos, e a utilização de Sistemas de Informação Geográficas tem apresentado múltiplas aplicações no campo de localização de instalações públicas.

A extensão *Network Analyst* do ArcGIS mostrou-se eficiente na avaliação de UBS para o caso de Joinville e através dessa ferramenta, juntamente com a aplicação de modelos de localização, tornou-se possível analisar a distribuição de serviços de saúde, bem como dimensionar adequadamente a localização destes no planejamento urbano, constituindo-se em suporte às decisões.

Para o caso de estudo do Município de Joinville comprovou-se que existem UBS com localização ótima já implantadas (as unidades coincidentes) e outras que poderiam ser melhor localizadas atendendo de forma a aprimorar o serviço.

A consideração da renda e demanda tem papel importante na definição das novas localizações, pois a localização de novas unidades é alterada quando este quesito é tomado como base para a modelagem. Observa-se ainda que na Figura 15 os setores cuja população apresenta maior índice de renda existem poucas unidades implantadas. Pode-se inferir a partir desta análise que certamente grande parte desta população utiliza o sistema privado de assistência à saúde e não necessariamente as UBS.

Com as análises espaciais geradas foram obtidos resultados satisfatórios de localização das UBS, levando em conta os parâmetros de modelagem: rede viária da cidade, demanda, oferta, distâncias de deslocamento da demanda

à oferta, renda e setores censitários.

O estudo comprovou que é importante trabalhar com valores de distância da malha viária, uma vez que este é um fator decisivo na consideração dos modelos de localização. A existência e disponibilidade de dados geograficamente espacializados e georreferenciados, como por exemplo, a malha viária da cidade e a localização da demanda/oferta são fundamentais para a aplicação dos *software* e quanto maior o detalhamento destes, melhor a confiabilidade nos resultados adquiridos.

A facilidade de alteração no número de novas unidades a serem instaladas na projeção futura para 2020, bem como a clara localização das UBS por meio do SIG permite a realização de várias simulações, visando agregar aos resultados planejamento eficiente para otimizar recursos públicos disponíveis e consequentemente maximizar a eficiência na gestão e no atendimento de maior cobertura pelo serviço das UBS. A velocidade de processamento das simulações através do SIG, com tempos de resposta muito menores que através da utilização do CPLEX também é um fator que contribui para a maior utilização deste *software*.

O *software* CPLEX utiliza a modelagem matemática e seus resultados são determinados de maneira exata, o que acarreta um aumento significativo de tempo de cálculo para a definição de alterações nas simulações.

Com o estudo realizado e a comparação dos resultados, observou-se uma grande aproximação destes entre os dois *software* utilizados, podendo-se dizer que a utilização do SIG na aplicação dos modelos de localização são válidas e podem ser utilizadas de maneira mais rápida e prática, com melhor visualização espacial dos resultados.

Destaca-se que as unidades futuras coincidentes pelos modelos p-mediana e máxima cobertura são localizações que não podem deixar de ser contempladas na implantação de novas unidades, pois com isto atenderiam aos critérios dos dois modelos, garantindo uma melhor satisfação da demanda.

Outros fatores como a capacidade de atendimento das unidades pode ser incorporado aos modelos, garantindo maior realidade ao modelo de simulação. Além disso, cada decisor pode optar por incorporar fatores específicos no

processo, como por exemplo, considerar para novas localizações apenas terrenos públicos disponíveis, considerar a distribuição da população por faixa etária e/ou tipo de doença, entre outros que são significativos para cada cidade em análise e que irão auxiliar os gestores nos processos de tomada de decisão. A extensão *Network Analyst* do ArcGIS permite também definir pontos de barreira ou restrições nas vias, como a consideração de amplitudes altimétricas do terreno e alagamentos e, com base nestas impedâncias, simular melhores resultados, proposta esta que se aplica para estudos futuros.

