



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA CIVIL - PPGEC

Beatriz Goudard

**LOCALIZAÇÃO DA IMPLANTAÇÃO DE UNIDADES BÁSICAS
DE SAÚDE UTILIZANDO LÓGICA FUZZY E SISTEMAS DE
INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA**

Florianópolis
2014

Beatriz Goudard

**LOCALIZAÇÃO DA IMPLANTAÇÃO DE UNIDADES BÁSICAS
DE SAÚDE UTILIZANDO LÓGICA FUZZY E SISTEMAS DE
INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA**

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do Grau de Doutor em Engenharia Civil.
Orientador: Prof. Dr. Francisco Henrique de Oliveira

Florianópolis
2014

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Goudard, Beatriz

Localização da Implantação de Unidades Básicas de Saúde
Utilizando Lógica Fuzzy e Sistemas de Informação Geográfica
/ Beatriz Goudard ; orientador, Francisco Henrique de
Oliveira - Florianópolis, SC, 2014.
176 p.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa
Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Civil.

Inclui referências

1. Engenharia Civil. 2. Unidades Básicas de Saúde. 3.
Modelos de Localização. 4. Sistema de Informação Geográfica.
5. Lógica Fuzzy. I. Oliveira, Francisco Henrique de. II.
Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-
Graduação em Engenharia Civil. III. Título.

Beatriz Goudard

**LOCALIZAÇÃO DA IMPLANTAÇÃO DE UNIDADES BÁSICAS DE SAÚDE
UTILIZANDO LÓGICA FUZZY E SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA**

Esta Tese foi julgada adequada para obtenção do Título de Doutor, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil.

Florianópolis, 27 de junho de 2014.

Prof. Roberto Caldas de Andrade Pinto, PhD.
Coordenador do PPGEC/UFSC

Prof. Francisco Henrique de Oliveira, Dr.
Orientador

Banca Examinadora:

Prof.^a Claudia Robbi Sluter, Dra.
Membro externo - Universidade Federal do Paraná (UFPR)

Prof.^a Maria Izabel Castreghini de Freitas, Dra.
Membro externo - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Filho (UNESP)

Prof. Carlos Loch, Dr.
Membro - Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

Prof. Everton da Silva, Dr.
Membro - Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

Prof. Rafael Augusto dos Reis Higashi, Dr.
Membro - Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

Ao meu grande amor e companheiro,
Christian Angelo Peredo Pizarro, pela
paciência, ensinamentos e incentivo
em todos os momentos e à minha mãe,
Ilca, pela determinação e amor
incondicional.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Santa Catarina, em especial ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, pela oportunidade de realização deste curso.

À Universidade do Estado de Santa Catarina, em especial ao Centro de Ciências da Administração e Socioeconômicas, por ter viabilizado meu afastamento para a conclusão do curso.

Ao Professor Francisco Henrique de Oliveira pela orientação, competência e incentivo ao longo de todo o curso, por toda a experiência transmitida e pela árdua dedicação com que desempenha sua profissão.

Ao Laboratório de Geoprocessamento da FAED/UDESC, em especial à Jéssica Gerente, pela oportunidade de aprender e utilizar a infraestrutura disponível.

À Universidade Federal do Rio de Janeiro, em especial ao professor do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transporte, Glaydston Ribeiro Mattos, por ter contribuído de maneira inestimável no desenvolvimento da tese, por seus ensinamentos, apoio e viabilização da utilização dos laboratórios para simulações da pesquisa.

À Prefeitura Municipal de Joinville, em especial a Secretaria da Saúde e de Planejamento, por terem apoiado e prestado auxílio no desenvolvimento do estudo de caso, bem como por terem fornecido os dados necessários à aplicação.

Ao Professor e Amigo, Anselmo Fábio de Moraes, por ter sido o incentivador desta tese, ter apontado a necessidade do desenvolvimento do tema e por todo os momentos que tem acompanhado minha trajetória profissional.

À Professora Maria Cristina Fogliatti de Sinay por apoiar a realização da tese, bem como ter auxiliado no desenvolvimento desta.

À amiga e professora Tatiana Comiotto pelo importante auxílio prestado, principalmente nos momentos de dificuldade, sempre incentivando e mostrando a necessidade de superação.

Aos professores da banca que se disponibilizaram a participar empenhando seu tempo para leitura, avaliação e contribuições tão importantes para o aprimoramento desta tese.

Ao meu grande amor, Christian Angelo, por toda paciência e esforço em enfrentar junto comigo as diferentes etapas deste doutorado e ter sabedoria para entender o quão difícil foi abrir mão de estar ao seu lado para poder me dedicar a esta tese.

Aos meus pais, em especial minha mãe, pelo amor, empenho e estímulo prestado durante toda a vida e pela força de vencer obstáculos e superar desafios sempre presentes em sua vida.

À minha família pelo incentivo, carinho e apoio que sempre me proporcionaram.

Aos meus amigos e a todos que, muitas vezes sem saber, contribuíram para a realização de mais um dos meus objetivos.

À Deus pela possibilidade de concretizar este sonho!

RESUMO

A realidade dos centros urbanos brasileiros caracteriza-se com problemas que desafiam o governo na busca por soluções eficientes. Entre estas soluções pode-se destacar a implantação de Equipamentos Urbanos Comunitários (EUC), em especial as Unidades Básicas de Saúde (UBS). Quando estes são bem planejados observa-se um entrosamento entre comunidade e o poder público. No entanto, na grande maioria das cidades a implantação destes equipamentos ocorre de forma inadequada ou pouco expressiva. Visando auxiliar os gestores na busca de locais adequados para a implantação de UBS, levando em consideração diversos fatores que constituem uma cidade, propõe-se um método de orientação para auxiliar na definição de novas localizações. O método consiste de várias etapas, as quais incorporam ferramentas de apoio, como o Sistema de Informação Geográfica, o software de otimização *CPLEX Optimization Studio* e a Lógica *Fuzzy*, que integradas aos tradicionais modelos de localização p-mediana e máxima cobertura apresentam grande potencial para aplicações em planejamento urbano e tomada de decisão. O método é aplicado na implantação de unidades básicas de saúde, na cidade de Joinville, cujos resultados apresentam a situação atual de atendimento das unidades existentes, bem como a necessidade de implantação de novas unidades. Foram realizadas simulações com crescimento populacional projetado para o ano de 2020, 2028 e 2035, com incremento de 1 nova unidade para cada ano de projeto considerado. O método ainda determina possíveis locais para implantação de novas unidades e avalia a viabilidade destes através da lógica *Fuzzy*, com a utilização dos softwares Excel, InFuzzy e FuzzyTECH, comparando variáveis qualitativas e quantitativas e gerando um grau para cada alternativa avaliada. As ferramentas e modelos utilizados apresentaram resultados satisfatórios e maior compreensão por meio da visualização espacial que se materializaram por mapas temáticos, mostrando-se eficientes ao planejamento de localização de unidades básicas de saúde. A aplicação do método mostrou-se útil ao planejamento das unidades de saúde para a cidade de Joinville e pode ser aplicado para outros equipamentos em diferentes locais, desde que as características peculiares de cada cidade sejam consideradas na análise.

Palavras-chave: unidades básicas de saúde, modelos de localização, lógica *fuzzy*.

ABSTRACT

The Brazilian major urban centers are afflicted for problems that challenge the government to solve this issues. In that scenario, one initiative that stands out is the implement of Urban Facilities, in particular the Basic Health Centers. When the implementation of the urban facilities are well planned, most citizens are served, thus creating public welfare. Despite that, in most cities the implementation of UCE's are not adequate. Aiming to help the government decision makers in the location and building of the Basic Health Centers, an orientation method are proposed showing the optimal location of new facilities. The method presented is made of several steps, using Fuzzy Logic, geographical information system and optimization software as CPLEX Optimization Studio. When that tools are combined with more traditional models like p-median and maximum covering, the urban planning and decision making are enhanced. The implementation of the method were applied in the implementation of basic health units, in a city of South of Brazil - Joinville – State of Santa Catarina. The results showed the actual location of the existents basic health units, as well as the lack of new units . Simulations were made with population growth considering the years of 2020, 2028 and 2035 with increments of one unit per year. Through use of fuzzy logic and software support (Excel, InFuzzy and FuzzyTECH) comparing qualitative and quantitative variables (given in one degree for each viable alternative), determines the possible optimal location of the basic health units. The models and tools used helped on the elaboration of thematic spatial maps, broadened the problem comprehension and gave satisfactory results helping the location planning of the basic health units. The application of the method proved to be useful to plan the location of the new health units to Joinville city, and can be applied elsewhere, providing that the peculiarities of each city are observed.

Keywords: basic health centers, location models, fuzzy logic.

LISTA DE SIGLAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

AHP - *Analytic Hierarchy Process*

ANP - *Analytic Network Process*

CIAM - Congresso Internacional de Arquitetura Moderna

CoA - Centro de Área

CoM - Centro do Máximos

CUB - Custo Unitário Básico

DEA - *Data Envelopment Analysis*

EIA - Estudo de Impacto Ambiental

EIV - Estudo de Impacto de Vizinhança

ENGECORPS - Corpo de Engenheiros Consultores S/A

EUA - Estados Unidos da América

EUC - Equipamentos Urbanos Comunitários

FC - Fator de Certeza

FL - *Facility Location*

GdC - Grau de Certeza

GEOLAB - Laboratório de Geoprocessamento da Universidade do Estado de Santa Catarina

GM - Gabinete do Ministério

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IBM - *International Business Machines*

IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

IPPUJ - Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Joinville

NBR - Norma Brasileira da ABNT

OD - Origem/Destino

ONU - Organização das Nações Unidas

PA - Pronto Atendimento

PEU - Plano de Estruturação Urbana

PBU - Plano Básico de Urbanismo

PLADSTU - Plano Diretor do Sistema de Transportes Urbanos

PLIM - Programação Linear Inteira Mista

PLMC - Problema de Localização de Máxima Cobertura

RIMA - Relatório de Impacto Ambiental

SADE - Sistema de Apoio à Decisão Espacial

SAMU - Serviço de Atendimento Móvel de Urgência

SIG - Sistema de Informação Geográfica

SIG-T - Sistema de Informação Geográfica aplicado aos Transportes

SMARTER - *Simple Multi-Attribute Rating Technique using Exploiting Rankings*

SUS - Sistema Único de Saúde

TP - *Transportation Problem*

UBS - Unidades Básica de Saúde

UNICAMP - Universidade Estadual de Campinas

UNISC - Universidade de Santa Cruz do Sul

UTI - Unidade de Terapia Intensiva

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Estudo de localizações - abordagem inicial.....	30
Figura 2: Estrutura Geral de um sistema de Inferência <i>Fuzzy</i>	45
Figura 3: Estrutura Esquemática do Método.....	58
Figura 4: Atividades para a definição dos parâmetros do problema	62
Figura 5: Atividades para a apresentação gráfica do problema.....	63
Figura 6: Atividades para a avaliação da situação existente	64
Figura 7: Atividades para a definição do cenário atual	66
Figura 8: Atividades para a definição da mudança de cenário.....	68
Figura 9: Modelos de localização a serem utilizados.....	70
Figura 10: Critérios a serem avaliados com o uso da Lógica <i>Fuzzy</i>	74
Figura 11: Atividades para a definição do local ótimo	75
Figura 12: Localização de Joinville em Santa Catarina	77
Figura 13: Divisão Política e Administrativa do Município de Joinville	78
Figura 14: Divisão dos setores censitários da área urbana de Joinville	79
Figura 15: Divisão dos bairros de Joinville.....	80
Figura 16: Localização das Unidades Básicas de Saúde na área urbana de Joinville e a distribuição de renda (conforme dados do IBGE de 2010) por setores censitários	84
Figura 17: Área de aplicação do estudo de caso: Regional Costa e Silva	86
Figura 18: Bairros da área de estudo selecionada: Regional Costa e Silva	87
Figura 19: Demanda para a Regional Costa e Silva	91
Figura 20: Faixas de abrangência da área de influência das UBS.....	93
Figura 21: Faixa de abrangência de 1000m para as UBS.....	95
Figura 22: Análise do trajeto entre oferta e demanda	97
Figura 23: Análise do trajeto entre oferta e demanda	98
Figura 24: Localização pelo modelo p-mediana através do CPLEX ..	100
Figura 25: Localização pelo modelo máxima cobertura através do CPLEX.....	101
Figura 26: Localizações definidas pelo modelo máxima cobertura através do SIG e CPLEX	103
Figura 27: Localizações definidas pelo modelo p-mediana através SIG	104
Figura 28: Localizações definidas pelo modelo máxima cobertura (1000m) através SIG	105
Figura 29: Localizações das UBS para a área urbana de Joinville.....	108

Figura 30: Localizações das UBS considerando uma nova unidade (modelo p-mediana)	111
Figura 31: Localizações das UBS considerando uma nova unidade (modelo máxima cobertura)	112
Figura 32: Localizações das UBS considerando duas novas unidades (modelo p-mediana)	113
Figura 33: Localizações das UBS considerando duas novas unidades (modelo máxima cobertura)	114
Figura 34: Localizações das UBS considerando três novas unidades (modelo p-mediana)	116
Figura 35: Localizações das UBS considerando três novas unidades (modelo máxima cobertura)	117
Figura 36: Localizações das UBS considerando quatro novas unidades (modelo p-mediana)	119
Figura 37: Localizações das UBS considerando quatro novas unidades (modelo máxima cobertura)	120
Figura 38: Alternativas de localização de nova UBS: situação 1	125
Figura 39: Alternativas de localização de nova UBS: situação 2	126
Figura 40: Conjunto <i>fuzzy</i> para a variável Renda	132
Figura 41: Conjunto <i>fuzzy</i> para as variáveis qualitativas.....	133
Figura 42: Conjunto <i>fuzzy</i> para defuzificação	133
Figura 43: Localizações mais adequadas definidas com a lógica <i>fuzzy</i>	143
Figura 44: Arquitetura proposta implementada no InFuzzy (parte I)..	145
Figura 45: Arquitetura proposta implementada no InFuzzy (parte II)	145
Figura 46: Arquitetura proposta implementada no FuzzyTECH (1 variável defuzificada)	147
Figura 47: Arquitetura proposta implementada no FuzzyTECH (4 variáveis defuzificadas).....	148

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Taxa de urbanização do Brasil e Regiões (em percentual) ...	7
Quadro 2- Critérios de distribuição para comércio, jardins infantis, áreas de recreação, creche, postos de saúde e escolas de 1º grau	26
Quadro 3- Estudos sobre localização de instalações	34
Quadro 4- Crescimento populacional de Joinville	82
Quadro 5- Unidades de Atendimento do SUS	82
Quadro 6- Capacidade física instalada da rede hospitalar pública	83
Quadro 7- Comparativo de alguns dados da Regional Costa e Silva em relação ao total do Município de Joinville	88
Quadro 8- Alguns dados da demanda da Regional Costa e Silva	89
Quadro 9- Alguns dados da demanda da Regional Costa e Silva	94
Quadro 10- Comparativo entre percentual de pontos de demanda atendida	106
Quadro 11- Demonstrativo dos pontos de localização das UBS existentes e simuladas	106
Quadro 12- Percentual de pontos de demanda atendidos pelas UBS simuladas através do SIG	121
Quadro 13- Percentual de demanda atendida pelas UBS simuladas através do SIG	121
Quadro 14- Simulação o número médio de pessoas atendidas nas unidades para o horizonte de projeto	122
Quadro 15- Demonstrativo dos pontos de localização das UBS existentes e simuladas	122
Quadro 16- Demonstrativo dos pontos de localização das UBS existentes e simuladas para 2035 para o modelo máxima cobertura pelo SIG	123
Quadro 17- Considerações adotadas para as variáveis representativas de cada alternativa	130
Quadro 18- Modelo de construção de conjunto para a variável "renda"	131
Quadro 19- Valores atribuídos pelos usuários para as variáveis qualitativas	134
Quadro 20- Valores atribuídos pelos especialistas para as variáveis quantitativas	135
Quadro 21- Vetores linguísticos das variáveis quantitativas	136
Quadro 22- Vetores linguísticos das variáveis qualitativas	136
Quadro 23- Base de regras e respectivos FC para o bloco de inferência 3	137

Quadro 24- Vetores linguísticos do grau social para a alternativa1 ...	139
Quadro 25- Valores da defuzificação e grau final da alternativa 1	141
Quadro 26- Grau final das alternativas avaliadas através do Excel....	141
Quadro 27- Grau final das alternativas avaliadas considerando 3 conjuntos <i>fuzzy</i> para o grau final	146
Quadro 28- Grau final das alternativas avaliadas considerando 5 conjuntos <i>fuzzy</i> para o grau final	146
Quadro 29- Grau final das alternativas avaliadas pelo InFuzzy	146
Quadro 30- Grau final das alternativas avaliadas pelo FuzzyTECH..	148
Quadro 31- Grau final das alternativas avaliadas	149

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	7
1.1. AS CIDADES E A IMPLANTAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS URBANOS COMUNITÁRIOS	9
1.2. JUSTIFICATIVA.....	11
1.3. PROPOSTA DO ESTUDO.....	12
1.4. OBJETIVOS	13
1.4.1. Objetivo Geral.....	13
1.4.2. Objetivos específicos	14
1.5. ESTRUTURA DO TRABALHO.....	14
2. REVISÃO TEÓRICA.....	16
2.1. EQUIPAMENTOS URBANOS.....	16
2.1.1. Equipamentos Urbanos Comunitários.....	20
2.1.2. Implantação de Equipamentos Urbanos Comunitários nas Cidades.....	24
2.2. MODELOS DE LOCALIZAÇÃO DE EQUIPAMENTOS	32
2.2.1. Modelos de Localização de Instalações Desejáveis.....	35
2.3. FERRAMENTAS COMPUTACIONAIS QUE AUXILIAM A GESTÃO TERRITORIAL.....	40
2.3.1. Sistemas de Informação Geográfica e suas aplicações	40
2.3.2. Lógica <i>Fuzzy</i> e suas aplicações.....	43
3. CIDADES, EQUIPAMENTOS URBANOS E LEGISLAÇÃO ASSOCIADA	48
3.1. CONCEITOS E CONCEPÇÕES DE CIDADES	48
3.2. GESTÃO TERRITORIAL / ESTATUTO DA CIDADE (Lei 10.257/2001).....	53

4. MÉTODO PARA ORIENTAÇÃO DE IMPLANTAÇÃO DE EQUIPAMENTOS URBANOS.....	57
4.1. DEFINIÇÃO DAS ETAPAS DO MÉTODO.....	57
4.2. DESCRIÇÃO DAS ETAPAS DO MÉTODO.....	59
4.2.1. Etapa 1: Definição dos parâmetros do problema.....	59
4.2.2. Etapa 2: Apresentação gráfica do problema com o uso do SIG	62
4.2.3. Etapa 3: Avaliação da Situação Existente	63
4.2.4. Etapa 4: Geração de Cenários	64
5. ESTUDO DE CASO.....	76
5.1. A CIDADE DE JOINVILLE	76
5.2. DESCRIÇÃO DO PROJETO	83
5.2.1 Definição dos parâmetros do problema.....	85
5.2.2 Apresentação gráfica do problema com o uso do SIG	90
5.2.3 Avaliação da situação existente.....	92
5.2.4 Geração de Cenários.....	96
5.3. AVALIAÇÃO DO CENÁRIO 1: SITUAÇÃO PERMANECE IGUAL	96
5.3.1 Apresentação da Situação Atual.....	96
5.4. AVALIAÇÃO DO CENÁRIO 2: REALOCAÇÃO DE DEMANDA	107
5.4.1 Realocação de Demanda - Nova distribuição.....	107
5.5. AVALIAÇÃO DO CENÁRIO 3: BUSCA DE NOVAS LOCALIZAÇÕES.....	109
5.5.1 Modelos de Localização.....	109
5.5.2 Análise das localizações.....	109
5.5.3 Avaliação das Localizações com o uso da Lógica <i>Fuzzy</i> ..	123
5.5.3.1 Construção dos conjuntos <i>fuzzy</i>	130
5.5.3.2 Atribuição de valores para as variáveis	134
5.5.3.3 Fuzificação	135
5.5.3.4 Inferência <i>fuzzy</i>	136
5.5.3.5 Defuzificação	140
5.5.3.6 Aplicação da lógica <i>fuzzy</i> através do software InFuzzy ..	144

5.5.3.7 Aplicação da lógica <i>fuzzy</i> através do software FuzzyTECH	147
5.5.4 Apresentação das propostas	149
5.5.5 Apresentação do relatório final: proposta ótima	150
5.6. ANÁLISE DE RESULTADOS DO MÉTODO.....	151
6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	155
6.1. CONCLUSÕES	155
6.2. RECOMENDAÇÕES PARA FUTUROS TRABALHOS.....	157
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	158
APÊNDICE A - CONJUNTOS FUZZY DAS VARIÁVEIS APRESENTADAS NA ARQUITETURA DO MODELO PROPOSTO..	170
APÊNDICE B - QUESTIONÁRIO SUGERIDO PARA AVALIAÇÃO DE ALTERNATIVAS DE LOCALIZAÇÃO PARA IMPLANTAÇÃO DE NOVAS UBS A SER APRESENTADO PARA OS USUÁRIOS, PORTANTO PARA OBTER VALORES PARA AS VARIÁVEIS QUALITATIVAS	172
APÊNDICE C - BLOCOS DE INFERÊNCIA PARA A ARQUITETURA DO MODELO FUZZY PROPOSTO	173

1. INTRODUÇÃO

A realidade dos centros urbanos brasileiros caracteriza-se com problemas que desafiam as três esferas de governo na busca por soluções eficientes de modo a tornar sustentável a vida da população.

A sustentabilidade urbana baseia-se na capacidade das políticas urbanas se adaptarem a oferta de serviços, a qualidade e a quantidade das demandas sociais, buscando o equilíbrio entre as demandas de serviços urbanos e investimentos em estrutura, com o uso racional dos recursos naturais, preenchendo as necessidades atuais de seus habitantes, sem esgotar os recursos dos ecossistemas atuais e futuros (ACSELRAD, 1999).

Existe uma dificuldade em tratar a sustentabilidade no meio urbano, pois com o constante crescimento das cidades há uma tendência de ocupação irregular de áreas, que podem acarretar uso indevido de recursos naturais. O quadro 1 mostra a taxa de crescimento urbano no Brasil e nas suas respectivas regiões.

Quadro 1- Taxa de urbanização do Brasil e Regiões (em percentual)

Taxa de urbanização do Brasil e Regiões (1940-2010)								
	1940	1950	1960	1970	1980	1991	2000	2010
Brasil	31,24	36,16	44,67	55,92	67,59	75,59	81,23	84,36
Norte	27,75	31,49	37,38	45,13	51,65	59,05	69,83	73,53
Nordeste	23,42	26,4	33,89	41,81	50,46	60,65	69,04	73,13
Sudeste	39,42	47,55	57	72,68	82,81	88,02	90,52	92,95
Sul	27,73	29,5	37,1	44,27	62,41	74,12	80,94	84,93
Centro Oeste	21,52	24,38	34,22	48,04	67,79	81,28	86,73	88,79

Fonte: IBGE, Censos Demográficos

Do quadro 1 pode-se observar que a taxa de urbanização do Brasil encontra-se atualmente em torno de 85%. Segundo Baeninger (1998) esse incremento da população urbana foi consequência, basicamente, de três fatores: do próprio crescimento vegetativo das áreas urbanas, da migração com destino urbano e da expansão do perímetro urbano de muitas localidades, antigamente consideradas rurais. No entanto, quando esse crescimento ocorre sem planejamento adequado, muitos problemas são gerados para as futuras gerações, como por exemplo: poluição, engarrafamentos, violência, desemprego, desigualdade na distribuição de renda, entre muitos outros que irão afetar significativamente a qualidade de vida da população de uma cidade.

A qualidade de vida em uma cidade não pode ser mensurada por um único aspecto. São inúmeros fatores, que agrupados, podem significar algo representativo em termos de classificação de “melhores ou piores”, como bem expresso por Santos e Martins (2002) que citam que o conceito de qualidade de vida engloba diversos aspectos, que se interligam, e que vão desde as questões mais materiais, ligadas à satisfação das necessidades humanas básicas, até às questões imateriais (por exemplo, a segurança, a participação cívica), considerando ainda aspectos objetivos e subjetivos (relacionados com a percepção individual da qualidade de vida e do bem estar dos indivíduos), bem como aspectos de índole individual e coletiva.

Considerando as necessidades humanas básicas, pode-se citar a presença nas cidades de Equipamentos Urbanos Comunitários (EUC). Quando estes são bem planejados e administrados satisfazem algumas das necessidades nem sempre disponíveis para os mais carentes, para a população menos beneficiada financeiramente, aquela que usa o transporte público por necessidade, que não tem condições de pagar um plano de saúde privado, que não frequenta academias e depende das creches para poder deixar seus filhos.

Destaca-se ainda que existe legislação específica sobre os equipamentos urbanos, entre as quais pode-se citar a Lei Federal 6.766/79 (alterada pelas Leis 9785/1999, 11.445/2007, 10.932/2004, 12.424/2011 e 12.608/2012) e a NBR 9284/86, sendo que a última define 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”. Como exemplo de equipamentos pode-se citar: creches, escolas, postos de saúde, sistemas de distribuição de água, aterros sanitários, unidades de corpo de bombeiros, etc.

O acesso aos serviços públicos e a satisfação da população são preocupações constantes dos diversos centros de estudos de planejamento urbano. A transformação ocorrida nas cidades ao longo dos anos, com a migração da população das áreas rurais para os grandes centros e a necessidade de adequar a demanda aos equipamentos urbanos disponíveis ou a serem construídos é um dos fatores essenciais à satisfação da população, buscando-se sempre oferecer uma qualidade de vida adequada.

No contexto urbano não existe um fator único que possa definir a aplicação dos recursos financeiros disponíveis, tampouco existem fórmulas e modelos prontos que permitem aos gestores facilmente

definir os melhores caminhos administrativos em termos de planejamento urbano. Quando a questão envolve a definição de equipamentos urbanos comunitários o processo é ainda mais complexo, pois deve atender uma demanda significativa da população e, na grande maioria das vezes, os métodos disponíveis para avaliar o melhor local de implantação destes equipamentos urbanos comunitários não são levados em conta. 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.

Visando auxiliar os gestores na busca de locais adequados para a implantação de equipamentos urbanos comunitários, levando em consideração diversos fatores que constituem uma cidade, é que se propõe, através desta tese, um método para orientação espacial de implantação de equipamentos urbanos, que permitirá aos gestores um auxílio à tomada de decisão, na distribuição de equipamentos dentro de uma área urbana.

Diante da necessidade de atender a legislação citada, bem como ao Estatuto da Cidade (Lei Federal 10.257/2001) e dos aspectos destacados anteriormente, observa-se a urgência de estudos sobre os equipamentos urbanos no estabelecimento de parâmetros de consulta para subsidiar os gestores na definição dos locais de implantação de novos equipamentos.

1.1. AS CIDADES E A IMPLANTAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS URBANOS COMUNITÁRIOS

Uma das grandes dificuldades que preocupam os governantes e planejadores da questão urbana é a adequação da oferta dos equipamentos urbanos comunitários nas cidades, dado a explosão urbana e os recursos, em geral escassos, que as prefeituras dispõem. Além disso, muitas vezes o equipamento é implantado num terreno público sem maiores estudos. 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. Isto acontece, entre outros fatores, pela falta de uma metodologia adequada para a implantação destes equipamentos.

O planejamento urbano nas cidades deve contemplar a análise de equipamentos urbanos comunitários. A definição do local de implantação dos equipamentos deve levar em consideração critérios tanto quantitativos quanto qualitativos e também atender satisfatoriamente dois grandes objetivos conflitantes nessa questão: o desejo dos governos de minimizar as despesas e a necessidade de atender adequadamente a demanda, maximizando a quantidade fornecida.

De acordo com Sinuany-Stern et al. (1995) e Lopes e Almeida (2008), a maioria dos trabalhos desenvolvidos no âmbito da localização de unidades de serviço utiliza modelos de programação matemática, mas em muitas situações esses modelos podem se mostrar inadequados para incorporar aspectos de natureza subjetiva e que apresentem dificuldades de quantificação e mensuração.

Para Yeh e Chow (1996), modelos de locação-alocação podem ser usados para encontrar a localização ideal de instalações e também para analisar locais existentes pelos setores público e privado. Os autores argumentam, ainda, que a principal desvantagem do uso destes modelos no planejamento de instalações é que a localização ideal identificada pode não ser uma solução prática, por exemplo, quando indica a nova localização próxima a uma nascente, uma área de proteção ambiental ou outras situações dessa natureza.

Segundo Menezes et al. (2011) "a utilização de modelos de localização de instalações, em conjunto com os Sistemas de Informação Geográficas (SIG), tem se tornado uma ferramenta poderosa de apoio à decisão em ambientes espaciais".

Dadas as especificidades de cada situação, não se pode negar a eficácia dos modelos matemáticos na localização de instalações, no entanto a integração destes com outras ferramentas procura oferecer melhores opções de posicionamento, assim como amplia a capacidade de visualização pelos tomadores de decisão, quando aspectos visuais, como os disponíveis no SIG, são utilizados.

Além disso, a integração com ferramentas que consideram os aspectos subjetivos do problema torna ainda mais completa a orientação para os locais de implantação de equipamentos urbanos. A utilização da lógica *fuzzy* contribui neste cenário uma vez que considera tanto valores mensurados quanto qualitativos em sua composição.

Estabelecer um método que considere as ferramentas disponíveis, integradas aos modelos tradicionais de localização, que possa levar em consideração a subjetividade e a opinião de usuários, visando oferecer aos tomadores de decisão opções ótimas de localização, visualmente

mais fáceis de expressar e tecnicamente mais completas, dentro de um fluxograma de atividades no qual os dados iniciais são de fundamental importância para a eficácia do resultado.

1.2. JUSTIFICATIVA

Os projetos de planejamento urbano devem ter como finalidade a promoção do desenvolvimento urbano em busca de uma melhor qualidade de vida e devem ser desenvolvidos, implementados e acompanhados para que, quando necessário, os procedimentos para alcançar os objetivos previamente definidos possam ser reorientados ou redefinidos.

Com o advento do Estatuto da Cidade e a consequente elaboração do Plano Diretor, os gestores das cidades brasileiras passaram a ter uma preocupação maior com o planejamento da gestão urbana. Neste planejamento se evidencia a necessidade de implantação de equipamentos urbanos, pois conforme destacado por Couto (1981), esses desempenham importante função para o equilíbrio social, político, cultural e psicológico de uma população, pois funcionam como fator de escape das tensões geradas pela vida contemporânea em comunidade.

Romanini e Gelpi (2008) afirmam haver falta de equipamentos de uso comunitário nas cidades e destacam que as leis em vigor, na maioria dos estados brasileiros, tratam de forma superficial a implantação e dimensionamento destes equipamentos, apenas mencionando a importância de prever áreas destinadas para os usos de saúde, educação, segurança, lazer e esportes.

Segundo Moraes (2013) o problema da implantação de EUC pode se acentuar pelo fato de não existir, nas prefeituras, uma estrutura de planejamento forte e eficaz, baseada em política de estudo de indicadores sociais e nem de áreas de abrangência. Desta forma, muitas vezes, estes equipamentos são implantados em lugares que não cumprem as funções para os quais são construídos, não caracterizando assim a melhor e mais justa distribuição do espaço e benefícios para a população.

Diante de levantamentos observados pode-se verificar que a grande maioria dos equipamentos urbanos comunitários é implantada sem critério técnico definido.

Yeh e Chow (1996) afirmam que as "instalações públicas, muitas vezes, são alocadas de acordo com disponibilidade de locais, e fatores

de localização são frequentemente negligenciados na escolha do local destas instalações”. Os autores afirmam ainda que as decisões finais na localização de instalações públicas são muitas vezes política e raramente técnicas.

Lima (2003) expõe que a má distribuição dos equipamentos coletivos públicos, em geral, ocorre pela falta de estratégias específicas para a implantação desses equipamentos, não atendendo a demanda que precisam servir.

Tendo em vista as questões anteriormente expostas, o estudo de critérios e métodos que contemplem a implantação de equipamentos urbanos comunitários faz-se necessária, podendo contribuir de forma significativa para a melhoria da qualidade urbana, bem como para melhor aplicação de recursos públicos. O emprego de um método estruturado e adequado pode direcionar a implantação de novas unidades de modo que estas atendam a uma demanda específica e disponibilizando a população uma maior acessibilidade aos serviços essenciais, como é o caso, por exemplo, da saúde pública. Para as instalações já existentes, a análise pode contribuir para o redirecionamento de demanda a locais específicos, de modo a não sobrecarregar o sistema em alguns pontos e garantir o nível adequado de atendimento.

1.3. PROPOSTA DO ESTUDO

Avaliando diferentes abordagens sobre a implantação de equipamentos urbanos comunitários, em particular as unidades básicas de saúde, e as grandes dificuldades encontradas para a definição destes, pode-se formular o seguinte questionamento, o qual é a base do problema desta pesquisa:

“Qual a localização geográfica mais adequada para implantar uma unidade básica de saúde visando racionalizar a aplicação dos recursos públicos e atender satisfatoriamente a população?”

A falta de critérios técnicos com que muitos governantes tem definido os locais de implantação de unidades básicas de saúde em suas cidades e os problemas que isto tem gerado leva a refletir outros aspectos que convém destacar, a saber:

- Quais são os critérios utilizados para a definição do local de implantação de um EUC?

- Quais são os métodos e parâmetros utilizados para a definição do local de implantação de uma UBS? São consideradas variáveis quantitativas e qualitativas?
- A população é envolvida no processo decisório para a definição do local de implantação de uma UBS?
- A relação custo-benefício de um UBS é avaliado antes da definição do local de implantação para uma dada área de abrangência?

A proposta desta tese visa contribuir com o processo de localização de instalações públicas, com a utilização de modelos de localização, integrando SIG e Lógica *Fuzzy*, na determinação da localização geográfica ótima para unidades básicas de saúde, considerando fatores específicos destes tipos de instalações, fornecendo um método de orientação para que os gestores possam embasar suas decisões e elevar a qualidade de vida da população.

A escolha do equipamento urbano "unidade básica de saúde" (popularmente conhecida como posto de saúde) ocorreu tendo em vista a carência de estudos que abordem o conjunto postos de saúde em área urbana. Os estudos na área da saúde descritos a seguir deixam uma lacuna na conjugação dos fatores descritos anteriormente, sendo que a maioria dos estudos se concentra nos serviços emergenciais, dada a sua gravidade.

Buscando responder as questões apresentadas e realizando uma revisão bibliográfica adequada sobre os equipamentos urbanos comunitários foram delimitados os objetivos do presente trabalho.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo Geral

Propor um método que auxilie na tomada de decisão quanto à determinação de local otimizado para a implantação de uma Unidade básica de Saúde - UBS, tendo em vista os recursos públicos e a demanda da população, bem como a legislação vigente.

1.4.2. Objetivos específicos

- a) Analisar ferramentas computacionais selecionadas que permitam a localização adequada de equipamentos urbanos comunitários;
- b) Avaliar o desempenho dos modelos de localização “P-mediana e Máxima Cobertura” na localização de unidades básicas de saúde;
- c) Estabelecer critérios para implantação de novas unidades básicas de saúde, buscando definir um cenário para auxiliar na instalação destes equipamentos;
- d) Avaliar o potencial do Sistema de Informação Geográfica versus a Lógica *Fuzzy* para a implantação de UBS;
- e) Realizar um estudo de caso para o método proposto a fim de verificar sua aplicabilidade.

1.5. ESTRUTURA DO TRABALHO

A presente tese está estruturada em seis capítulos. No Capítulo I, apresenta-se a introdução, a justificativa, a proposta, os objetivos e a composição da tese.

No Capítulo II apresenta-se uma revisão da literatura que irá embasar os demais capítulos. Aborda-se aspectos relativos aos equipamentos urbanos e aos atuais procedimentos para a localização destes, bem como as ferramentas computacionais a serem utilizadas.

O Capítulo III apresenta as diferentes concepções sobre cidade, aspectos relativos ao estudo dos equipamentos urbanos e a legislação correlata aos mesmos.

O Capítulo IV destina-se a apresentar a estruturação do método, descrição de suas etapas, variáveis e critérios a serem utilizados, bem como a forma de estabelecer as propostas de localização (cenários).

A aplicação do método proposto é apresentado no Capítulo V, a qual será realizada para o estudo de unidades básicas de saúde, na cidade de Joinville - SC. Desta forma será apresentada uma abordagem sobre os aspectos relevantes e os números da oferta e demanda quanto aos serviços de saúde da cidade, a descrição dos critérios e variáveis necessárias à aplicação do método. Para finalizar o capítulo foi desenvolvida uma análise das propostas de localização obtidas e os resultados obtidos com a aplicação do método.

O Capítulo VI expõe as conclusões gerais sobre o modelo desenvolvido e as recomendações para trabalhos futuros.

Finalizando a tese proposta são apresentadas as referências bibliográficas utilizadas e os apêndices.

2. REVISÃO TEÓRICA

2.1. EQUIPAMENTOS URBANOS

O planejamento de uma cidade deve levar em consideração a organização espacial e as relações sociais e culturais, ou seja, deve estabelecer critérios que integrem as estruturas construídas, as pessoas e suas atividades laborais e de lazer, os fatores econômicos, a mobilidade, os aspectos culturais e históricos da cidade, bem como a dinâmica social de sua população.

No Brasil grande parte das cidades crescem de forma espontânea, sendo as ações de planejamento, muitas vezes mais corretivas do que propositivas e desta forma o planejamento espacial tende a ser ignorado.

Sendo de forma corretiva ou propositiva é importante que o estudo da cidade leve em conta a provisão de serviços e equipamentos urbanos. Neste sentido é importante 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.) que definem as formas de distribuição de equipamentos, serviços urbanos e áreas de lazer, pois segundo a autora essa distribuição deve atender a população de forma a manter distâncias adequadas entre as áreas de trabalho, habitação e lazer.

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, postos de saúde, postos policiais, equipamentos urbanos de infraestrutura etc.), além de prover as cidades com mais áreas verdes e espaços para o lazer. Mas estes índices devem ser definidos para cada cidade, e não apenas copiados sem a adequação da realidade local onde vão ser aplicados.

Já Mammarella (2001) afirma que os benefícios que as cidades podem oferecer à sua população estão em correlação direta com as possibilidades de acesso aos meios capazes de proporcionar qualidade de vida: renda, serviços e equipamentos urbanos, saúde, educação.

Dentro deste contexto surgem vários impasses. Começamos por destacar a qualidade de vida das famílias de rendas mais altas. Em geral, estas famílias ocupam as áreas mais nobres da cidade, sendo estas áreas favorecidas com políticas públicas para melhoria das condições urbanas.

Passamos agora a analisar as famílias de classe baixa. Em sua maioria, ocupam as áreas menos valorizadas da cidade, que em geral, carecem de serviços de infraestrutura básica. Daí observa-se que a população assalariada, na sua grande maioria, não tem condições de morar em locais nobres e conseqüentemente não dispõe de infraestrutura básica para garantir sua qualidade de vida, além de gastar mais tempo e dinheiro com deslocamentos imensos no trajeto casa-trabalho.

Almeida (2010) afirma que ao se analisar 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.

Oliveira e Mascaró (2007) voltam sua análise para o impacto que os equipamentos urbanos de lazer trazem para a qualidade de vida urbana e afirmam que esses devem ser quantificados e sofrer uma análise detalhada sobre a qualidade, considerando que o crescimento desordenado das cidades e as políticas de gerenciamento, que nem sempre contemplam o interesse coletivo, criam reflexos na distribuição, tipologia e manutenção dos espaços públicos de lazer, favorecendo apenas parte da população.

Dentre os espaços públicos de lazer é válido elucidar os espaços abertos. Verifica-se que existe grande demanda por espaços abertos no meio urbano, dada a necessidade do ser humano estar ao ar livre. Em muitas cidades isto se torna mais evidente quando da proposição, pela própria população, da necessidade de implantação e manutenção de praças e parques. Novamente pode-se verificar que a população de maior renda tem mais acesso a estes locais, até porque muitos habitam grandes condomínios residências que dispõe desta estrutura. Além disso, a população de maior renda é também a que dispõe de maior acessibilidade aos espaços de lazer privados, como por exemplo, os shoppings centers. Para a população de menor renda restam apenas poucos espaços e muitas vezes estes ainda se resumem a áreas para circulação, sem oferecer equipamentos adequados aos habitantes.

Conforme Puppi (1981), a quantidade adequada deve estar combinada com a ordenação de um sistema, de modo que toda a população possa desfrutar dos espaços abertos públicos equitativamente, com a mesma facilidade de acesso. Para Bartalini (1986), os valores associados aos espaços coletivos não são excludentes, pelo contrário, é importante que estejam interligados para que esses espaços alcancem

melhor desempenho dentro do sistema urbano, levando em consideração a adequação ambiental e os usuários.

Convém destacar que a intensidade de uso dos espaços públicos está diretamente ligada às condições de manutenção e de conservação, assim como da localização em relação aos equipamentos e mobiliários urbanos existentes. É importante lembrar também as palavras de Loboda e De Angelis (2005) quanto a adequação dos espaços públicos quando estes afirmam que os espaços públicos foram banalizados ou relegados ao esquecimento. Salientam que as praças, parques públicos, cedem lugar a estacionamentos, ou então passam a ser território de desocupados, prostitutas e toda sorte de miséria humana; que as calçadas, tomadas de assalto por camelôs e ambulantes, não permitem o fluir normal de pedestres por esse espaço que a eles pertencem; que os parques, abandonados, transformaram-se em áreas para crescimento natural do mato que a tudo envolve; e concluem que o cidadão, principalmente aquele de menor ganho aquisitivo, sem poder usufruir desses espaços, vê-se acuado entre o local de trabalho e sua moradia.