Finalmente entende-se que o planejamento urbano deve identificar locais adequados para a implantação dos equipamentos urbanos e que a utilização do SIG tem grande relevância no apoio a tomada de decisão de localização de equipamentos urbanos comunitários.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, R. **Serviço é dividido em três níveis de complexidade**. 2011. Disponível em: <http://www12.unopar.br/unopar/comtexto/ctwebmanchete.action?x=3789&y=11346>. acesso em 14/04/2014.
- ALMEIDA, R. **A cidade e espaço urbano em sala de aula: teoria e prática**. 2010. Disponível em: <http://www.ufjf.br/virtu/files/2010/04/artigo-2a21.pdf>. acesso em 11/07/2012. Rio de Janeiro, 14p.
- ARFELLI, A. C. Áreas verdes e de lazer: considerações para sua compreensão e definição na atividade urbanística de parcelamento do solo. **Revista de Direito Ambiental**, v. 9, n. 33, p. 33-51, jan./mar. 2004.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9284: Equipamento Urbano**. Rio de Janeiro, 1986. 4 p.
- BARREIROS, M. A. F.; ABIKO, A. K. **Reflexões sobre o Parcelamento do Solo Urbano**. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP Departamento de Engenharia de Construção Civil. BT/PCC/201, São Paulo, 1998. 21 p.
- BRASIL. **Constituição (1988)**. Constituição da República Federativa do Brasil: promulgada em 5 de outubro de 1988. Organização do texto: Juarez de Oliveira. 4. ed. São Paulo: Saraiva, 1990. 168 p. (Série Legislação Brasileira).
- BRASIL. Lei n. 6.766, de 19 de dezembro de 1979. **Dispõe sobre o Parcelamento do Solo Urbano e dá outras Providências**. Brasília, 1979. Disponível em < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/16766.htm > Acesso em 23/10/11. 15 p.
- BRASIL. Lei n. 10.257, de 10 de julho de 2001. **Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências**. Brasília, 2001. Disponível em < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/110257.htm > Acesso em 23/10/11. 23 p.
- BRASIL. Ministério da Saúde. **Política Nacional de Atenção Básica**. Brasília: Ministério da Saúde, 2012. (Série E. Legislação em Saúde)
- BRAU, L. MERCE, M. e TARRAGO M. **Manual de urbanismo**. Barcelona, LEUMT, 1980.
- BUZAI, G. D. Modelos de localización- asignación aplicados a servicios públicos urbanos: análisis espacial de centros de atención primaria de salud (CAPS) en la ciudad de Luján, Argentina. **Cuadernos de Geografía/Revista Colombiana de Geografía**, Vol. 20, nº 2, 2011, p. 111-123.
- CARVALHO, W. L. **Metodologia de Análise para a Localização de Escolas em Áreas Rurais**. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2011. 211p.
- CESARE, C. M.; CUNHA, E. M. P.; OLIVEIRA, F. H. **Questões cadastrais: discussão, análise e identificação de soluções para problemas e casos práticos**. Ministério das Cidades (Programa Nacional de Capacitação das Cidades), Brasília, 2010. 110 p.
- CHUNG, K.; TCHA, D. **A Fuzzy set-theoretic method for public facility location**. European Journal of Operational Research 58, 1992. p. 90-98.
- COUTO, S. A. F. **Manual teórico e prático do parcelamento urbano**. Rio de Janeiro: Forense, 1981. 175 p.
- DREUX, V. P. **Uma avaliação da legislação urbanística na provisão de equipamentos urbanos, serviços e áreas de lazer em conjuntos**