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) e circular.

Dreux (2004) esclarece que as questões referentes à provisão de equipamentos e serviços urbanos, elaboradas pelo CIAM (Congresso Internacional de Arquitetura Moderna), e apresentadas na Carta de Atenas são muito relevantes e destaca alguns pontos que se transcreve a seguir.

- artigo 18 da Carta de Atenas: ... é arbitrária a distribuição das construções de uso coletivo dependente da habitação. A moradia abriga a família que constitui por si só todo um programa e coloca um problema cuja solução – que outrora já foi, por vezes, feliz – está hoje entregue, em geral, ao acaso. Mas a família reclama ainda a presença de instituições que, fora da moradia e em suas proximidades, sejam seus verdadeiros prolongamentos. São elas: centros de abastecimento, serviços médicos, creches, jardins de infância, escolas, às quais se somarão organizações intelectuais e esportivas destinadas a proporcionar aos adolescentes a possibilidade de trabalhos ou de jogos adequados à satisfação das aspirações próprias dessa idade e, para completar, os “**equipamentos de saúde**”, as áreas próprias à cultura física e ao esporte cotidiano de cada um,

- “há que exigir que todo o bairro de habitação comporte, daqui em diante, a superfície verde necessária para a disposição racional dos jogos e desportos infantis, dos adolescentes e adultos”,
- “há que exigir... que estas novas superfícies verdes sirvam para fins nitidamente definidos: incluir os jardins de infância, as escolas, os centros juvenis e todos os edifícios de comunidade intimamente ligados à habitação”.

Com isto pode-se verificar que, já em 1933, eram evidentes as necessidades de equipamentos urbanos e áreas que garantissem a qualidade de vida da população.

Depois desta Carta, outro documento importante para as cidades foi a Lei Federal 6.766 de 1979 que impôs requisitos urbanísticos com o objetivo de garantir as condições pressupostas como mínimas para a ocupação urbana. Dentre os principais requisitos apresentados por esta Lei e que vai de encontro ao estudo desta tese é à 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.

Outro requisito urbanístico importante apresentado pela Lei 6.766 refere-se a percentagem de áreas públicas, quando estipula que esta não pode ser inferior a 35% do total da área da gleba loteada. Convém destacar que a referida Lei foi alterada pelas Leis 9.785/1999, 11.554/2007, 10.932/2004, 12.424/2011 e 12.608/2012 e em especial a Lei 9.785/1999 alterou o valor anteriormente fixado em 35% de áreas públicas, passando a responsabilidade por esta definição para uma legislação municipal específica.

Para corroborar com a questão dos equipamentos urbanos, a Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, através da NBR 9284 (Equipamento Urbano), de 1986, define 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.”

Na visão de Barreiros e Abiko (1998) a ABNT é mais específica e classifica os equipamentos que dão sustentação às funções urbanas, de forma diferenciada à da Lei Federal 6.766/79, não os subdividindo em categoria de equipamentos comunitários e equipamentos urbanos. A norma NBR 9284 define a existência de apenas um grupo de equipamento: equipamento urbano. A citada norma subdivide equipamento urbano em categorias e subcategorias. A norma define como 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 e j) saúde. Para os autores citados “a lei, ora em análise, não contempla a abrangência conceitual que a norma dispõe” e segundo a experiência destes autores, os conceitos existentes na norma, por serem mais abrangentes e específicos, promovem uma melhor compreensão do que seja equipamento urbano.

Entende-se que o planejamento urbano deve buscar identificar locais adequados para a implantação dos equipamentos urbanos e, principalmente, que este estudo seja feito em conjunto com os diversos usos do solo, de modo a dotar as áreas de infraestrutura condizente, não permitindo que ocupações irregulares possam degradar a qualidade ambiental da cidade. A previsão de áreas verdes já não é mais suficiente quando do planejamento de novas ocupações. A necessidade de indicadores para a definição de locais adequados à instalação de equipamentos urbanos é de extrema importância e não pode ser esquecida pelo poder público.

2.1.1. Equipamentos Urbanos Comunitários

De acordo com a Lei Federal 6.766/79, Equipamentos Urbanos Comunitários (EUC) são os equipamentos públicos de educação, cultura, saúde, lazer e similares. Para Couto (1981): equipamentos comunitários são os destinados à atender as necessidades da comunidade que utiliza o solo urbano concernentes 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.

Dado o acelerado crescimento urbano das cidades, constantemente ao visualizar as notícias diárias depara-se com os problemas gerados pela falta de Equipamentos Urbanos Comunitários.

Para Torres (2000), o EUC é um suporte material para a prestação de serviços básicos de saúde, educação, recreação, esporte, etc. É constituído por um conjunto de espaços e edifícios, cujo uso é predominantemente público. Para a autora estes equipamentos funcionam adequadamente desde que observados três pontos, a saber:

- a) Conservação e manutenção, incrementando e otimizando a prestação de serviços, aproveitando as instalações em sua total capacidade;
- b) Reestruturação dos edifícios e instalações a fim de oferecerem melhores serviços dentro de um contexto dinâmico e implantando inovações;
- c) Produção de novas unidades, em localizações adequadas e dimensionadas para cobrir as necessidades ainda não satisfeitas, levando em conta os desejos da sociedade e considerando as tendências do crescimento demográfico.

Segundo Silva (2001) a população de menor poder aquisitivo tem suas necessidades de lazer efetivamente satisfeitas quando a cidade dispõe de bons e suficientes EUC, como por exemplo: brinquedos dos parques infantis, conchas acústicas, quadras de competições esportivas, etc.

Arfelli (2004) afirma que quanto maior for a densidade de ocupação, sendo os lotes menores e possibilitando a ocupação de um número maior de pessoas, como nos loteamentos populares, maior deverá ser o número de equipamentos comunitários. Neste mesmo contexto, Acioly e Davidson (1998), esclarecem que a densidade torna-se um referencial importante na avaliação da distribuição e consumo da terra urbana, da infraestrutura e dos equipamentos e serviços urbanos em uma área residencial, quanto maior for a densidade, melhor será a utilização dessa infraestrutura.

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. Moraes et al. (2008) em seus estudos abordam essa questão de forma importante e dizem que cada cidade possui uma gama de Equipamentos Urbanos Comunitários (EUC), com características e funções próprias dentro das áreas de conhecimento humano, como hospitais, na saúde; praças, no lazer; escolas, na educação; entre outros que são fundamentais para organizar e qualificar o espaço urbano. Devem, através de suas características ou importância, fornecer o melhor possível dentro do objetivo para o qual foram construídos, constituindo-se em referências para os habitantes daquela área de abrangência e para o município como um todo.

De acordo com Moraes (2013) a necessidade de equipamentos urbanos comunitários aumenta conforme cresce a população e quando em número não adequado ou em local não apropriado, podem gerar problemas às cidades, nem sempre fáceis de resolver. O autor parte do pressuposto que a existência de EUC é considerada como um fator importante de bem-estar social e de apoio ao desenvolvimento econômico, assim como de ordenação territorial e de estruturação dos aglomerados humanos. Para ele a carência dos mesmos mostra as desigualdades sociais. Outra questão a ser abordada no estudo dos equipamentos urbanos comunitários está no fator acessibilidade. Este tema está sendo muito discutido atualmente, uma vez que o aprimoramento da legislação o impôs como requisito para muitos projetos. Para o referido 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 inúteis.

O Estatuto da Cidade, Lei Federal número 10.257/2001, aprovada em 10 julho de 2001, caracterizou novos avanços sobre os estudos das cidades e sua organização, bem como disciplinou o uso de espaços urbanos. Esta Lei cita em seu *artigo 25*: (Direito de Preempção) – O direito de preempção confere ao poder público municipal preferência para aquisição de imóvel urbano, objeto de alienação onerosa entre particulares, entre os itens citados inclui a implantação de equipamentos urbanos. Já o *artigo 35* trata da Transferência do Direito de Construir – Lei Municipal que autoriza o proprietário de imóvel urbano a exercer em um outro local o direito de construir previsto em legislações urbanísticas decorrentes, quando o referido imóvel for considerado para fins de implantação de um Equipamento Urbano Comunitário. E para completar o relacionamento do Estatuto da Cidade com os equipamentos urbanos destaca-se ainda o *artigo 36* (Do Estudo do Impacto de Vizinhança) – Lei Municipal que definirá os empreendimentos e atividades privadas ou públicas em área urbana que dependerão, de elaboração de Estudo Prévio de Impacto de Vizinhança (EIV) para obter licença ou autorização de construção, ampliação ou funcionamento, a cargo do poder público municipal. A exigência do EIV não dispensa a prévia apresentação do Estudo do Impacto Ambiental (EIA), nem o Relatório de Impacto Ambiental (RIMA), quando exigidos pela legislação ambiental. O EIV inclui Equipamentos Urbanos Comunitários.

Também pode-se citar o Estatuto da Cidade em seu artigo 2º, quando este destaca a questão do lazer que deve ser atendida pelos

equipamentos urbanos comunitários (inciso V). Pode-se perceber a importância da função social da cidade no atendimento ao lazer da população, uma vez que as leis destacam artigos específicos para este item, isso aconteceu também com a Lei 6.766/79 (artigo 4º).

Procurou-se apresentar estes artigos a fim de mostrar que os gestores devem primar pela instalação de equipamentos urbanos comunitários de qualidade, previamente estudados e definidos e que cabe a estes o importante papel de disciplinar o uso do solo urbano visando a garantia da melhor qualidade de vida para a população da sua cidade. Quer-se neste sentido, abordar a necessidade dos gestores apresentarem compromissos com a sociedade como um todo, não se restringindo aos interesses imobiliários e especulativos dos grandes investidores e lembrando que os equipamentos urbanos comunitários, juntamente com a infraestrutura e as moradias constituem os componentes físicos básicos para a existência de uma cidade.

Os EUC apresentam características e funções próprias que muitas vezes constituem-se como referência para os habitantes de uma cidade. Principalmente no passado, onde as praças eram símbolos marcantes, observa-se que muitas delas eram consideradas como pontos de referência. Hoje o mesmo acontece com alguns hospitais e escolas. Não se quer aqui destacar exemplos isolados, mas todas as cidades apresentam estas referências, mostrando assim a importância dos EUC dentro do contexto social urbano. Se por um lado eles servem de referência pela qualidade e satisfação no atendimento da população, por outro ele pode também tornar-se destaques nas cidades, mostrando 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, o que nos dias atuais não mais se permite acontecer. Ainda, caso o equipamento esteja ocioso é necessário avaliar a oferta e demanda da área de influência deste, buscando alternativas de uma possível relocação.

Se analisarmos as referências históricas, pode-se dizer que desde que ocorreram os primeiros povoados houve a necessidade de implantar equipamentos urbanos comunitários. Suas funções básicas, num primeiro momento, eram para dar proteção, conforto ou disciplina. Com a revolução industrial, o crescimento populacional que passou a habitar as cidades e o avanço tecnológico verificou-se a necessidade de ampliar e aperfeiçoar os serviços urbanos, o que acabou refletindo também nos EUC.

2.1.2. Implantação de Equipamentos Urbanos Comunitários nas Cidades

Para Campos Filho (2001) já na década de 1970, se discutia a falta de diretrizes para a ocupação dos espaços urbanos. Quando existiam, raramente eram colocados em prática, fazendo com que a distribuição dos equipamentos e serviços urbanos nas cidades ocorresse sem planejamento.

Em sua tese de doutorado, 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” (Lima, 2003, p.1).

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 os autores da literatura sobre o assunto também não apresentam consenso quanto a esses parâmetros, pois cada um os trata de forma diferenciada, conforme pode ser observado no quadro 2. Neste quadro, Ferrari (1977) considera que para uma escola, referenciando esta à unidade de vizinhança, ela não deve exceder a 1000 metros de distância entre a sua posição e o ponto de abrangência mais afastado (equivalente a 15 minutos de caminhada de uma criança) e que nenhuma via de trânsito rápido pode cruzar esta unidade de vizinhança, garantindo a segurança das crianças. Para Ferrari (1977) a unidade residencial é o conjunto residencial que abriga uma população de 1000 a 3000 (sendo "ideal" que não ultrapasse 2000 pessoas), constitui a menor unidade urbana de relação e convivência, correspondendo a uma área circular de 200 metros de raio. Já a unidade de vizinhança é um núcleo populacional urbano de 3000 a 15000 pessoas, sendo predominantemente residencial, definida e delimitada por seu equipamento básico (a escola primária), correspondendo a uma

área circular de 800 metros de raio. A portaria 2488 de 21 de outubro de 2011, também estabelece alguns parâmetros para o atendimento de unidades básicas de saúde, estabelecendo que:

"Com o intuito de facilitar os princípios do acesso, do vínculo, da continuidade do cuidado e da responsabilidade sanitária e reconhecendo que existem diversas realidades sócio epidemiológicas, diferentes necessidades de saúde e distintas maneiras de organização das UBS, recomenda-se:

I - para Unidade Básica de Saúde (UBS) sem Saúde da Família em grandes centros urbanos, o parâmetro de uma UBS para no máximo 18 mil habitantes, localizada dentro do território, garantindo os princípios e diretrizes da Atenção Básica; e

II - para UBS com Saúde da Família em grandes centros urbanos, recomenda-se o parâmetro de uma UBS para no máximo 12 mil habitantes, localizada dentro do território, garantindo os princípios e diretrizes da Atenção Básica. Educação permanente das equipes de Atenção Básica". (Portaria 2488/2011 do MS)

Com base no quadro 2 pode-se deduzir algumas questões: primeiramente que existem alguns aspectos (numéricos) já definidos para a melhor localização de equipamentos urbanos comunitário. Em segundo lugar, verifica-se que a unidade de vizinhança não foi considerada quando do planejamento de muitas cidades. Apesar dos indicadores apresentados ainda existe uma defasagem muito grande de equipamentos, e nos dias atuais, principalmente nas grandes cidades brasileiras, poucas são as crianças que vão a pé para a escola, fato impulsionado pelo uso do transporte individual que sobrecarrega as vias e atrai vários outros problemas para as cidades. Estes são apenas alguns poucos elementos que nos levam a refletir sobre a dificuldade que se apresenta para os gestores quando da implantação de EUC, daí a evidente necessidade de existir um método que auxilie os gestores na definição dos seus locais de implantação.

Quadro 2– Critérios de distribuição para comércio, jardins infantis, áreas de recreação, creche, postos de saúde e escolas de 1º grau

<i>Autores</i>	Comércio	Áreas desportivas e de recreação	Jardins infantis	Creche	Postos de saúde	Escolas de 1º grau
<i>Mattos</i>	3 cm de fachada por habitante	16 m ² /habitante	-	-	-	-
<i>Debiagi</i>	-	2.000 m ²	-	-	Deve atender a uma população de 5.000 hab.	-
<i>Alexander</i>	-	225 metros	-	Ao lado das escolas, atender a 1 un. de vizinhança	1 unidade deve atender 7.000 hab.	Próximo as praças, acessível a pé
<i>Santos</i>	-	-	-	Próximo às habitações	Devem servir aos bairros	-
<i>Moretti</i>	-	-	-	-	-	-
<i>Ferrari</i>	-	-	Raio de abrangência: 400 a 600 metros	Atender a 1 un. de residência	Atender a 1 un. de vizinhança	Atender a 1 un. de vizinhança
<i>Patrick Abervrombie</i>	-	12 m ² /habitante	-	-	-	-
<i>Atilio Correia Lima</i>	-	10 m ² /habitante	1,33 m ² /habitante	-	-	-
<i>Raymond Unwin</i>	-	28 m ² /habitante	-	-	-	-
<i>Grupo holandês do CIAM</i>	-	1.000m (crianças de 6 a 14 anos) 1.500m (adolescentes e adultos)	400m de raio	-	-	-

Fonte: Dreux (2004)

No estudo desenvolvido por Cardoso (2006), a autora destaca que em uma organização pública (municipal, estadual ou federal), devido à descontinuidade política de um governo para outro, as decisões de investimentos em serviços precisam ser baseadas em informações, pois estas devem mostrar retorno de investimento em curto prazo para satisfazer as necessidades de seus eleitores. Além disso aborda a questão da tomada de decisão e como esta influencia a gestão pública, além de destacar que a percepção da ausência de alternativas estratégicas e a identificação de componentes das etapas de produção de equipamentos sociais urbanos podem contribuir diretamente para o encarecimento dos seus custos de produção.

A autora também observa que na análise dos custos para a implantação de equipamentos urbanos grande valor é despendido com aditivos e isto ocorre porque muitos projetistas não conhecem o terreno nos quais a obra será executada e só tomam conhecimento da área quando dão início às obras. Outro fator observado é que há uma tendência em repetir o mesmo projeto para todas as suas unidades, desconsiderando as particularidades de cada microrregião e as necessidades apresentadas em cada uma delas. Deste estudo algumas considerações podem ser obtidas principalmente a falta de um planejamento completo dos equipamentos urbanos, uma vez que em muitos casos, se faz o projeto preliminarmente e só depois se define o local de implantação. Questiona-se como estes são projetados, qual a demanda considerada, quais os locais possíveis de implantação? Enfim, várias abordagens precisam ser definidas antes do projeto ser propriamente elaborado. Além disso, a importância de um sistema com informações coerentes que possa ser utilizado, independentemente do governo que está gerenciando a cidade, evidencia que ainda existe um longo caminho a ser percorrido na gestão dos equipamentos urbanos pelas administrações das cidades.

Para Guedes (2007) os equipamentos encontram-se integrados formalmente com o meio ambiente, na medida em que ambos estabelecem um diálogo de respeito mútuo. Isto quer dizer que os equipamentos e o ambiente no qual ele é instalado precisam estabelecer uma relação harmônica a partir das características de cada lugar, portanto não há uma fórmula precisa. Não basta uma forma existir ao lado da outra, estas precisam interagir, dialogar, e se relacionar.

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 das cidades 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 dos EUC. Basicamente, estes são implantados em terrenos pertencentes às prefeituras e que na maioria das vezes não estão localizados de maneira a garantir benefícios a quem vai utilizá-los, que são justamente os habitantes da região determinada e por isso, não raras são as vezes que se tem estes EUC ociosos e até abandonados.

Para este autor é imperioso que se estude como as cidades têm se planejado para solucionar questões relativas ao tema e definir sobre a implantação de equipamentos em número e local certo, se estão se utilizando da experiência adquirida e de planejamento, com o objetivo

de responder da melhor maneira possível às necessidades da população residente, atribuindo-lhes novas perspectivas no que se refere à qualidade de vida e ao crescimento sustentável da própria cidade.

A adequada localização destes equipamentos dentro do espaço urbano pode ser verificada através do grau de satisfação da comunidade local. Quando são atendidos os anseios de acessibilidade, conforto, segurança, saúde, educação, lazer, pode-se dizer que os EUC foram apropriadamente implantados.

Galvão et al. (1999) enfatizam que os problemas de localização de equipamentos urbanos podem ser resolvidos pelos modelos normativos, pois estes buscam a otimização de uma norma (medida de eficiência), sujeita às restrições operacionais relevantes e adéquam-se aos problemas que podem ser formulados e resolvidos com base em técnicas de otimização matemática.

A questão central desta tese está na determinação das posições geográficas mais adequadas para instalação de equipamentos urbanos. Assim, pode-se dizer que se enquadra como um problema de localização. A localização inadequada dos equipamentos urbanos provoca gastos desnecessários tanto para o poder público quanto para a população, sem contar os prejuízos sociais e ambientais decorrentes deste processo.

É importante destacar que grande parte da literatura estrangeira sobre o assunto, como por exemplo Rodrigues et al. (2012-a), classificam o problema de localização de instalações por tipo de instalação. Ou seja, no trabalho citado é apresentada uma abordagem para o problema de localização de uma instalação semi-desejável (*semi-desirable ou semi-obnoxious*). Sendra et al. (2000), em seu estudo destacam como característica do problema de localização os tipos de equipamentos e apresentam 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 não desejáveis:** 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.

Rodriguez et al. (2006) afirmam que as instalações/equipamentos podem ser categorizados, de forma geral, como desejáveis (*desirable*)

ou indesejáveis (*undesirable*). Segundo estes autores, as instalações **indesejáveis** podem ser distinguidas como instalações **nocivas/tóxicas** (*noxious*) ou **desagradáveis** (*obnoxious*). De acordo com Khadivi e Ghomi (2012), instalações nocivas (como usinas de energia nuclear, com resíduos perigosos, por exemplo) envolvem um risco potencial para a saúde pública e segurança e as instalações desagradáveis apresentam menor risco potencial para a saúde, mas não são necessariamente mais desejáveis do que as instalações tóxicas (podem ser definidos como instalações que podem ser úteis para a população, mas geram externalidades negativas no ambiente circundante, como por exemplo, instalações de reciclagem de resíduos sólidos).

Em se tratando de equipamentos desejáveis pode-se diferenciar aqueles que são de **caráter público** daqueles de **caráter privado**. Chung e Tcha (1992) corroboram com o exposto e afirmam que problemas de localização de equipamentos podem ser classificados em dois tipos: problemas do setor **público** e problemas do setor **privado**. 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), 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 tem como principal finalidade proporcionar benefícios a seus proprietários através da utilização pela população (como exemplo mais evidente, destaca-se os comércios). Os autores destacam ainda que para cada caso (desejáveis público ou desejáveis 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) esclarecem que para qualquer 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 das localizações conforme exposto anteriormente.

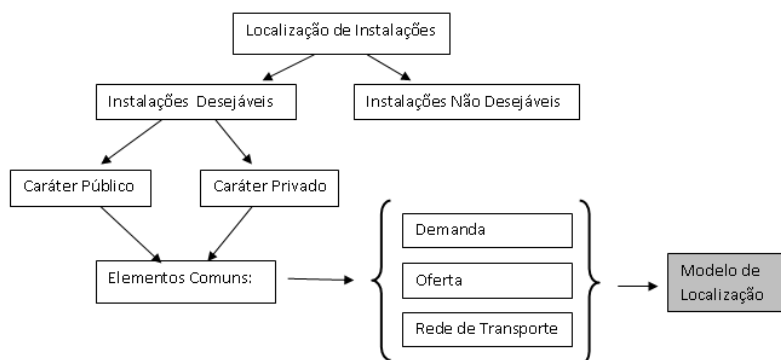


Figura 1: Estudo de localizações - abordagem inicial

Gu, Wang e Geng (2009) apresentam uma nova classe de problemas de localização e alocação de instalações por considerar a localização de dois tipos de instalações, **estáticas** e **de transporte**, de forma a atender a um custo mínimo determinada região. Eles exemplificam a questão considerando a localização de hospitais como instalações estáticas e a localização de ambulâncias como instalações de transporte.

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.

Segundo Sendra et al. (2000), Ramirez (2002) e Buzai (2011) é possível destacar dois princípios básicos que devem ser levados em conta para resolver os problemas de localização de equipamentos:

1º) **Princípio da eficiência espacial ou territorial:** se refere ao volume global de deslocamentos que o conjunto da população que requer o serviço deve efetuar para utilizar as instalações, trata de medir o custo, em tempo de viagem ou distância, que a população terá que transitar para poder utilizar os serviços. Este princípio é buscado pelas instituições privadas, como por exemplo as grandes superfícies comerciais que procuram se instalar em locais com muita população, onde a eficiência está em maximizar os resultados dos recursos aplicados;

2º) **Princípio da justiça espacial:** se refere tanto a disponibilidade de recursos em iguais condições de tempo e distância, quanto ao acesso igual em condições de pagamento. Para os equipamentos desejáveis e não desejáveis de titularidade pública é importante que não existam grandes diferenças geográficas na possibilidade de usar os serviços. As distâncias existentes entre a demanda e a oferta não devem ser excessivamente diferentes, já que isso implica grandes diferenças no acesso à oferta.

Estes dois princípios são levados em conta na hora de estabelecer a avaliação da situação inicial (demanda e oferta, acessibilidade, áreas de influência, etc.) e os modelos matemáticos a serem utilizados.

Conforme o exposto até aqui, observa-se que várias são as classificações e critérios a serem considerados na localização de equipamentos urbanos comunitários.

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 a ajuda à decisão e são basicamente destinados a determinar locais mais eficientes de acordo com algum objetivo, como por exemplo minimização de custos ou maximização de acessibilidade.

Lopes e Almeida (2008) destacam algumas abordagens utilizadas para o problema da localização de instalações, como por exemplo, a programação matemática. Os autores observam que "ao contrário das operações de manufatura, na qual os custos de produção são importantes considerações na seleção de uma locação, os serviços devem focar primordialmente fatores relacionados ao cliente" e que a localização de unidades de serviço envolve uma maior quantidade de fatores subjetivos, dificultando o uso de modelos de decisão tradicionais para o problema de localização.

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 (distância, tempo, custos, etc.) satisfazendo diversas restrições, em particular restrições de demanda.

Chung e Tcha (1992) esclarecem que o problema de localização de instalações tem aplicações generalizadas e foram analisados usando técnicas de programação matemática. 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.

Desta forma, apresenta-se, a seguir, os principais modelos de localização utilizados em instalações desejáveis.

2.2. MODELOS DE LOCALIZAÇÃO DE EQUIPAMENTOS

Conforme exposto por Galvão et al. (1999) o interesse em problemas de localização tem crescido bastante a partir da década de 60 e podem ser classificados em três classes principais: a) localização no

plano com espaço infinito de soluções, b) localização no plano com espaço finito de soluções e c) localização em redes. Os primeiros apresentam o inconveniente de poderem propor a localização de instalações em lugares geograficamente inviáveis (como no meio de um lago), o que já não acontece nos modelos em rede.

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.

Para Jia et al. (2007-b) modelos de localização de instalações podem ser classificados de acordo com seus objetivos, restrições, soluções ou outros atributos. Os autores afirmam ainda que diferentes classificações destes modelos tem sido propostas e apresentam oito critérios mais comuns utilizados, a saber: tipo, objetivo, métodos de solução, características das instalações, padrões de demanda, tempo de atendimento, horizonte de tempo e dados de entrada (nos modelos determinísticos, por exemplo, os parâmetros são definidos com valores específicos e portanto, o problema é simplificado com soluções fáceis e rápidas).

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 variáveis sociais e ambientais nos novos estudos, sendo que a questão que se propõe é como mensurar estas variáveis.

Segundo Souza (2011) os modelos de distribuição espacial, de modo geral foram concebidos para permitir a localização ótima de uma série de equipamentos ou serviços alocando uma determinada demanda a eles.

Vários estudos foram desenvolvidos envolvendo a localização de instalações e modelos matemáticos, não se quer aqui de maneira alguma esgotar o assunto, mas sim mostrar um pouco da literatura que se utilizou como base para definir o método proposto. Desta maneira apresenta-se o quadro 3, com alguns estudos realizados e as respectivas áreas de aplicação.

Quadro 3– Estudos sobre localização de instalações

Autor (es)	Ano	Recurso Tecnológico	Tipo de estudo	País/ Grupo de Pesquisa	Nacionalidade	Extensão da aplicação
Sinuany-Stem et al.	1995	Modelos matemáticos + AHP	estudaram a localização de um hospital em uma região rural de Israel	Departamento de Eng. e Gestão Industrial, Universidade de Negev, Beer Sheva, Israel	internacional (Negev - Israel)	Negev - Israel
Yeh e Chow	1996	Modelos matemáticos + SIG	fizeram um estudo para o planejamento de localização de implantação de espaços abertos	Centro de Planejamento Urbano e Gestão Ambiental, Universidade de Hong Kong	internacional (Hong Kong - China)	Área urbana de Hong Kong (excluindo Tsuen Wan e Kwai Tsing)
Galvão et al.	1999	Modelos matemáticos	apresentaram modelos matemáticos de localização aplicados a unidades de saúde	Coordenação dos programas de pós-graduação em Eng. da UFRJ	nacional (Rio de Janeiro - Brasil)	Município do Rio de Janeiro
Sendra et al.	2000	Modelos matemáticos + SIG + sist. apoio dec.	propôs uma sistema de ajuda na decisão espacial para localização de equipamentos diversos	Departamento de Geografia da Universidade de Alcalá	internacional (Madri - Espanha)	teórico
Rosário et al.	2001	Modelos matemáticos	aplicaram o problema das p-medianas para determinar a localização de unidades de saúde 24 horas em Curitiba	Programa de Pós-Graduação em Métodos Numéricos da Universidade Federal do Paraná	nacional (Paraná - Brasil)	Município de Curitiba
Ramírez	2002	Modelos matemáticos + SIG	fez seu estudo para hospitais públicos	Departamento de Geografia, Universidade Nacional do Nordeste - Argentina	internacional (Chaco - Argentina)	Província de Chaco - Argentina
Brotcorne et al	2003	Modelo matemático	propôs seu estudo para localização de ambulâncias	Centro de pesquisas de transportes, Universidade de Montreal, Canadá	internacional (Montreal - Canadá)	(teórico)
Lima	2003	Modelos matemáticos + SIG + sistema de apoio à decisão	definiu as bases para uma metodologia de apoio à decisão para serviços de educação e saúde sob a ótica dos transportes	Programa de Pós-Graduação em Transportes da Escola de Eng. de São Carlos, USP	nacional (São Paulo - Brasil)	Cidade de São Carlos - São Paulo
Mapa e Lima	2005	Modelos matemáticos + SIG	desenvolveram estudos de localização e aplicaram a fábricas em São Paulo, a centros de distribuição varejista e a creches em contexto urbano	Universidade Federal de Itajubá UNIFEI	nacional (Minas Gerais - Brasil)	São Paulo
Jia et al	2007	Modelos matemáticos	estudaram localização de instalações de suprimentos médicos para grandes emergências	Departamento de Eng. industrial e sistemas, Universidade do sul da Califórnia, Los Angeles	internacional (Los Angeles - Estados Unidos)	Aplicação em Los Angeles
Lopes Almeida e	2008	Modelos matemáticos + método SMARTER	definiram um enfoque multicritério para a localização de instalações de serviço de modo geral	Departamento de Eng. de Produção, Universidade Federal de Pernambuco	nacional (Pernambuco - Brasil)	Exemplo fictício
Ndiaye Alfares e	2008	Modelos matemáticos	estudaram a localização de unidades básicas de saúde para atender uma demanda sazonal no Oriente Médio	Departamento de Eng. de Sistemas, Universidade de Petróleo e Minerais da Arábia Saudita	internacional (Arábia Saudita)	Aplicado em 17 locais de grupos nômades sazonais no Oriente Médio
Teixeira Antunes e	2008	Modelo matemático	propuseram um modelo para planejamento de rede escolar	Departamento de Eng. Civil da Universidade de Coimbra	internacional (Coimbra - Portugal)	Município de Coimbra - Portugal
Pizzolato Rozental e	2009	Modelo matemático	concentraram seus estudos na localização de shopping center	Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro	nacional (Rio de Janeiro - Brasil)	Barra da Tijuca - Rio de Janeiro
Buzai	2011	Modelos matemáticos + SIG	fez uma análise espacial de centros de atenção primária de saúde na Argentina, na cidade de Luján, através de modelo de locação-alocação integrado a SIG	Grupo de Estudos sobre Geografia e análise Espacial com SIG, Universidade Nacional de Luján, Argentina	internacional (Buenos Aires - Argentina)	Cidade de Luján - Argentina

Fonte: Autor

Quadro 3 – Estudos sobre localização de instalações (continuação)

Autor (es)	Ano	Recurso Tecnológico	Tipo de estudo	País/ Grupo de Pesquisa	Nacionalidade	Extensão da aplicação
Carvalho	2011	Modelos matemáticos + sist. apoio à decisão	propôs um método para localização de escolas em áreas rurais	Programa de Pós-Graduação em Transportes da Universidade de Brasília	nacional (Brasília - Brasil)	Município de Lageado - Tocantins
Souza	2011	Modelos matemáticos	estudou a localização ideal de centrais de atendimento de emergência para populações atingidas por desastres naturais	Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de SC	nacional (Santa Catarina - Brasil)	Estado de Santa Catarina
Khadivi e Ghomi	2012	ANP+DEA	propuseram modelo para localização de resíduos sólidos	Departamento de Eng. Industrial, Amirkabir University of Technology, Tehran, Iran	internacional (Tehran - Iran)	Análise de 4 locais pré-definidos
Rodrigues et al.	2012	Modelos matemáticos	estudaram a localização de depósito de resíduos em Coimbra	Departamento de Eng. Civil, Faculdade de Ciência e Tecnologia, Coimbra-Portugal	internacional (Coimbra - Portugal)	Município de Coimbra - Portugal

Fonte: Autor

2.2.1. Modelos de Localização de Instalações Desejáveis

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), máxima cobertura e *p*-center.

a) Modelo *p*-mediana: o problema das *p*-mediana é um problema clássico de localização de instalações e consiste em localizar, em uma rede, *p* instalações (medianas) minimizando-se a soma de todas as distâncias de cada ponto de demanda à sua mediana mais próxima, em outras palavras pode-se dizer que o objetivo é minimizar a soma dos produtos da população (ou demanda) de cada ponto e a distância ao centro de oferta mais próximo. O modelo se chama *p*-mediana pois se considera que *p* é o número de instalações a localizar.

Tem a seguinte equação geral:

$$\sum_{i \in N} \sum_{j \in M} d_{ij} x_{ij}$$

Minimizar a função:

Equação 1

Sujeito a
$$\sum_{j \in M} x_{ij} = 1, \forall i \in N$$
 Equação 2

$$x_{ij} \leq y_j, \forall i \in N, \forall j \in M$$
 Equação 3

$$\sum_{j \in M} y_j = p$$
 Equação 4

$$x_{ij} \in \{0, 1\}, \forall i \in N \text{ e } y_j \in \{0, 1\}, \forall j \in M$$
 Equação 5

onde: $N = \{1, 2, \dots, n\}$: conjunto de pontos de demanda (indexados por i);

$M = \{1, 2, \dots, n\}$: conjunto de possíveis facilidades (locais candidatos para instalações de facilidades)

d_{ij} = distância/custo que separa o ponto de demanda i do ponto candidato a receber a oferta j ;

x_{ij} = fator de alocação, vale 1, se o centro da oferta j é o mais próximo ao ponto da demanda i ou $x_{ij} = 0$, caso contrário;

$y_j = 1$, se o vértice j é uma facilidade e $y_j = 0$, caso contrário

p = número de facilidades para localizar

A função objetivo (equação 1) tem como propósito selecionar p vértices (facilidades) de forma a minimizar o somatório das distâncias entre os vértices de demanda e a facilidade mais próxima. As equações 2 e 3 asseguram que cada vértice i (demanda) é vinculado a um único vértice j (facilidade). A equação 4 determina o número de facilidades a serem localizadas. A equação 5 estabelece que as variáveis de decisão assumam valores binários.

Segundo Sendra et al. (2000) com este modelo se alcança a máxima eficiência espacial pois o conjunto de traslados que a demanda precisa efetuar para utilizar-se do serviço é o mínimo possível, dada a distribuição espacial da demanda e dos pontos candidatos levantados.

De acordo com Sinuany-Stern et al. (1995), este modelo foi utilizado por Dokmeci (em 1979) para o planejamento regional de instalações de saúde.

b) Modelo de máxima cobertura: este modelo tem como objetivo maximizar a quantidade de demanda que se encontra dentro de uma distância R (pré definida pelo usuário) para os pontos de oferta. Dentro

destas superfícies 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), que mostra a distância que é razoável percorrer para usar o serviço, acima deste valor o número de pessoas que se deslocarão para utilizar este serviço será muito pequeno. Ou seja, deve-se buscar 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).

Desta forma, tem-se a seguinte função:

$$\text{Maximizar } F = \sum_{i \in N} h_i z_i \quad \text{Equação 6}$$

$$\text{Sujeito a } \sum_{j \in N_i} y_j - z_i \geq 0, \forall i \in N \quad \text{Equação 7}$$

$$\sum_{j \in M} y_j = p \quad \text{Equação 8}$$

$$y_j \in \{0, 1\}, \forall j \in M \quad \text{Equação 9}$$

$$z_i \in \{0, 1\}, \forall i \in N \quad \text{Equação 10}$$

onde $N = \{1, 2, \dots, n\}$: conjunto de pontos de demanda (indexados por i);
 $M = \{1, 2, \dots, n\}$: conjunto de possíveis facilidades (locais candidatos para instalações de facilidades)

D_c = distância de cobertura (raio pré definido)

d_{ij} = distância entre a demanda do nó i e o candidato à facilidade j

$N_i = \{j \mid d_{ij} \leq D_c\}$, conjunto de todos os locais candidatos a facilidades que podem cobrir a demanda i

$y_j = 1$, se o vértice j é uma facilidade e $y_j = 0$, caso contrário

h_i = demanda do nó i

p = número de facilidades para localizar

$z_i = 1$, se a demanda do nó i é coberta e $z_i = 0$, caso contrário

A função objetivo (equação 6) tem como propósito maximizar a demanda total coberta. A equação 7 garante que a demanda do nó i só é atendida se existir, no mínimo, um candidato à facilidade que possa

atendê-la. A equação 8 limita o número de facilidades a serem alocadas a um valor p (fornecido como dado de entrada do problema). As equações 9 e 10 apresentam a natureza binária das variáveis de decisão utilizadas no modelo.

Segundo Arakaki (2002) o problema de localização de máxima cobertura (PLMC) consiste em escolher locais para instalar equipamentos de forma que o maior número de clientes ou usuários seja coberto, e determinar em qual equipamento cada cliente deverá ser atendido. A variável de decisão é basicamente a distância ou o tempo de serviço, que são considerados críticos ao atendimento da demanda, ou seja, o usuário é considerado coberto se estiver localizado dentro do raio de cobertura. Para Lima (2003), a formulação deste problema só faz sentido quando, por razões orçamentárias, não for possível assegurar a cobertura da demanda total. Já Corrêa et al. (2009) afirmam que não se busca com este modelo atender toda a população, mas oferecer o máximo de atendimento com os recursos disponíveis. O conceito de cobertura está relacionado ao fato de se verificar se um ponto está dentro de uma dada distância ou de um dado tempo de deslocamento até a facilidade.

c) Modelo p-center: neste modelo o objetivo é minimizar a soma das distâncias ponderadas entre cada ponto de demanda e o equipamento mais afastado dele.

Para Sendra et al. (2000) o que se pretende alcançar é a máxima eficácia espacial considerando especificamente a distância que separa cada ponto de demanda respectivo ao equipamento mais distante, deste modo se assegura que o máximo atraso para oferecer o serviço (o tempo de atraso se considera diretamente proporcional a distância) se faz mínimo. Por isso, este modelo é mais adequado para estudar a solução no caso dos serviços de emergência (bombeiros, ambulâncias, polícia, etc.), onde o tempo máximo de atraso é muito importante.

Para Yeh e Chow (1996), a localização de instalações públicas é um problema de locação multi-instalação, envolvendo a alocação de n instalações para m unidades populacionais, onde $n < m$. É também um problema p -mediano que envolve a determinação da localização de n pontos de demanda nos quais instalações devem ser localizadas de modo a minimizar a distância total entre a população do ponto de demanda e o centro de abastecimento (oferta) mais próximo. Supõe-se que qualquer movimento entre dois pontos (x_i, y_i) e (x_j, y_j) é contínuo e pode realizar-se livremente. Além disso, a distância é usada como um

substituto para o custo, tempo, etc., e é definido conforme a equação 11, apresentada a seguir.

Buzai (2011) destaca que na aplicação de modelos de locação-alocação a realização de cálculos de distância dos pontos de demanda aos pontos de oferta (d_{ij}) constitui um procedimento importante. Para o autor, a distância em linha reta, ou distância euclidiana, surge da consideração de um espaço ideal a partir do qual não existem limitações para transitar em qualquer sentido, e se obtém mediante a aplicação da seguinte fórmula:

$$d_{ij} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2}$$

Equação 11

Segundo Lima (2003), no caso de planejamento de equipamentos coletivos, os problemas de localização são essencialmente de programação linear inteira, pois tanto a função-objetivo como as funções-restrições são lineares e inteiras e a resolução pode ser obtida a partir de métodos exatos ou heurísticos. O autor destaca ainda que os métodos heurísticos tem a vantagem de poderem ser utilizados na resolução de problemas com grandes dimensões sem serem demasiadamente difíceis de resolver, mas tem o inconveniente de não garantirem um ótimo global.

Conforme destaca Galvão et al. (1999):

"apesar das inevitáveis simplificações que devem ser feitas para representar um problema real através de um sistema de equações matemáticas, um modelo matemático pode ser considerado adequado se é capaz de prever com razoável precisão o efeito de mudanças em um dado sistema em seu desempenho. Sua análise e solução podem fornecer informações valiosas sobre a operação do sistema ou organização em estudo".

Os modelos apresentados são bastante utilizados em problemas de localização de instalações desejáveis, constituindo os mais usuais e conhecidos. Yeh e Chow (1996) enfatizam que modelos de locação-alocação que tentem encontrar o melhor local de instalações em termos de minimizar distância total/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 Informação Geográfica - SIG e afirmam 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 à decisão espacial para o planejamento de instalações públicas". Na mesma direção de pensamento, Lima (2003) afirma que os modelos de localização de instalações auxiliam na tomada de decisão, principalmente quando existe uma base de dados geograficamente referenciados.

De acordo com Menezes et al. (2011) "a utilização de modelos de localização de facilidades, em conjunto com os Sistemas de Informação Geográfica (SIG), tem se tornado uma ferramenta poderosa de apoio à decisão em ambientes espaciais".