- habitacionais.** Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Planejamento Urbano e Regional, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004. 181f.
- ENGEORPS. **Plano Municipal de Saneamento Básico de Joinville – SC, Estudo Prospectivos – Cenários**, 2010. Disponível em http://sistemaspmj.joinville.sc.gov.br/documentos_vivacidade/1022-PMJ-PMS-RT-P008_R1_TOMO%20II.pdf Acesso em 20/10/2013. 17 p.
- FARAHANI, R. Z.; STEADIESEIFI, M.; ASGARI, N. Multiple criteria facility location problems: a survey. **Applied Mathematical Modelling**, 34, 2010, p. 1689-1709.
- FONSECA, E. S.; LEITE, D. V. B.; MOURA, A. C. M.; COELHO, G. L. L. M. Estudo da percepção espacial em representações cartográficas realizadas por agentes de saúde de Ouro Preto, MG. **Revista Brasileira de Cartografia** No 62/03, 2010. p 517-525.
- GALVÃO, R. D.; CHIYOSHI, F. Y.; ESPEJO, L. G. A.; RIVAS, M. P. A. Solução do problema de localização de máxima disponibilidade utilizando o modelo hipercubo. **Pesquisa Operacional**, v.23, n.1, 2003. p. 61-78
- GALVÃO, R. D.; NOBRE, F. F.; VASCONCELLOS, M. M. Modelos matemáticos de localização aplicados à organização espacial de unidades de saúde. **Revista Saúde Pública**, Vol. 33, nº 4, 1999, p. 422-434.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo 2010**. Rio de Janeiro, 2012 disponível em <<http://www.ibge.gov.br>> acesso em 25/07/2012.
- IPPUJ - Fundação Instituto de Pesquisa e Planejamento para o Desenvolvimento Sustentável de Joinville (Org.). **Joinville: Cidade Em Dados 2010/2011**. 2011. 194p.
- LIMA, R. S. **Bases para uma metodologia de apoio à decisão para serviços de educação e saúde sob a ótica dos transportes**. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação Engenharia Civil-Transportes, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003, 200f.
- LORENA, L. A. N.; SENE, E. L. F.; PAIVA, J. A. C.; PEREIRA, M. A. Integração de modelos de localização a sistemas de informações geográficas. **Gestão & Produção**, v.8, n.2, 2001, p.180-195.
- MAPA, S. M. S.; LIMA, R. S. Sistemas de Informação Geográfica (SIG) como ferramenta suporte a estudos de localização e roteirização. **XII SIMPEP**, Bauru-SP, 2005. 12 p.
- MAPA, S. M. S.; LIMA, R. S. Uso Combinado de sistemas de informações geográficas para transportes e programação linear inteira mista em problemas de localização de instalações. **Revista Gestão e Produção**, São Carlos, Vol. 19, nº 1, 2012, p. 119-136.
- MARICATO, E. O urbanismo na periferia do capitalismo: desenvolvimento da desigualdade e contravenção sistemática. In: GOLÇALVES, Maria Flora (org.) **O novo Brasil urbano: impasses, dilemas e perspectivas**. Editora Mercado Aberto, Porto Alegre, 1995. P 261-287.
- MORAES, A. F. **Análise dos processos de definição utilizados pelas prefeituras, para o local de implantação de equipamentos urbanos comunitários (EUCs), em municípios do estado de Santa Catarina**. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013. 169 f.
- MORAES, A. F.; GOUDARD, B.; OLIVEIRA, R. Reflexões sobre a cidade, seus equipamentos urbanos e a influência destes na qualidade de vida da população. **Revista Internacional Interthesis**, v. 5, n. 2. Florianópolis, 2008, p. 93-103.
- NDIAYE, M.; ALFARES, H. Modeling health care facility location for moving population groups. **Computers & Operations Research**, 35, 2008, p. 2154-2161.
- PAC2; **Programa de Aceleração do Crescimento**, Ministério do Planejamento do Brasil, Brasília, 2011. Disponível em: <<http://www.pac.gov.br/comunidade-cidada/ubs-unidade-basica-de-saude>> Acesso em 14/04/2014.
- PIZZOLATO, N. D.; ROZENTAL, M.; Localização de *shoppings centers* de vizinhança. Estudo de caso: Barra da Tijuca, Rio de Janeiro – RJ. **Pesquisa Operacional para o**

- Desenvolvimento**, Rio de Janeiro, v.1, n.3, 2009, p. 199-207.
- ROSÁRIO, R. R. L.; CARNIERI, C.; STEINER, M. T. A.; FLEISCHFRESSER, S. A.; CORREA, E. S. Aplicação do problema das p-medianas para determinar a localização de unidades de saúde 24 horas. **XXXIII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional**, São Paulo, 2001. p. 1155-1166.
- RODRÍGUEZ, J. J. S.; GARCÍA, C. G.; PÉREZ, J. M.; CASERMEIRO, E. M. A general model for the undesirable single facility location problem. **Operations Research Letters**, 34, 2006, p. 427-436.
- ROSSETTO, A. **Proposta de um sistema integrado de gestão do ambiente urbano (SIGAU) para o desenvolvimento sustentável de cidades**. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003. 334f.
- SAMIZAVA, T. M.; KAIDA, R. H.; IMAI, N. N.; NUNES, J. O. R.; SIG aplicado à escolha de áreas potenciais para instalação de aterros sanitários no município de Presidente Prudente - SP. **Revista Brasileira de Cartografia** No 60/01, Abril 2008. p. 43-55.
- SANTOS, A. C. A. O. **Estudo de localização de escolas públicas em áreas urbanas**. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes. Universidade de Brasília, Brasília, 2012. 92f.
- SENDRA, J. B.; MONTSERRAT, G. D.; JIMÉNEZ, A. M.; POZZO, F. Hacia un sistema de ayuda a la decisión espacial para la localización de equipamentos. **Estudios geográficos**, tomo LXI, nº 241, 2000, p. 567-598
- SILVA, J. A. **Ordenação Constitucional da Cultura**. Malheiros Editores, São Paulo, 2001. 250 p.
- SILVA, M. R. **Uma contribuição ao problema de localização de terminais de consolidação no transporte de carga parcelada**. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.
- TEIXEIRA, J. C.; ANTUNES, A. P. A hierarchical location model for public facility planning. **European Journal of Operational Research** 185, 2008, p. 92-104.
- YEH, A. G.; CHOW, M. H. An integrated GIS and location-allocation approach to public facilities planning - an example of open space planning. **Computers, Environment and Urban Systems**, vol. 20, número 4/5, 1996, p. 339-350.