Diante do exposto e dos diferentes estudos apresentados no quadro 3, observa-se que os modelos de locação-alocação são utilizados na maioria dos estudos. Além disso, devido à restrição de incorporar a subjetividade e fatores não quantificáveis, outras técnicas foram integradas a estes modelos, gerando sistemas de apoio à decisão espacial. Nestes sistemas, os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) tem tido grande emprego uma vez que permitem a visualização espacial dos dados, contribuindo no processo de tomada de decisão.

2.3. FERRAMENTAS COMPUTACIONAIS QUE AUXILIAM A GESTÃO TERRITORIAL

2.3.1. Sistemas de Informação Geográfica e suas aplicações

De acordo com Lima (2003) "os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) são de vital importância na coleta e análise de dados, pois integram uma sofisticada interface gráfica a uma base de dados geograficamente referenciada, constituindo-se em poderosas ferramentas de análise e planejamento espacial".

Sendra et al. (2000) afirma que os SIG constituem 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. Mas em concreto, os SIG podem ser utilizados, com grande proveito, na resolução de problemas de ordenação e planejamento territorial. Para o autor o SIG pode ser muito útil na resolução de problemas de localização de instalações quando

disponibiliza informações relativas à distribuição espacial da demanda e da oferta existente e dos lugares candidatos a receber um novo ponto de oferta, além de uma rede de comunicações que permite relacionar os aspectos anteriores.

Fernandes (2009) destaca que o SIG é um sistema constituído por um conjunto de programas e equipamentos necessários para integrar, em uma única base de dados, informações espaciais (provenientes de dados cartográficos, dados alfanuméricos, imagens, redes, etc.) oferecendo mecanismos que combinem essas informações, por intermédio de algoritmos de manipulação e análise, permitindo consultar, recuperar e, tratá-los, para ao final, visualizar o conteúdo da base de dados em forma gráfica.

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 aos dados espaciais (mapas digitalizados), quanto aos dados demográficos e socioeconômicos. Essa situação é muito séria no Brasil, em que pesem os esforços de algumas entidades e empresas, que vêm tentando suplantar tais deficiências. Falta, por parte da administração pública, uma política que incentive e estabeleça regras e responsabilidades no que diz respeito à preparação e disponibilização de um banco de dados.

Arakaki e Lorena (2006) destacam que contribuindo para a importância dos problemas de localização, existe no Brasil uma carência de informações adequadas para tomada de decisões sobre problemas urbanos e ambientais. Para preencher tal lacuna, os instrumentos computacionais do Geoprocessamento, chamados de Sistemas de Informação Geográfica (SIG), permitem a realização de análises complexas ao integrar dados de diversas fontes e criar bancos de dados georreferenciados. (Assad e Sano (1998)).

Yeh e Chow (1996) propuseram uma abordagem integrada de SIG com modelos de locação-alocação para o planejamento de instalações públicas e aplicaram ao planejamento de espaços abertos. Os autores afirmam que o SIG fornece dados para a execução dos modelos de locação-alocação que era prejudicado pela falta de dados para sua execução. Eles afirmam ainda que instalações públicas, muitas vezes, são alocadas de acordo com disponibilidade de locais, e fatores de localização são frequentemente negligenciados na escolha do local de tais instalações e que esta deficiência pode ser superada com a integração de SIG com modelos de locação-alocação.

Ramirez (2002) utilizou o SIG num estudo para determinação de localização de hospitais públicos na Cidade de Chaco-Argentina e

afirma que em alguns casos os SIG trazem incorporados, entre suas funções, os modelos de localização-alocação que respondem às características de um modelo matemático para auxiliar a definir a localização ótima dos equipamentos e avaliar a distribuição atual de determinados equipamentos, e portanto, tem se tornado importantes ferramentas para o planejamento territorial.

Lima (2003) utilizou SIG integrado a um Sistema de Apoio a Decisão Espacial (SADE) para ser aplicado nos problemas de localização e distribuição nos setores da saúde e educação, e concluiu que as possibilidades de redistribuição da demanda implícita nos modelos de localização e as vantagens de sua integração ao SIG podem e devem ser utilizadas no planejamento de saúde pública no Brasil, proporcionando apoio às decisões relacionadas à localização. Além disso, observou também o apoio do SIG ao processo decisório, permitindo uma melhor análise dos dados relevantes ao estudo, e uma melhor compreensão, por parte das autoridades (decisores), das diversas alternativas e sua disposição.

Arakaki e Lorena (2006) desenvolveram uma heurística integrada ao SIG de localização-alocação para resolver os problemas de localização de máxima cobertura e de p-medianas.

Teixeira e Antunes (2008) desenvolveram um modelo hierárquico de localização para o planejamento de instalações públicas, aplicado em Coimbra-Portugal, e afirmam que o uso do SIG em conjunto com o programa de otimização foi extremamente valioso, pois além de simplificar a análise dos resultados, o SIG foi usado para computar dados para as restrições de atribuição de caminho, usando recursos como encontrar caminhos mais curtos e criar áreas de influência em torno de centros com distâncias medidas na rede rodoviária.

Rodrigues et al. (2011) também utilizaram o SIG na elaboração de um sistema de ajuda à decisão espacial para o planejamento de infraestrutura urbana, aplicado a um estudo de caso real do sistema de abastecimento de água de Coimbra-Portugal.

Buzai (2011) aplicou a ferramenta SIG juntamente com os modelos de locação-alocação para estudar a localização de centros de atenção primária de saúde na cidade de Luján-Argentina e segundo o autor as atuais tecnologias digitais e particularmente a associação entre os Sistemas de Informação Geográfica e os Sistemas de Ajuda a Decisão Espacial têm gerado importantes possibilidades para o tratamento da informação espacial.

Segundo demonstrado por Mapa e Lima (2012) os Sistemas de Informação Geográfica podem ser aplicados aos problemas de localização de instalações, em especial através do SIG-T (SIG aplicados aos Transportes) a solução é apresentada em duas etapas sendo a primeira a rotina *Facility Location* - FL, e a segunda etapa: rotina *Transportation Problem* - TP. Tanto uma quanto outra rotina utilizam algoritmos heurísticos na busca das soluções, o que não garante que o resultado final seja a solução ótima.

Estes autores destacam, ainda, como resultados de seus estudos nas rotinas de problemas de localização de instalação não capacitadas, que os modelos SIG e de Programação Linear Inteira Mista - PLIM (metodologia mais comum usada em modelos de localizações comerciais) apresentam as mesmas soluções e que a heurística do SIG para a rotina FL é bastante eficiente, o que o credencia como uma ferramenta confiável para a utilização em problemas desta natureza. Já para a localização de instalações capacitadas o mesmo não pode ser afirmado. Argumentam que pesa a favor do SIG a capacidade de lidar com problemas maiores, com um número maior de variáveis e candidatos envolvidos, visto que suas rotinas estão baseadas em heurística.

Estes são apenas alguns exemplos da utilização de SIG em problemas de localização de instalações e, com base nas experiências desses autores acredita-se que esta ferramenta apresenta muitos benefícios quando empregada adequadamente, em conjunto com modelos de locação-alocação na resolução de problemas dessa natureza, além de se apresentarem como alternativas de decisão com melhor apresentação gráfica.

Além da utilização de SIG e suas vantagens para o problema de localização, a incorporação de outras ferramentas e modelos torna estes problemas cada vez mais completos, entre outros aspectos, por possibilitar incorporar participação de diferentes agentes do processo e a análise de variáveis subjetivas com maior eficiência, como por exemplo a Lógica *Fuzzy*.

2.3.2. Lógica *Fuzzy* e suas aplicações

A lógica *fuzzy* é uma ferramenta utilizada em diversos processos de tomada de decisão e cujo desenvolvimento permite agrupar variáveis qualitativas e quantitativas, bem como considerar a participação da sociedade em geral (CURY, 1999).

Há algum tempo a teoria *fuzzy* vem sendo utilizada nos campos da inteligência artificial, processamento de informações, engenharia, controle de qualidade e em diversos tipos de tomada de decisão. Existem ainda outros campos nos quais a ambiguidade, a imprecisão e a incerteza estão presentes, havendo necessidade de se quantificar e qualificar fatores atuantes sobre os seres humanos nos quais a lógica *fuzzy* pode ser de grande utilidade. Este é o caso da definição de locais de implantação de equipamentos urbanos, através do auxílio no processo de tomada de decisão (GOUDARD, 2001).

No dia a dia palavras e sentenças que na maioria das vezes possuem significado vago ou impreciso são empregadas. Entretanto, são perfeitamente entendidas, pois se está acostumado a lidar com tais tipos de imprecisão ("*fuzziness*"). Assim, pode-se dizer que a lógica difusa ou lógica *fuzzy* é uma extensão da lógica booleana que admite infinitos valores lógicos intermediários entre o zero e um (CAMPOS FILHO, 2004).

Kaufmann e Gupta (1988) afirmam que a lógica *fuzzy* é composta por conceitos e técnicas que dão forma matemática ao processo intuitivo humano, que na sua grande maioria é caracterizado pela imprecisão e ambiguidade. Esta lógica permite que os elementos tenham graus de pertinência dentro de uma determinada categoria, ou seja, permite uma transição gradual de uma proposição entre os conjuntos a que o elemento pode pertencer, pela associação de graus de pertinência em relação aos conjuntos analisados sendo que as transições entre membros e não-membros de um conjunto são gradativas.

Lanzillotti et al. (1998) destacam que na lógica *fuzzy* tudo tem um grau de importância, podendo ser operacionalizado através da noção de pertinência, ou seja, um valor associado ao objetivo a ser alcançado.

A lógica *fuzzy* através do uso de variáveis linguísticas (como por exemplo, grande, pequeno, entre, ao redor de, etc.) consegue captar a incerteza associada a estas variáveis e traduzi-la para a modelagem matemática. Isto é possível, porque diferentemente da lógica booleana, a lógica *fuzzy* está baseada no conceito denominado grau de participação, ou função de pertinência (*membership*). Estas variáveis linguísticas trazem a incerteza presente no pensamento e na expressão oral do ser humano, para sistemas de decisão que priorizam o padrão e respeitam determinada metodologia durante o cálculo computacional envolvido (CURY, 1999). Para Jané (2004) a função de pertinência, é na verdade um mapeamento de cada possível valor numérico da correspondente variável linguística.

Um sistema *fuzzy* típico consiste de uma base de regras (contém um conjunto de regras/proposições *fuzzy* onde as variáveis antecedentes/consequentes são variáveis linguísticas e os possíveis valores de uma variável linguística são representados por conjuntos difusos), de funções de pertinência e de procedimentos de inferência, conforme mostra a figura 2.

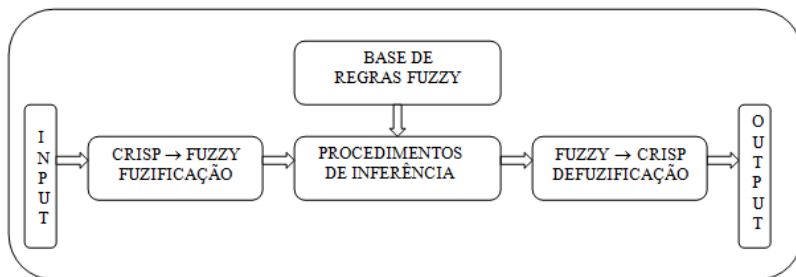


Figura 2: Estrutura Geral de um sistema de Inferência *Fuzzy*

Fonte: Shaw e Simões, 1999.

Para adequar o input (entradas) ao sistema, faz-se a “fuzificação”, que é o processo de transformação do input em graus de pertinência, ou de certeza, produzindo uma interpretação ou qualificação do mesmo.

De acordo com Paula e Souza (2007) nos sistemas *fuzzy* os dados são transformados para um espaço de referência e processados por combinação numérica através da lógica *fuzzy*, obtendo-se uma superfície de decisão, onde se classifica em áreas mais ou menos adequadas para uma finalidade.

Falcão (2002) explica que no processo de fuzificação para cada valor de entrada associa-se uma função de pertinência, que permite obter o grau de verdade da proposição, limitando o valor de entrada entre 0 e 1. Diferente dos conjuntos convencionais, onde os elementos pertencem ou não ao conjunto, os conjuntos *fuzzy* podem assumir valores no intervalo $[0,1]$, onde 0 indica uma completa exclusão e o valor 1 representa completa pertinência. Desta maneira não basta dizer simplesmente que um elemento pertence ao conjunto e sim que ele pertence ao conjunto com um certo grau de pertinência.

Assim, pode-se dizer que o processo de “fuzificação” consiste em associar um vetor linguístico aos possíveis valores das variáveis, para produzir um conjunto *fuzzy*, que retrata a imprecisão do problema sob análise.

Cosenza et al. (2011) afirmam que nos conjuntos *fuzzy* a função de pertinência é um elemento fundamental que permite determinar o

grau em que um elemento pertence ou não a um determinado grupo, sendo representado por um conjunto de pares ordenados em que estão definidos o elemento e o seu grau de pertinência. Shaw e Simões (1999) destacam que estas funções não precisam ser simétricas ou igualmente espaçadas e cada variável pode ter um conjunto de funções de pertinência diferente, com diversos formatos e distribuições.

A inferência *fuzzy* estabelece o relacionamento entre os dados de entrada (input) e os dados de saída (output) do sistema que está sendo modelado através da utilização de regras *fuzzy*. O conjunto destas regras é chamado de algoritmo de controle *fuzzy*, ou base de regras de controle.

O agrupamento dos parâmetros de entrada que constituem cada bloco de inferência deve basear-se em uma arquitetura hierárquica pré-definida pelos especialistas, que deve contemplar camadas intermediárias, decorrentes do processo de inferência, que (após aplicação de regras) irão gerar os parâmetros de saída (resultado final). O número de camadas intermediárias depende da complexidade do projeto, devendo ser estabelecido pelos especialistas, os quais devem agrupar os fatores com características similares.

Após a fuzificação, na qual são determinados os graus de pertinência de cada conjunto, com os dados resultantes são realizadas as regras do tipo Se-Então, que procuram relacionar os parâmetros de entrada com os de saída passando por um bloco de inferência (BI) no qual as regras são processadas, ou seja, a partir da definição da arquitetura, é possível realizar-se a inferência *fuzzy*, através da aplicação das regras. Pode-se considerar neste processo a avaliação de duas proposições:

- Agregação: computação da parte SE (antecedente) das regras e
- Composição: computação da parte ENTÃO (consequente) das regras.

Na agregação, a parte SE define se a regra é válida para o caso em estudo ou não, e na composição, cada regra define o resultado da avaliação para a parte ENTÃO.

Já o processo de "defuzificação" ocorre após a inferência e consiste na transformação de um vetor linguístico em um resultado numérico. É um processo de fundamental importância para utilização em comparações ou classificações de projetos.

De acordo com Campos Filho (2004) "é natural do ser humano trabalhar com características incertas, mas em muitas situações existe a necessidade de um valor numérico que represente o valor de referência.

Logo, torna-se necessário um processo que converta o valor *fuzzy*, resultante da saída de inferência, para um número real, tal como uma ação bem definida, processo esse denominado de "defuzificação".

Existem vários métodos de "defuzificação", entre eles, o método do centro dos máximos, média dos máximos e centro das áreas, sendo o primeiro o mais utilizado. Neste método, os graus de certeza do resultado linguístico da inferência *fuzzy* são considerados como os "pesos" dos valores mais típicos dos termos linguísticos e o valor de melhor compromisso é aquele que equilibra os pesos, ou seja, que utiliza uma média ponderada para determinar o melhor resultado.

A utilização da lógica *fuzzy* na implementação de sistemas de controle, ou de tomadas de decisão apresentam bons resultados por permitir uma aproximação do raciocínio humano, através da utilização de variáveis e valores *fuzzy*. De acordo com Paula e Souza (2007) "o resultado alcançado com a lógica *fuzzy* constitui-se uma superfície de aptidão contínua à qual pode se aplicada um limiar, para a seleção de áreas mais vulneráveis ou menos vulneráveis a determinados usos e ocupações da terra. Proporcionando ao especialista uma maior flexibilidade na tomada de decisão."

Jané (2004) afirma que "com o passar dos anos, a lógica *fuzzy* encontrou aplicação em uma infinidade de áreas, através das quais tem mostrado sua capacidade de adaptação e facilidade de interface com o ser humano".

A lógica *fuzzy* tem sido frequentemente empregada na análise de alternativas nas quais variáveis qualitativas e quantitativas devem ser consideradas. A possibilidade de tratar as variáveis qualitativas no processo de modelagem pode levar à obtenção de resultados mais precisos. Com o uso desta lógica é possível obter uma avaliação global das opções analisadas, uma vez que o resultado final é um valor numérico decorrente de todo um agrupamento de parâmetros. Este resultado facilita aos decisores o processo de seleção da opção mais adequada.

3. CIDADES, EQUIPAMENTOS URBANOS E LEGISLAÇÃO ASSOCIADA

3.1. CONCEITOS E CONCEPÇÕES DE CIDADES

A cidade pode ser caracterizada sob diferentes aspectos e várias são as suas definições.

Rolnik (1988), caracteriza a cidade em três níveis: como imã, como escrita e como capital. Na primeira situação o espaço urbano é entendido como o local que atrai o fluxo de pessoas vindo do campo. Como escrita por entender que o espaço escreve a história da cidade através de suas ruas e construções, e como capital porque articula as relações de troca de serviços dentro de seus limites.

Com base nestes três eixos norteadores pode-se dizer que a cidade constitui-se um espaço formado pela atração populacional, numa determinada época, que teve sua história e conviveu em comunidade.

A cidade no Mundo Antigo era definida através de um conceito mais ideológico. Com o passar dos tempos outras concepções passaram a integrar-se ao conceito de cidade, onde a questão urbanística, a arquitetura e a questão ambiental tiveram seus espaços definidos. No entanto, não se pode dissociar a cidade de seus cidadãos. Com isto outra abordagem interessante a se destacar é a evidência dada por Lynch (2011), “a cidade não é construída para um indivíduo, mas para grande quantidade de pessoas, com origens variadas, com temperamentos diferentes, de classes sociais diferentes e com ocupações diferentes”.

As cidades são estruturas que devem estar constantemente em adequação, por serem constituídas de indivíduos das mais variadas classes e cultura. Decorre disto uma grande dificuldade de atender a todos os anseios da população.

Munford (1991) afirma que não há definição que se aplique sozinha a todas as manifestações, nem descrição isolada que cubra todas as transformações de um local, desde o núcleo social embrionário até as complexas formas de sua maturidade e a desintegração corporal de sua velhice. Assim, entende-se que o conceito de cidade não é um fato isolado, mas um conjunto de fatores que determinam as características de um local, no qual vivem pessoas com seus costumes e hábitos e que tanto o local quanto as pessoas que o habitam evoluem ao longo do tempo e fazem a história da cidade.

Pode-se destacar dentro deste contexto o que afirma Sevckenko (1985) apud Gonçalves (1995) quando diz que já não se pode mais usar a palavra cidade significando um modo de vida social orgânico,

funcional e previsível ou como um modelo genérico e normatizado de constituição histórica específica, pois a cidade hoje representa heterogeneidade, inconstância, turbulência e extrema fragmentariedade.

As cidades podem ser construídas de forma espontânea ou planejadas e, independente de sua formação, podem apresentar diferentes estruturas e podem ser analisadas sob diferentes pontos de vista. Um dos grandes exemplos clássicos de cidade planejada é Brasília, que teve seu projeto desenvolvido e implantado com base em critérios previamente definidos. No entanto, a grande maioria das cidades constitui-se de forma espontânea, com base nos anseios de pessoas que as habitam. Estes anseios são muito diferentes por diversos fatores, entre os quais pode-se destacar o poder monetário.

Segundo Holanda (2002) as classes sociais não têm o mesmo tipo de expectativa sobre a forma das cidades e não se podem ignorar os vários modos de inserção dos agentes sociais no funcionamento de uma sociedade contraditória, devido aos distintos modos de vida, no produzir, no usar e no avaliar o espaço urbano.

De acordo com Mammarella (2001) se, por um lado, é nas maiores cidades ou aglomerações urbanas que estão as maiores oportunidades de ocupação e obtenção de salários, por outro também é nelas que se verifica maior concorrência e discriminação em relação ao mercado de trabalho, que funciona com critérios cada vez mais seletivos. Para a autora as desigualdades sociais assentam-se numa contradição estrutural que está relacionada com a distribuição desigual da riqueza socialmente produzida, fazendo com que determinados grupos sociais possam usufruir com relativa tranquilidade das vantagens que as grandes cidades oferecem, ao passo que a grande maioria da população usufrui desses benefícios pelas bordas. Nos grandes centros comerciais as pessoas de maior poder aquisitivo moram e usufruem de vários benefícios sociais enquanto que na periferia os mais necessitados carecem da assistência social e caracterizam a "periferização do espaço".

Em geral os grandes centros urbanos apresentam maior concentração de população e conseqüentemente os problemas sociais e ambientais também são maiores. Com a desigualdade social e a crescente crise econômica ocorre a formação de aglomerados populacionais de baixa renda que se transformam em vilas irregulares e muitas vezes em favelas, sendo que estes locais se caracterizam pelas precárias condições de habitação e pela ilegalidade no uso do solo, bem como pela contrariedade das leis e projetos urbanísticos.

Outro exemplo desta natureza pode ser encontrado em Rocha et al. (2002) quando este se refere ao "Conselho de Almada" (espaço

integrado da Grande Área Metropolitana de Lisboa-Portugal). Segundo o autor esta zona urbana assistiu, entre 1967 e 1986, a uma pressão urbanística desmedida que se traduziu numa ocupação irreversível do solo mesmo em áreas de fortes restrições físicas, onde as classes de uso “naturais” continuaram a perder importância relativa face às classes “artificiais”, apresentando grande crescimento do uso do solo urbano com habitação plurifamiliar e principalmente a unifamiliar (grande consumidora de espaço e bastante influenciada pelo mercado de segunda habitação). Os autores destacam também que o fato mais grave é que este crescimento não foi acompanhado pelo crescimento das áreas de equipamentos e infraestruturas que se mantiveram relativamente estáveis durante o período.

Destacou-se até aqui vários aspectos relativos às diferentes concepções de cidade quanto à ótica dos problemas sociais advindos do crescimento urbano acelerado e da desigualdade social da população. Outro aspecto relevante a ser apreciado diz respeito a evolução temporal das concepções, tendo em vista os avanços históricos ocorridos nas cidades e consequentemente registrados pelos seus estudiosos. Não se pretende, neste trabalho, desenvolver um estudo pormenorizado sobre a história das construções das cidades, mas tão somente levantar alguns estudos que servem de subsídios para o entendimento do atual estágio das cidades, dando indicativos de como abordar essa evolução dentro do processo de planejamento urbano.

Convém destacar também os estudos desenvolvidos por Teresa Barata Salgueiro e Sharon Zukin citadas por Mendes (2001), quanto as concepções de cidade moderna e pós-moderna.

Para Salgueiro a cidade pós-moderna está pautada num espaço policêntrico e fragmentado. A cidade compacta, de limites precisos, cujo centro evidencia uma relativa homogeneidade social, estilhaça-se num conjunto de fragmentos distintos onde os efeitos de coesão, de continuidade e de legibilidade urbanística, dão lugar às formações territoriais mais complexas, territorialmente descontínuas e sócio e espacialmente enclavadas. Zukin (apud Mendes, 2001) descreve a cidade pós-moderna como crescentemente mercantilizada e como espaço privilegiado de consumo de mercadorias, imagens e estilos de vida, em contraste com a cidade moderna, que se definia primordialmente em função do seu papel na produção industrial.

A ideia de pós-modernidade associada às cidades e ao desenvolvimento urbano está na relação que as cidades passaram a estabelecer com o turismo e o lazer. Assim, surgem nas cidades centros comerciais, parques temáticos, condomínios privados como formas de

atender à nova demanda pós-moderna, na qual as atividades de lazer, segurança, turismo e cultura tem se destacado. Um exemplo prático deste novo cenário encontra-se citado em Mendes (2001) quando este destaca o megacomplexo cenográfico e espetacularizado do Parque das Nações (em Portugal). O autor afirma que à semelhança das primeiras operações deste tipo de intervenção realizadas na costa Leste dos EUA (Boston e Baltimore) e aproveitando a ressonância midiática produzida pelos projetos internacionais de Barcelona, Docklands em Londres, o Parque das Nações recria a intervenção comum a muitos outros exemplos de antigas áreas industriais onde agora proliferam os armazéns transformados em bares, as fábricas, em museus, em centros culturais e tecnológicos e em megacomplexos de lazer e consumo.

Diante disso, observa-se que muitas cidades estão procurando equilibrar usos diversificados, onde não predominam somente as funções vinculadas ao trabalho, mas sim a combinação de usos habitacionais, comerciais, turísticos, entre outros. A necessidade de equipamentos urbanos públicos deve levar em conta essa tendência e relacioná-los dentro de seus planos urbanos.

Makowiecky (2003) destaca que é necessário considerar também que existe nas cidades uma complexa rede de pensamentos artísticos, culturais, políticos, econômicos que regem as atividades desenvolvidas e o modo de vida de seus habitantes.

Numa visão técnica da concepção de cidade opta-se por apresentar o que diz o Decreto-Lei 311, de 1938, no qual todas as sedes municipais existentes, independentemente de suas características estruturais e funcionais são classificadas como cidade. Vale lembrar que, conforme exposto por Rossetto (2003) esta classificação gera os resultados encontrados nos dois últimos Censos (IBGE, 2000 e 1990), e são utilizados como indicadores na definição das políticas urbanas e rurais no País.

Veiga (2002) contesta a definição de Cidade dada pelo Decreto-Lei 311, pois na visão deste autor, critérios como a base da atividade econômica dos moradores, existência de esgoto ou de agência bancária não são considerados. Ele afirma também que pelo menos 4.500 dos municípios brasileiros, nos quais vivem 52 milhões de habitantes, não possuem características urbanas e também deve-se considerar que não é geral o processo de esvaziamento dos núcleos rurais como comumente divulgado.

Não se pode abordar as diferentes concepções de cidade sem levantar alguns aspectos relativos à urbanização propriamente dita. Segundo dados do IBGE, obtidos através do censo de 2010, 84% da

população brasileira vive em centros urbanos, enquanto em 1950 esse percentual era de 36%. Considerando que a taxa de urbanização brasileira em 2000 chegou a 81,2% (IPEA/IBGE/UNICAMP, 2002), 85% em 2012 e pode chegar a 90% em 2020 (ONU/HABITAT, 2012) e que este processo tem-se desenvolvido de forma pouco planejada, o que se desprende é que a grande maioria das cidades desenvolve suas ações urbanísticas em torno de ações corretivas para os problemas já instalados.

Rosseto (2003) destaca que

"cidades são sistemas complexos, afetados pelas mudanças de cenários mundiais relativos à economia, política, avanços tecnológicos, e que demandam longos períodos para mudarem seus próprios cenários, fato que por si só já requer que o planejamento não seja negligenciado e que alternativas estratégicas sejam apresentadas. À gestão cabe gerar ações direcionadas a objetivos e metas definidos a partir das políticas urbanas adotadas e da vontade da comunidade envolvida".

Na visão de Lima (2003) é fundamental estudar e planejar melhor as cidades médias (cidades com população na faixa de 100 a 500 mil habitantes). Para este autor as grandes cidades (metrópoles) dispõem de um maior número de estudos e equipes preparadas para enfrentar os problemas de planejamento urbano, enquanto que as pequenas cidades ainda não sofrem problemas sérios de crescimento e as cidades médias enfrentam problemas que não exigem soluções muito sofisticadas, por seus problemas urbanos estarem ainda em estágio inicial, sendo plenamente viáveis ações de caráter preventivo, para que seu crescimento ocorra de forma planejada e controlada.

Nas diferentes cidades que compõe o Brasil não é diferente o cenário que se delineia diante do crescimento urbano e dos problemas que este traz consigo. Assim, dependendo do grau de instrução e das condições oferecidas à população de uma cidade, as concepções são completamente diferentes e o planejamento se faz necessário.

Vale lembrar ainda o que destacam Oliveira e Mascará (2007) quando afirmam que as cidades têm uma dinâmica de produção contínua, tendo como atores sociais o Estado, o mercado e a sociedade civil, e cada qual procura defender seus próprios interesses e objetivos. Destacam também que o espaço urbano está em transformação, motivado pelos interesses das classes sociais, pelas tendências socioeconômicas e pelas futuras relações da cidade com o meio

ambiente natural. Desta forma a inserção/otimização de espaços públicos abertos na malha urbana torna-se um desafio aos planejadores urbanos.

Além dos espaços públicos abertos, outros elementos caracterizam o espaço urbano. Os significados atribuídos para estes elementos que compõem as cidades, bem como as imagens urbanas num espaço estruturado, não estão organizadas ao acaso. Eles ocorrem por processos históricos e por formações simbólicas que os habitantes de um local impõem ao seu estilo de vida. Com a evolução histórica destes significados e das alterações vividas pela sociedade, nos dias atuais muito se discute sobre as normas urbanísticas. Estas normas tem como objetivo principal regulamentar o uso do solo urbano de forma a atender as necessidades básicas dos indivíduos.

Para regulamentar e disciplinar o uso do solo urbano, tão transformado ao longo da história, é que a maioria das cidades passou a adotar e realizar um modelo de planejamento urbano, que será detalhado a seguir.

3.2. GESTÃO TERRITORIAL / ESTATUTO DA CIDADE (Lei 10.257/2001)

A legislação brasileira tem avançado para tentar regulamentar muitos dos problemas apresentados nas cidades. A implantação de Planos Diretores Municipais tem permitido ao poder público aprimorar o (re)ordenamento territorial, buscando levar em consideração os aspectos legais, sociais e institucionais envolvidos nas ações antrópicas dentro de uma cidade.

Barreiros e Abiko (1998) destacam que a lei de parcelamento do solo que vigorou por mais de 40 anos foi o Decreto-lei 58/1937, regulamentado pelo Decreto 3.079/1938. Esse diploma legal vigorou desde a década de 30 até 1979 (em 1967 promulgou-se o Decreto 271/1967, que no entanto não foi regulamentado). O Decreto-lei 58/1937 incidiu, portanto, durante o período em que a expansão territorial urbana brasileira apresentou seus maiores índices de crescimento. Afirmam ainda que por não conter qualquer dispositivo urbanístico que se referisse à organização territorial, o reflexo da urbanização realizada sob sua égide foi, geralmente, o de uma malha urbana densificada e carente de áreas públicas, sejam áreas verdes, sejam áreas de lazer e recreio, sejam destinadas a abrigar equipamentos

públicos com a finalidade de dar suporte às atividades urbanas desempenhadas em seu território. O surgimento da Lei Federal 6.766/1979 buscou mudar este quadro, estabelecendo um percentual mínimo de áreas públicas. Após a Lei 6.766, outro instrumento importante para a gestão territorial foi a Constituição Federal de 1988 e mais recentemente o Estatuto da Cidade.

Cabe salientar o que destaca Rossetto (2003) quando afirma que o Estatuto da Cidade foi um importante instrumento para o fortalecimento da gestão urbana, principalmente para as cidades que enfrentam uma expansão horizontal desenfreada, atingindo as áreas de preservação ambiental. Este Estatuto, regulamentando os artigos 182 e 183 da Constituição Brasileira de 1988, traz uma regularização para a política urbana que se pratica no País.

A gestão territorial tem mostrado importante significado e utilização. De acordo com Arns (2003), a gestão territorial deve considerar os “Espaços Social e Territorial”. O espaço Social composto pelas pessoas, indivíduos e suas potencialidades humanas, técnicas e científicas e o espaço Territorial definido como o espaço ocupado pelo cidadão na sua comunidade, nos meios socioeconômicos e ambientais.

Estes espaços devem atender suas funções básicas, sendo em geral consideradas para os assentamentos humanos como qualidade de vida e conforme destaca Rossetto (2003) embora os objetivos comuns e desejados para os assentamentos humanos sejam os de fornecer habitação adequada, infraestrutura compatível (abastecimento de água, esgotamento sanitário, drenagem, manejo adequado dos resíduos, sistemas sustentáveis de energia e transporte), condições de conforto e salubridade, espaços de usos públicos com qualidade, oportunidades de crescimento social e econômico para toda população, o quadro apresentado pela rede urbana brasileira nem sempre atende aos objetivos citados.

A gestão territorial pode também ser entendida como um processo de condução, direcionamento e orientação das atividades humanas visando o desenvolvimento territorial, bem como das políticas municipais relacionadas à dinâmica de ocupação do território. Através deste processo é possível corrigir os impactos negativos observados ao longo do tempo e identificar oportunidades de novas atividades que integram a comunidade e seu meio ambiente.

Outro instrumento que pode auxiliar muito o processo de gestão territorial é o Plano Diretor, que se constitui em uma lei municipal que estabelece diretrizes para a ocupação do município.

Na Constituição Federal, de 05 de outubro de 1988, o artigo 182 estabelece que a política de desenvolvimento urbano executada pelo poder público municipal, conforme diretrizes gerais fixadas em lei, têm por objetivo ordenar o pleno desenvolvimento das funções sociais e garantir o bem estar de seus habitantes. Neste sentido, o Plano Diretor consiste num conjunto de regras básicas que determinam o que pode e o que não pode ser feito em cada parte do município. Diante disso ele deve identificar e analisar as características físicas, as atividades predominantes e as vocações da cidade, os problemas e as potencialidades.

Com a exigência por lei da elaboração de plano diretor, e as demais regulamentações existentes, acredita-se que as cidades serão melhor organizadas num futuro próximo, desde que os planos diretores correspondam às características de cada uma das cidades, respeitando a sua cultura e as suas vocações.

É ideal que o plano diretor seja pautado num processo de discussão pública, a qual deve analisar e avaliar a cidade da forma que se encontra atualmente e projetar a cidade para o futuro dentro das novas diretrizes estabelecidas pela legislação. Assim sendo, a prefeitura em conjunto com a sociedade, deve buscar direcionar a forma de crescimento, conforme uma visão de cidade coletivamente construída e tendo como princípios uma melhor qualidade de vida e preservação de recursos naturais. No processo de discussão e elaboração do Plano Diretor, é fundamental a participação de diversos setores da sociedade civil e do governo: técnicos da administração municipal, órgãos públicos estaduais, federais, cientistas das Universidades, movimentos populares, representantes de associações de bairros e de entidades da sociedade civil, além de empresários de vários setores da produção.

O Plano Diretor é elaborado para uma perspectiva de médio prazo, geralmente dez anos, estando sujeito a reavaliações periódicas, sem prazos definidos, mas sempre que fatos significativos do fenômeno urbano o requeiram. Para Villaça (1995) este Plano deve apresentar um conjunto de propostas para o futuro desenvolvimento socioeconômico e futura organização espacial dos usos do solo urbano, das redes de infraestrutura e de elementos fundamentais da estrutura urbana, para a cidade e para o município, propostas estas definidas para curto, médio e longo prazos, e aprovadas por lei municipal. Aqui observa-se claramente a vinculação estabelecida entre plano diretor, planejamento estratégico e planejamento urbano, pois estes são efetuados para intervalos temporais (curto, médio e longo prazo).

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. Destaca também que diante disso as normas que estabelecem as distâncias e dimensionamentos, bem como a provisão de equipamentos e serviços urbanos para a população deveriam estar expostas de forma clara nos planos diretores municipais e nas leis estaduais e federais.

Em se tratando de diretrizes básicas convém destacar o que apresenta Rossetto (2003), quando afirma que entre as diretrizes gerais que devem orientar a construção das políticas urbanas (segundo art. 2º da Lei 10.257, Estatuto do Cidade, que regulamenta os art. 182 e 183 da Constituição Federal de 1988), está a oferta de **equipamentos urbanos e comunitários**, transporte e serviços públicos adequados aos interesses e necessidades da população e às características locais.

Para esta mesma autora a transferência de responsabilidade para os planos diretores municipais e a necessidade de regulamentação dos instrumentos neles propostos, fato que somente veio a ocorrer com a promulgação do Estatuto da Cidade, Lei nº 10.257/2001, retardou a prática sistemática e disseminada das políticas urbanas propostas.

A inadequada oferta de equipamentos urbanos e comunitários é um dos problemas que afetam diretamente a população dos centros urbanos e que deve ser considerada quando da elaboração do planejamento urbano e do Plano Diretor. Segundo Maricato (1995), a ineficácia na provisão de equipamentos e serviços urbanos é uma realidade percebida em grande parte das cidades brasileiras. Considerando os equipamentos urbanos de lazer, Oliveira e Mascaró (2007) destacam que existe uma grande demanda por espaços abertos no meio urbano, visto que o ser humano necessita estar ao ar livre, logo é fundamental a implantação de praças e parques. Assim como para este tipo de equipamento urbano, para a grande maioria deles, a população mais afetada pela carência destes é a que dispõe de menores recursos financeiros, e que não pode frequentar os equipamentos privados.

Diante da inadequada localização dos EUC nas cidades observa-se a necessidade de abordar os equipamentos urbanos quando do planejamento das cidades e a partir das leis atualmente vigentes acredita-se que as cidades possam se estruturar para atenuar os problemas gerados pelo processo de crescimento demográfico, com um planejamento urbano bem definido, com planos diretores bem elaborados e com um trabalho forte, gradativo, fiscalizador e que ultrapassem interesses e mandatos eletivos dos gestores municipais.

4. MÉTODO PARA ORIENTAÇÃO DE IMPLANTAÇÃO DE EQUIPAMENTOS URBANOS

A partir da revisão teórica apresentada e das dificuldades, conforme destacado por Moraes (2013) e diferentes pesquisadores, quanto à forma de determinação de localização de equipamentos públicos, propõe-se neste capítulo um método para orientação dos gestores/decisores na obtenção da melhor localização geográfica para implantação de equipamentos urbanos. Através deste método são definidas as ações necessárias a cada etapa, desde a caracterização da zona urbana até a elaboração das propostas de implantação.

Entende-se que a questão da localização de novas instalações parte necessariamente pela análise da demanda das instalações existentes, para avaliação de oferta em relação a demanda. Se a área de influência de estudo (cidade, bairro, etc.) possuir um banco de dados estruturado e atualizado, esta etapa acaba facilitando todo o processo. Com a utilização dos Sistemas de Informação Geográfica e a incorporação do banco de dados no *software*, é possível ter resultados precisos e com tempo de análise reduzido.

Ferramentas de análise para avaliação de alternativas podem contribuir nos processos decisórios, como é o caso da localização de instalações, onde vários critérios estão envolvidos (alguns subjetivos) e várias partes interessadas. Entre estas ferramentas destaca-se a lógica *fuzzy*, que tem ampliado sua aplicação nessas situações.

Dadas essas considerações iniciais é possível apresentar as etapas do método a serem descritas para o detalhamento de cada atividade que constitui o processo, como abordado na sequência.

4.1. DEFINIÇÃO DAS ETAPAS DO MÉTODO

Para a busca da localização adequada na implantação de equipamentos urbanos é necessário estabelecer as etapas a serem cumpridas. Desta forma, apresenta-se a figura 3, na qual pode-se observar a ordenação de atividades na busca da solução mais adequada para o problema apresentado nesta tese.

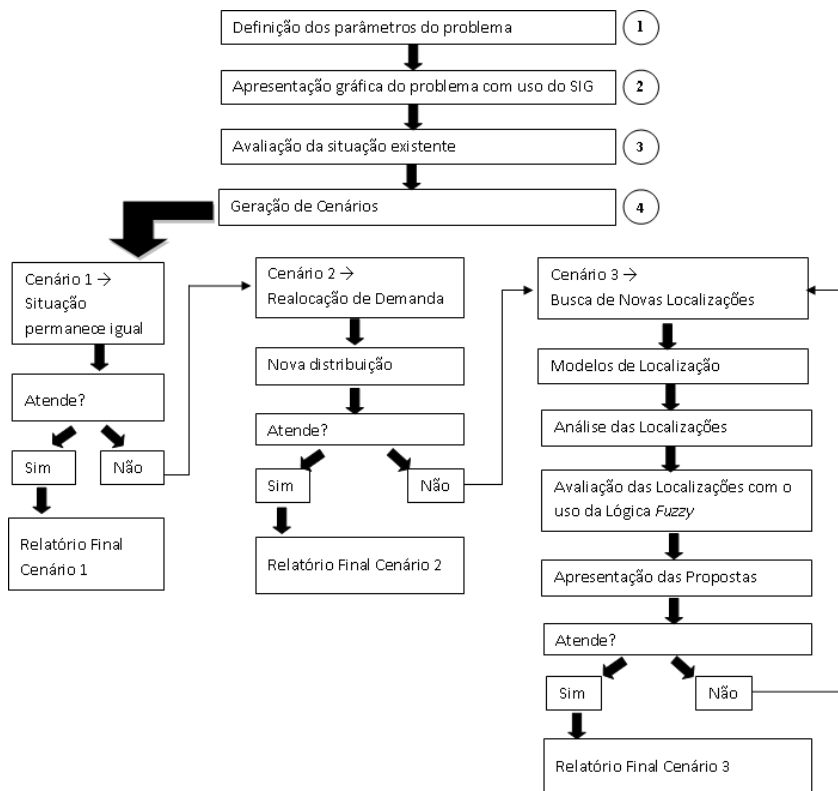


Figura 3: Estrutura Esquemática do Método

As primeiras quatro etapas do método possuem outras atividades na composição para que se possa seguir em frente, ou seja, cada etapa apresenta sub-etapas fundamentais a serem realizadas para se obter o resultado desejado. Desta forma, outras estruturas esquemáticas serão apresentadas para cada uma das etapas enumeradas.

A partir da etapa 4 é preciso avaliar os cenários, pois as atividades a serem desenvolvidas são inerentes a cada um deles, a saber:

- Cenário 1: não serão realizadas alterações nos equipamentos urbanos comunitários;
- Cenário 2: serão realizadas alterações na distribuição da demanda;
- Cenário 3: serão construídas novas instalações e há necessidade de definir novas localizações.

Observa-se que no cenário 3 existe um *looping* que deve ser realizado caso a proposta apresentada não satisfaça a localização ótima. Este *looping* deve buscar a convergência da situação ótima do modelo.

4.2. DESCRIÇÃO DAS ETAPAS DO MÉTODO

As etapas apresentadas na figura 3 serão descritas, bem como os elementos que devem ser considerados para cada uma delas, incluindo desde a coleta dos dados para a definição dos dados do problema, as técnicas que serão utilizadas e sua formatação, utilização de programas, e possíveis ajustes a serem realizados nos dados disponíveis.

4.2.1. Etapa 1: Definição dos parâmetros do problema

Esta etapa tem grande importância por estabelecer a base de todo o método e pelo fato do resultado final depender dos dados levantados nesta fase e envolve as seguintes atividades:

a) Tipo de equipamento

Nesta etapa deve-se definir se o estudo vai se concentrar em equipamentos desejáveis ou não desejáveis e se eles serão de caráter público ou privado. Deve-se definir, também, se serão serviços emergenciais ou não emergenciais. Estas definições são necessárias pois outras etapas como, por exemplo, a definição do modelo de localização, dependem destas definições.

b) Base institucional

Consiste em estabelecer as parcerias com as prefeituras e seus diferentes órgãos/secretarias (Secretaria de Saúde, Secretaria de Planejamento, Secretaria da Fazenda, Secretaria de Infraestrutura, entre outras), pois a existência de dados e a disponibilização dos mesmos é, na maioria das vezes, um fator crucial para o desenvolvimento de projetos dessa natureza.

Na base institucional devem, também, ser definidos os especialistas e partes interessadas no problema (administradores, planejadores, envolvidos com o equipamento a ser estudado), pois os mesmos além de poder auxiliar na obtenção de dados, são relevantes no desenvolvimento e aplicação do método, já que apresentam diferentes perspectivas sobre as alternativas de localização.

O apoio institucional torna possível a obtenção dos dados de demanda e oferta.

c) Base Operacional

Esta atividade consiste em analisar a formatação dos dados para posterior utilização. Objetiva determinar o nível de agregação dos dados, devendo-se sempre buscar por dados no maior nível de desagregação possível, já que a agregação aos níveis superiores é matematicamente factível. Desta forma, uma base de endereços espacializados é fundamental para o sistema.

Os dados também podem ser obtidos através do cadastro de endereços do serviço de água e esgoto da cidade (desde que o fornecimento atenda quase a totalidade da população), ou através dos censos.

d) Abrangência Social e Temporal

A abrangência social diz respeito ao campo de atuação do equipamento a ser implantado e os seus subníveis de abrangência (por exemplo: equipamento escolar com os subníveis creches, ensino fundamental, ensino médio, etc.).

A abrangência temporal diz respeito ao horizonte de projeto do estudo. Em geral os estudos são desenvolvidos para análise da situação no momento presente e num momento futuro, estabelecido pelas condicionantes do estudo e considerando as tendências demográficas observadas pelos Censos.

e) Medidas de Desempenho

As medidas de desempenho são definidas de acordo com o enfoque com que se deseja conduzir a análise. Essas medidas podem ser alteradas de acordo com os dados disponíveis.

Como exemplo de medidas de desempenho pode-se citar: o custo de instalação de novas unidades, custos com deslocamentos de transporte, grau de acessibilidade (minimização do tempo ou da distância), cobertura atingida (irradiação máxima dentro da qual o usuário é considerado atendido), etc.

f) Demanda

A demanda corresponde aos usuários do serviço ou do bem e deve ser caracterizada de forma tão desagregada quanto possível.

Deve-se obter a distribuição da demanda georreferenciada para a situação presente e para o futuro utilizar dados dos censos demográficos,

através das taxas de previsões de crescimento populacional. Uma vez definida a abrangência temporal do estudo, conseqüentemente o ano n , devem-se estimar a população e o número de nascimentos anuais até lá.

Pode-se utilizar a divisão espacial da cidade em setores censitários fornecida pelo IBGE e obter a maior variedade e consistência de dados (pois novos setores vão surgindo com a expansão natural das cidades). Considerar a população do setor censitário como equivalente à real demanda por serviços públicos é uma solução viável, quando não se dispõe de informações específicas. O somatório da população deve ser localizado no centróide do setor censitário e de acordo com Menezes et al. (2011) tal aproximação é razoável quando o setor censitário apresenta uma área pequena.

g) Oferta

A oferta corresponde aos locais das instalações onde são ou serão prestados os serviços.

Nesta etapa deve-se definir o número de instalações existentes ou a localizar, a posição geográfica de cada uma das instalações, o tamanho de cada instalação e outros atributos da oferta que se julguem necessários.

A oferta, assim como a demanda, deve ser caracterizada de forma tão desagregada quanto possível, correspondendo a localizações espaciais pontuais.

h) Rede de transporte

Corresponde às vias de comunicação e da relação entre oferta e demanda, pelas quais ocorrem os movimentos das pessoas (às vezes dos bens) que permitem colocar em uso os equipamentos.

A definição da rede de ruas/estradas para utilizar no SIG depende de como se distribui espacialmente a oferta e a demanda, ou seja, a que tipo de elementos espaciais se atribui a oferta/demanda: do tipo pontos, linhas ou polígonos. (Sendra et al., 2000)

A figura 4 estabelece um fluxo (resumo) das atividades que devem ser desenvolvidas para a definição dos parâmetros do problema.

A partir da definição dos parâmetros básicos, que serão utilizados no desenvolvimento do método, pode-se seguir para a segunda etapa que constitui a apresentação gráfica do problema com uso dos Sistemas de Informação Geográfica - SIG.



Figura 4: Atividades para a definição dos parâmetros do problema

4.2.2. Etapa 2: Apresentação gráfica do problema com o uso do SIG

Considerando que os Sistemas de Informação Geográfica vem apresentando aplicações úteis na localização de instalações, acredita-se que a incorporação deste no desenvolvimento do método é de grande contribuição para a análise da combinação de diferentes conjuntos de dados, fornecendo um melhor entendimento sobre a realidade espacial estudada.

Basicamente nesta etapa do desenvolvimento do método deve-se espacializar os endereços da demanda no mapa digital do sistema viário da cidade, bem como da oferta e criar mapas temáticos para mostrar estes dados.

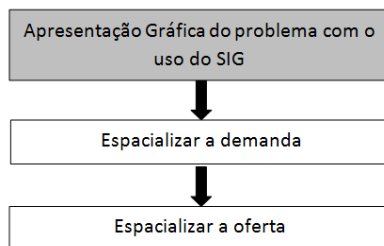


Figura 5: Atividades para a apresentação gráfica do problema

4.2.3. Etapa 3: Avaliação da Situação Existente

Para a avaliação da situação existente, após a caracterização da demanda e da oferta, analisa-se o comportamento deste conjunto. Desta forma, tem-se as seguintes atividades:

a) Alocação da demanda real à oferta

Depois de obter a demanda e oferta espacializada, deve-se fazer a avaliação e alocação da demanda real à oferta. Isto pode ser feito através de mapas temáticos através do uso do SIG, nos quais a demanda que frequenta uma mesma oferta é identificada por uma mesma cor. Isto permite identificar também, de forma visual mais acessível, dentro de um raio de abrangência pré-estabelecido qual população não é atendida (não está alocada a nenhum equipamento).

b) Acessibilidade

A partir da distribuição espacial entre oferta e demanda é possível definir os custos de deslocamentos para toda a demanda. A princípio, esse custo é, para cada indivíduo, a menor distância percorrida através do sistema viário entre a sua casa e o respectivo ponto de oferta.

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. Já com a utilização do SIG é possível obter a distância exata entre a demanda e a oferta com base na malha viária existente, desde que modelada em rede.

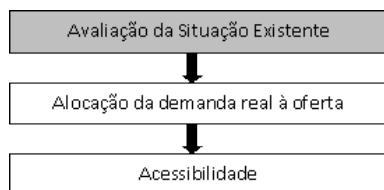


Figura 6: Atividades para a avaliação da situação existente

4.2.4. Etapa 4: Geração de Cenários

Com a realização das atividades apresentadas pode-se elaborar um diagnóstico de como se encontra a situação atual de atendimento da demanda pela oferta existente e propor as alterações necessárias como, por exemplo a necessidade de novas instalações ou mesmo novas localizações (caso a irradiação máxima esteja sendo ultrapassada por uma grande demanda). Este diagnóstico é composto de relatório baseado nos dados apresentados para a região em estudo.

No estudo de Teixeira e Antunes (2008) três cenários para a reorganização da rede escolar de Coimbra foram considerados. No primeiro cenário foram definidas capacidades das unidades escolares, no segundo cenário estas capacidades foram aumentadas e no terceiro foram incluídas novas unidades. Já Mapa e Lima (2012) utilizaram quatro cenários em seus estudos, nos quais consideraram a) limites de capacidade, b) abertura de novas instalações, c) abertura de novas instalações com restrições de atendimento percentual à demanda total e d) realocação de instalação. Rosário et al. (2001) caracterizaram sete propostas diferentes a serem analisadas, as quais consideraram diferentes pontos de localização, quantidades de instalações entre outros aspectos. Unglert (1990) procedeu a análise de propostas alternativas nas quais levou em consideração a localização e dimensão das unidades, especificação dos serviços e participação da população.

Diante deste contexto, três situações são possíveis de análise segundo o método que está sendo desenvolvido, a saber:

- a) situação permanece igual → Cenário 1
- b) realocação de demanda → Cenário 2
- c) busca de novas localizações → Cenário 3.

Estas atividades constituem as etapas seguintes do método, as quais serão descritas na sequência.

a) Cenário 1: Situação Permanece Igual

A partir do diagnóstico elaborado na etapa anterior tem-se um panorama geral da situação existente quanto a demanda e oferta de equipamentos urbanos em uma determinada região, inclusive com apresentação visual através dos mapas temáticos elaborados com auxílio do SIG. Esta etapa é apenas indicativa do cenário atual.

i) Apresentação da Situação Atual

Para a consideração da situação atual são apresentados os dados obtidos nas etapas anteriores e partindo-se do pressuposto que nesta etapa, a base é a permanência da situação como ela se apresenta até o momento, apenas descreve-se a relação entre oferta e demanda, bem como possíveis análises para um horizonte de tempo futuro.

São apresentados os relatórios obtidos e argumentados os resultados encontrados até esta etapa, juntamente com os mapas temáticos da situação atual. Com os dados e análises disponíveis avalia-se a situação atende a toda a demanda e em caso de existir demanda que não está sendo atendida pode ser realizado o estudo do cenário 2. Também é possível que a situação atual necessite ser ajustada para atender aos planos diretores ou situações de futuro em que os gestores objetivam um planejamento antecipado e, portanto, precisam avaliar outros cenários. Considerando-se que a situação não sofrerá alterações e os dados obtidos já são suficientes, elabora-se o relatório final para este cenário.

Em geral esta etapa caracteriza-se como um estudo para possíveis alterações na oferta de equipamentos urbanos, mas que nem sempre são implementados, em função das restrições orçamentárias.

Constitui-se como base para qualquer levantamento de uso de equipamentos urbanos, sendo que quando de sua utilização devem ser adequados os resultados para o cenário vigente no período temporal em análise, se os mesmos não forem considerados de imediato, ao final da sua elaboração.

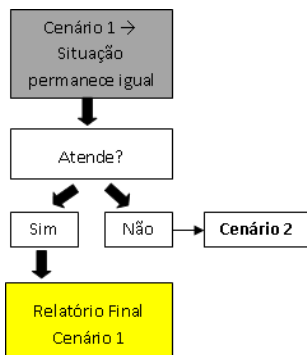


Figura 7: Atividades para a definição do cenário atual

b) Cenário 2: Realocação de Demanda

Uma vez elaborado o diagnóstico da situação existente e observado que existe demanda que não está sendo atendida, considerando que não se dispõe da possibilidade de buscar novos locais para implantação de equipamentos de oferta, pode-se realizar uma nova distribuição da demanda ou ainda alteração da capacidade dos equipamentos, conforme apresentado a seguir.

i) Realocação de Demanda - Nova Distribuição

Considerando que no diagnóstico da situação atual observou-se que nem toda a demanda está sendo atendida pelos equipamentos de oferta existentes, pode-se proceder uma nova distribuição da demanda.

Esta nova distribuição contempla, basicamente, a verificação de alocação de demanda aos pontos de oferta. Nesta verificação é possível identificar a demanda que precisa deslocar-se por um alcance superior ao desejável e, caso ainda haja capacidade, a mesma poderia ser redirecionada para outro ponto de oferta, mais próximo de sua residência.

Dentro do mesmo contexto, se existe um ponto de oferta com excesso de atendimento de demanda, esta poderia ser redirecionada para outro ponto de oferta, que esteja dentro de um alcance aceitável para as condições do equipamento em análise.

Assim sendo, esta etapa envolve basicamente a análise de alocação de demanda com as respectivas capacidades dos pontos de oferta, de modo a otimizar o atendimento em função da distância de cobertura. Pode-se obter a alocação da demanda mais adequada, no qual a população é destinada a ser atendida pela instalação mais próxima de sua residência, considerando a rede de transporte disponível. Pode ser facilmente implementada no SIG, desde que os dados estejam disponíveis em um bando de dados.

Com a utilização do SIG é possível também estabelecer círculos (cujo raio corresponde ao alcance) em torno das instalações identificando visualmente o alcance de cada instalação e observar a demanda que não é servida.

Observando que existe uma demanda que não está sendo atendida, pode-se proceder também a adequação da demanda aos pontos de oferta, considerando uma alteração na capacidade atual de atendimento, de modo a otimizar o atendimento em função da distância de cobertura (a população é destinada a ser atendida pela instalação mais próxima de sua residência). Neste caso não se considera a restrição de capacidade das instalações, de modo que atendam toda a demanda existente dentro de um alcance especificado e propondo ajustes de tamanho das instalações. Essa alteração pode corresponder à ampliação de um ponto de oferta, bem como a diminuição ou fechamento de outro. No caso de fechamento a situação sempre é mais crítica e difícil de ser implementada por envolver comunidades e equipamentos públicos.

Nem sempre esta consideração é possível, porque muitas vezes envolve restrições financeiras, de espaço ou de recursos humanos. Então de nada adianta propor a alteração de ampliação de capacidade de um ponto de oferta se não se dispõe de espaço físico ou de recursos humanos para atender essa ampliação. Por outro lado, podem existir cidades que dispõe de espaços alugados para oferecer os serviços, assim a proposição de alteração de capacidade é mais aceitável.

Para a maioria dos serviços públicos a ampliação da capacidade do ponto de oferta tende a ser de grande utilidade, pois diminui gastos com salas/equipamentos comuns em todos as instalações.

ii) Apresentação da Nova Distribuição

Para a consideração da mudança de cenário são apresentados os dados obtidos nas etapas de realocação de demanda e a apresentação da nova distribuição desta demanda a cada ponto de oferta.

Na situação de existir apenas uma nova distribuição, descreve-se o novo cenário com as demandas definidas para cada ponto de oferta, sem alterar a capacidade das instalações.

Já quando é considerada a alteração da capacidade, esta deve estar detalhadamente explicada e mostrada visualmente através do SIG. Deve-se, portanto, esclarecer quais os pontos de oferta que sofrem alteração, o que gerou a alteração, como essas alterações devem ser implementadas e como serão mitigados/valorizados os impactos das mesmas. Isto deve ser apresentado através de relatório final do cenário e deve ser destacado o horizonte de projeto considerado.

Caso a realocação da demanda não seja suficiente e novas instalações precisam ser implementadas um estudo de busca de novas localizações deve ser realizado conforme estabelecido nas atividades do cenário 3.

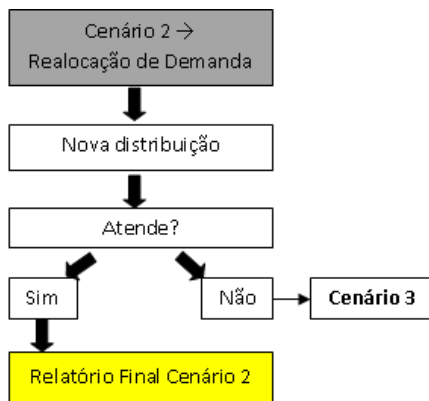


Figura 8: Atividades para a definição da mudança de cenário

c) Cenário 3: Busca de Novas Localizações

Após o levantamento e elaboração do diagnóstico da situação existente quanto à oferta e demanda de equipamentos públicos desejáveis, a busca de novas localizações é uma etapa de bastante importância quando se quer ampliar o número de instalações ou mesmo

adequar a localização destas, de modo a atender o objetivo de minimizar o deslocamento da demanda até a oferta.

Segundo Ballou (2006) os problemas de localização de instalações envolvem escolher o melhor local para uma ou mais instalações dentro de um conjunto de locais possíveis. Em se tratando de instalações públicas a localização deve visar o maior grau de satisfação social, com atendimento à demanda caracterizada na área, com utilização eficiente dos recursos públicos. Conforme Galvão et al. (1999) "no setor público o objetivo é a maximização de um benefício ou a minimização de um custo para a sociedade".

Desta forma, considerando que os objetivos e restrições que se impõe à localização de equipamentos urbanos comunitários, a busca de novas localizações deve ser definida por técnicas integradas, sendo a utilização de modelos de localização a próxima etapa, na busca de locais possíveis.

i) Modelos de Localização

Segundo Teixeira e Antunes (2008) "quando o número de possíveis soluções de planejamento é muito grande, modelos de otimização são indispensáveis como ferramentas de ajuda à decisão. Os modelos de localização certamente estão entre os principais modelos de otimização a serem utilizados no processo de planejamento de instalações públicas".

Para Buzai (2011) os modelos de locação-alocação buscam avaliar as localizações atuais dos centros de serviço com base na distribuição da demanda e na geração de alternativas para garantir uma distribuição espacial mais eficiente. Além disso, buscam identificar os locais ótimos e determinar as melhores alocações das demandas.

Lima (2003) destaca que a partir do momento que são calculados os custos de deslocamentos (em termos de distância percorrida), os modelos de localização-alocação devem ser utilizados para buscar uma melhor distribuição espacial, gerando alternativas (através de uma redistribuição espacial da demanda) que possam otimizar cada nível de atendimento da instalação em análise, a partir de medidas de desempenho de acessibilidade.

Assim sendo, considerando que busca-se determinar a melhor localização geográfica para implantar um equipamento urbano comunitário, visando racionalizar a aplicação dos recursos públicos e

atender a demanda satisfatoriamente, os modelos de localização constituem-se ferramentas úteis.

Dentre os modelos de localização apresentados anteriormente, optou-se por utilizar o modelo **p-mediana** (objetivo é localizar um número p , pré-definido, de unidades de serviço de modo a minimizar a distância média destas unidades até as n populações atendidas; de acordo com Santos et al., 2000) e o de **máxima cobertura** (objetivo é maximizar a cobertura de uma determinada população em relação a um dado equipamento coletivo, de modo a estabelecer um raio de cobertura fora do qual o usuário deixa de ser coberto por esse equipamento, buscando assegurar que o maior número de usuários seja atendido, conforme Menezes et al., 2011), pois estes modelos se adequam melhor às características de equipamentos públicos desejáveis não emergenciais, como por exemplo os postos de saúde. (Sendra et al., 2000; Teixeira e Antunes, 2008; Menezes et al., 2011; Mapa e Lima, (2012); Rosário et al., 2001; Yeh e Chow, 1996; Buzai, 2011; Ramirez, 2002; Sinuany-Stern et al., 1995; Galvão et al., 1999; Santos et al., 2000).

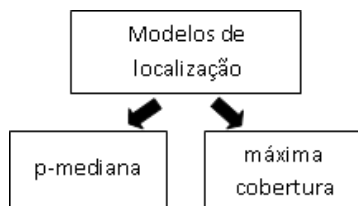


Figura 9: Modelos de localização a serem utilizados

ii) Análise das localizações

A partir da utilização dos modelos matemáticos, os quais irão determinar localizações de instalações dentro da área de estudo, é possível propor novos locais para implantação de equipamentos urbanos comunitários.

Um passo importante na análise dos locais é a utilização de "buffers" (círculos) em torno das localizações obtidas a partir dos modelos de localização. Neste sentido, Yeh e Chow (1996) afirmam que a localização ideal de instalações são primeiramente identificadas usando um modelo de localização. Assim, buffers circulares são desenhados em torno das localizações das instalações para especificar áreas que são consideradas como espaços de soluções aceitáveis. Para os

autores isto é importante pois permite encontrar "vazios" na área de estudo, os quais não são servidos pelas instalações . Estes círculos devem ser apresentados com raios (de abrangência) compatíveis com o alcance que se pretende das instalações, caracterizando assim a cobertura que as mesmas podem atender. Santos et al. (2000) também utilizaram esta ferramenta para mostrar a distância de cobertura de atendimento das instalações propostas pelo modelo de localização. Os valores dos raios de abrangência, por exemplo, podem ser considerados respectivamente como de ótima (700m), boa (1000m) e regular (2000m) distância entre a demanda e a oferta para postos de saúde, considerando que a maioria dos deslocamentos são realizados a pé (caminhada) (adaptado de Brau et al., 1980).

Objetiva-se com estas análises obter diferentes resultados ao final do processo, o qual envolve vários critérios e aspectos, tanto qualitativos quanto quantitativos, que podem ser tratados através da Lógica *Fuzzy*.

iii) Avaliação das Localizações Com o Uso da Lógica *Fuzzy*

Os autores Erkut e Neuman (1989) julgam a fase de seleção de locais demasiadamente complexa para representação precisa usando um modelo de tratamento analítico de objetivo único. Afirmam que estes modelos podem ser usados para gerar um pequeno número de locais candidatos, mas a seleção final de um local é um problema complexo e deve ser abordado usando ferramentas de decisão multiobjetivos. Sinuany-Stern et al. (1995) corroboram com a afirmativa declarando que durante o curso do estudo de caso que promoveram, chegaram à mesma conclusão.

Unglert (1990) afirma que o planejamento da localização de serviços deve respeitar as características de cada área, considerando suas peculiaridades e levando em consideração seus problemas e os recursos disponíveis. Afirmar também que a utilização de modelos teóricos que não levem em conta esses fatores possivelmente não representa a realidade do local.

Desta forma, dado o conjunto de variáveis que deve ser considerado quando da determinação da melhor alternativa de localização de instalações, acredita-se que a utilização da Lógica *Fuzzy* seja favorável, principalmente por incorporar a análise de variáveis qualitativas e quantitativas e permitir considerar as abordagens dos usuários e especialistas do serviço.

Após a obtenção dos possíveis locais para implantação de novos equipamentos urbanos, as variáveis a serem utilizadas passam pelo sistema de inferência *fuzzy* e geram um resultado para cada alternativa.

A definição das variáveis deve ser bastante criteriosa e levar em consideração atributos que sejam representativos para a localização das instalações. Entre essas variáveis pode-se destacar:

a) econômicas:

- custo médio da instalação (terreno+construção)
- densidade demográfica
- renda média da população da área
- geração de empregos

b) sociais:

- eficiência do serviço
- atratividade da instalação
- satisfação da população

c) ambientais:

- impacto biótico
- sustentabilidade da instalação
- geração de resíduos

Essas variáveis foram definidas com base na literatura científica sobre o assunto (Baray e Cliquet, 2013; Khadivi e Ghomi, 2012; Murad, 2012; Buzai, 2011; Menezes et al., 2011; Rosário et al., 2001; Sendra et al., 2000; Sinuany-Stern et al., 1995; entre outros), na experiência de gestores do sistema de saúde de Joinville, e nos diferentes documentos legais existentes (como planos diretores, portarias da área da saúde, legislação municipal, etc.). A seleção das variáveis foi pautada na análise de quais são os fatores relevantes para implantação de projetos de infraestrutura urbana, bem como de aspectos que possam considerar a avaliação pela população. Os autores Campo Filho (2004) e Cury (1999) utilizaram alguns destes critérios em projetos de infraestrutura urbana, aplicados à sustentabilidade de unidades de conservação e avaliação de projetos de transporte urbano, respectivamente. Delimitou-se o número de variáveis e então definiu-se, dentro do universo de estudo, aquelas mais relevantes para a pesquisa (que apresentavam maior correlação com instalações públicas desejáveis e voltadas ao atendimento de pessoas), em especial para a área da saúde. Outras variáveis podem ser introduzidas no modelo, devendo para tanto ser realizado o estudo de sua influência no projeto a ser implantado, bem como sua melhor adequação à arquitetura proposta.

Cada variável considerada tem a mesma importância dentro da estrutura *fuzzy*, ou seja, todas são computadas de igual maneira e com o mesmo peso. A relação entre as variáveis é dada pela constituição da arquitetura *fuzzy*, que após a realização da inferência *fuzzy* permite estabelecer o grau para cada alternativa, com base na agregação das variáveis entre si.

Para as variáveis quantitativas, os especialistas podem entrar com medidas obtidas durante uma visita de campo, por meio de pesquisas, por projeções ou por estimativas, que serão convertidas em expressões linguística, como por exemplo, baixa, média e alta, com seus respectivos Graus de Certeza (GdC). Assim por exemplo, a renda média da população na área pode ser obtida com base nos dados censitários para os diferentes setores de localização da nova unidade. Os especialistas verificam os dados do censo (neste caso o Censo de 2010) e podem fazer estimativas para o ano de realização do projeto.

Segundo Cury (1999) quando uma questão apresenta muitos componentes de avaliação, com poucas interações quantificáveis, a experiência de especialistas e o sentimento dos futuros usuários podem ajudar a trazer informações úteis para o estabelecimento de um padrão de comportamento. Para o autor, neste caso, a lógica *fuzzy*, apresenta-se como uma ferramenta adequada para tratar situações carregadas de imprecisão e considerando que os projetos públicos sempre apresentam mudanças e conseqüentes interferências na vida das pessoas, são necessários cuidados especiais com os aspectos humanos na implantação destes projetos.

A figura 10 apresenta as variáveis a serem consideradas na lógica *fuzzy*, e sua respectiva arquitetura, a qual através do processo lógico irá gerar o grau da alternativa, valor de comparação entre as diferentes opções de localização.

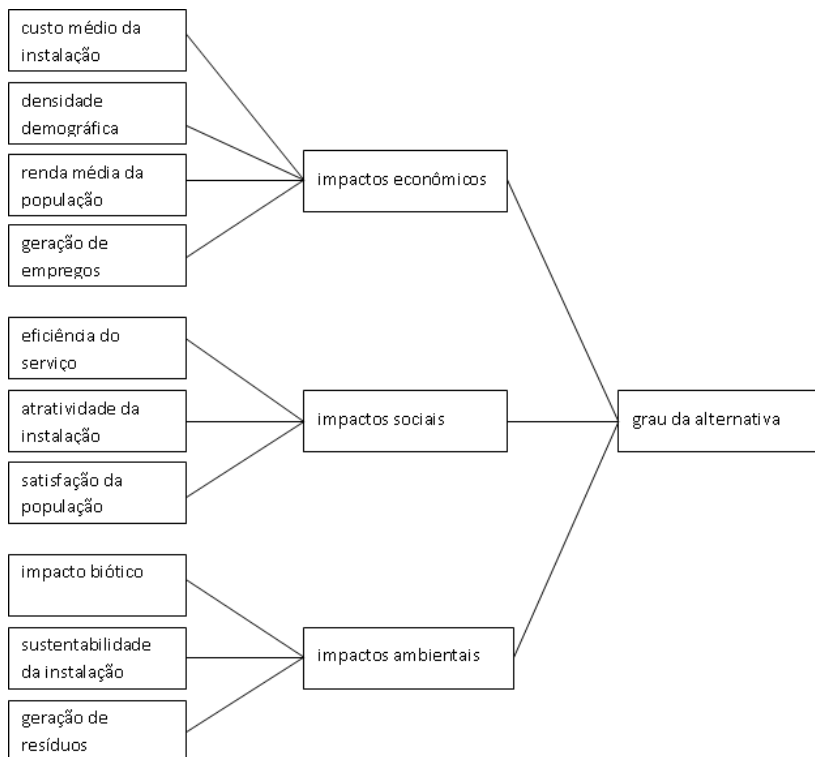


Figura 10: Critérios a serem avaliados com o uso da Lógica *Fuzzy*

iv) Apresentação das Propostas

Uma vez realizado todo o processo de busca de novas localizações é possível avaliar os resultados obtidos com a aplicação da lógica *fuzzy* e gerar propostas para que os gestores possam definir qual a alternativa mais viável de ser implementada. Nesta etapa deve-se realizar uma análise comparativa entre as alternativas e uma análise crítica quanto aos aspectos observados nos resultados para as diferentes alternativas.

Caso os resultados obtidos não sejam suficientes para aprovação da alternativa ótima, novos estudos devem ser realizados, incorporando outros fatores ou estabelecendo novos critérios de avaliação e reiniciar o processo conforme descrito para a busca de novas localizações.

v) Apresentação do Relatório Final: Proposta Ótima

A proposição de uma alternativa, cujas variáveis e critérios já tenham sido devidamente avaliados durante todo o processo de busca de novas localizações, deve permitir que a localização ótima seja possível de ser implementada, apresentando para isto uma justificativa baseada nas respostas obtidas com a aplicação do método de orientação proposto.

Deve-se buscar a alternativa que melhor contemple o objetivo inicialmente apresentado, a saber, atender satisfatoriamente a demanda e otimizar o gasto de recursos públicos.

A proposta deve garantir aos gestores subsídios para explicar à sociedade a decisão tomada, sendo fundamental a visualização espacial da mesma, em comparação com as demais. A utilização do SIG auxilia na apresentação dos resultados e permite uma melhor visualização dos mesmos.

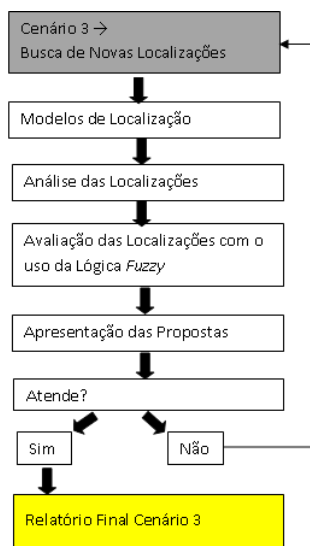


Figura 11: Atividades para a definição do local ótimo

5. ESTUDO DE CASO

Neste capítulo, que tem como objetivo mostrar a aplicabilidade do método apresentado no capítulo anterior, busca-se definir qual o melhor local para implantar uma nova unidade básica de saúde, popularmente conhecida como Posto de Saúde. As Unidades Básicas de Saúde (UBS) são equipamentos urbanos comunitários e portanto devem ser implantados visando racionalizar a aplicação dos recursos públicos e atender adequadamente a população.

Para alcançar tal objetivo buscou-se junto à Prefeitura Municipal de Joinville dados sobre os Postos de Saúde existentes e a carência de novos. Além disso, outros dados como a malha viária da cidade foram de grande importância para a aplicação do método.

O resultado final irá determinar a melhor alternativa para implantação de uma Unidade Básica de Saúde, por meio da comparação do grau final de cada alternativa sob análise.

5.1. A CIDADE DE JOINVILLE

Joinville é um município localizado ao sul do Brasil, ao nordeste do estado de Santa Catarina (Figura 12). É a maior cidade catarinense, responsável por 20% das exportações do Estado.

Possui uma área de 1.135,05 km², uma população de 515250 habitantes e uma densidade demográfica de 449,30 hab./km² (censo IBGE 2010) e encontra-se na mesorregião do Norte Catarinense.

A cidade possui um dos mais altos índices de desenvolvimento humano (0,85) entre os municípios brasileiros, ocupando a 13^a posição nacional e a quarta entre os municípios catarinenses. É o terceiro pólo industrial da região sul, com concentração de grande parte da atividade econômica na indústria.

Quanto ao planejamento urbano, os primeiros trabalhos de natureza urbanística foram realizados em 1965, quando foi criado o Plano Básico de Urbanismo - PBU, o qual fez uma análise da situação e tendências do desenvolvimento social e urbanístico do município resultando na Lei nº 795, de 25 de janeiro de 1966, que estabeleceu um plano de uso do solo e traçou diretrizes que deveriam ser observadas na elaboração do Plano Diretor da cidade.

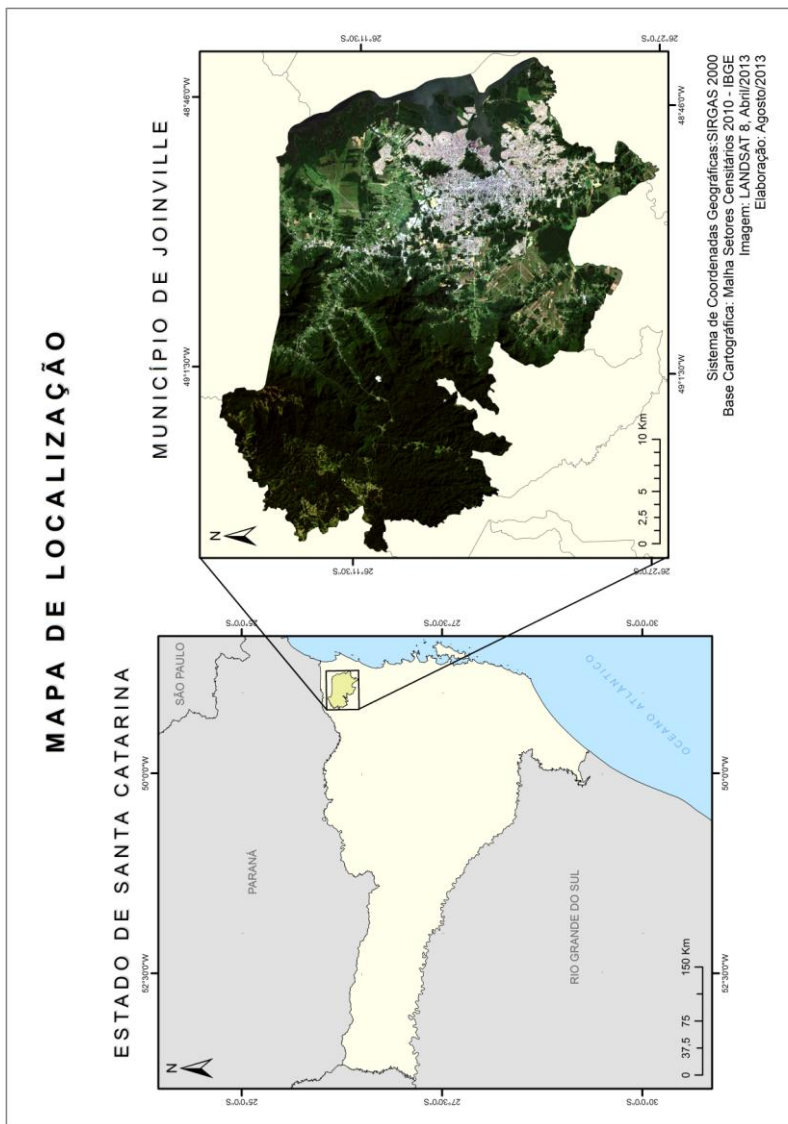


Figura 12: Localização de Joinville em Santa Catarina

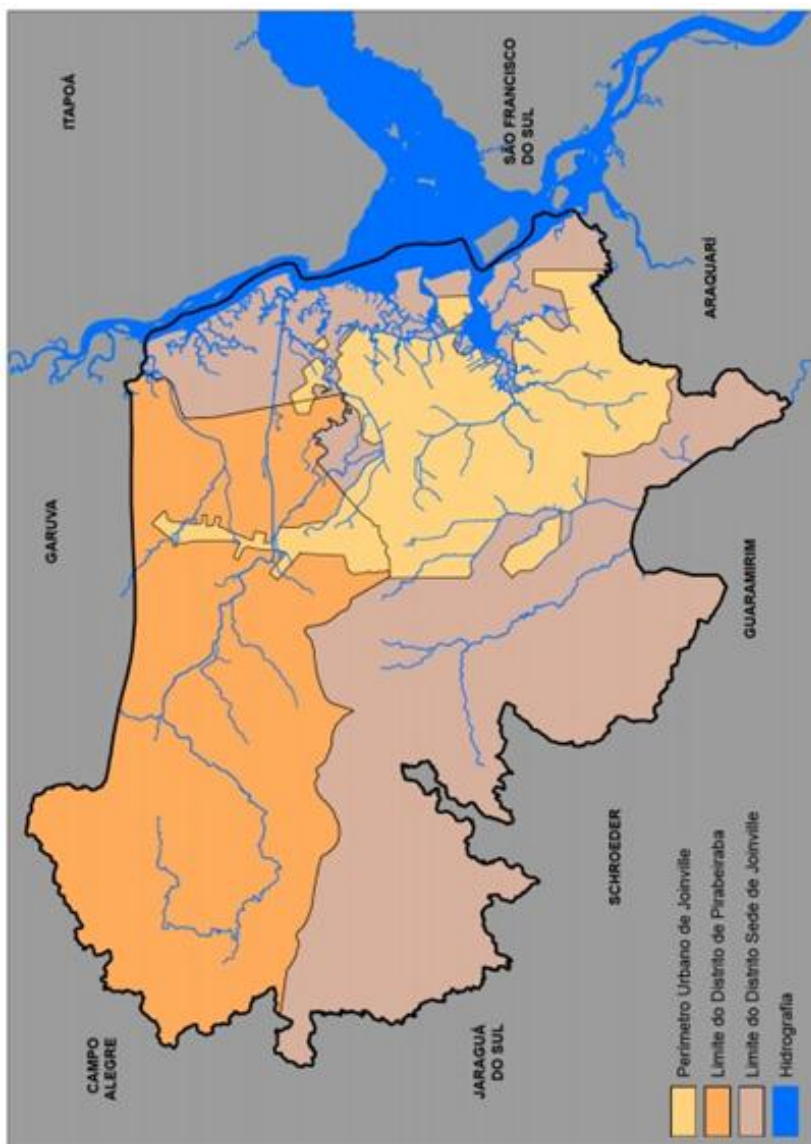


Figura 13: Divisão Política e Administrativa do Município de Joinville
Fonte: IPPUJ (2014)

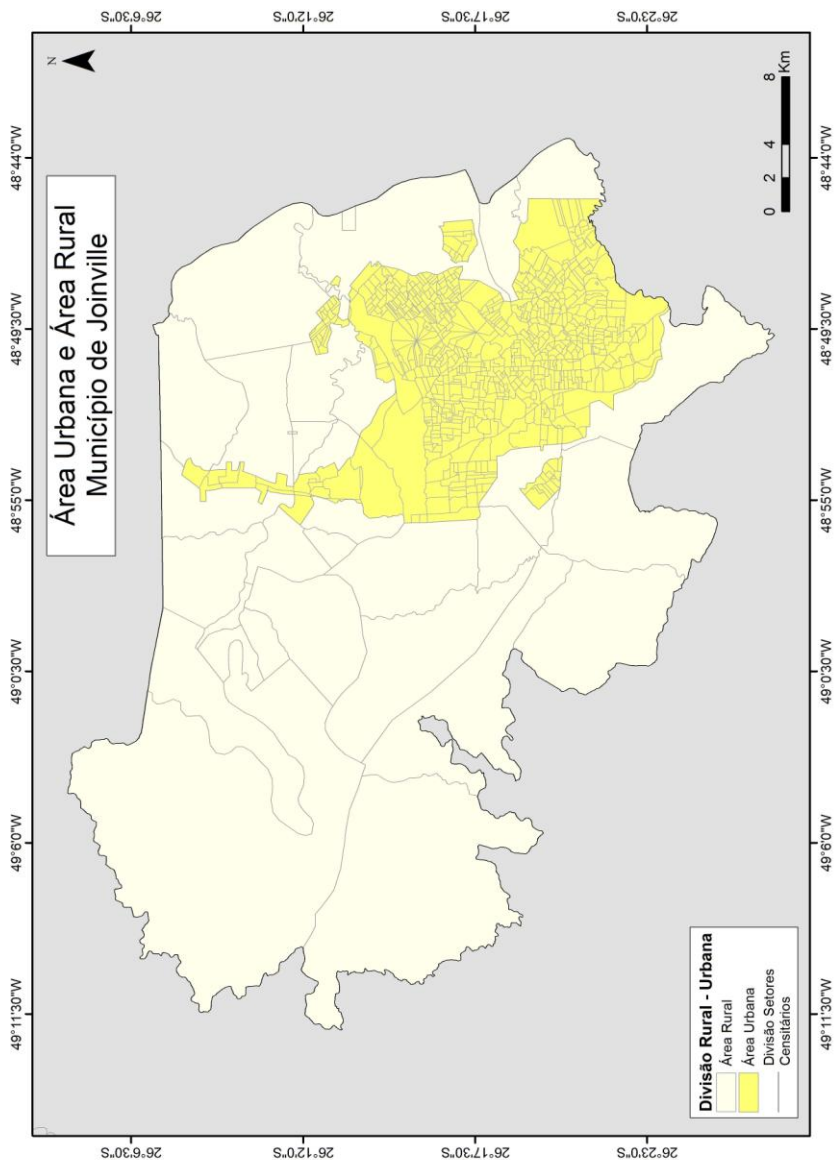


Figura 14: Divisão dos setores censitários da área urbana de Joinville

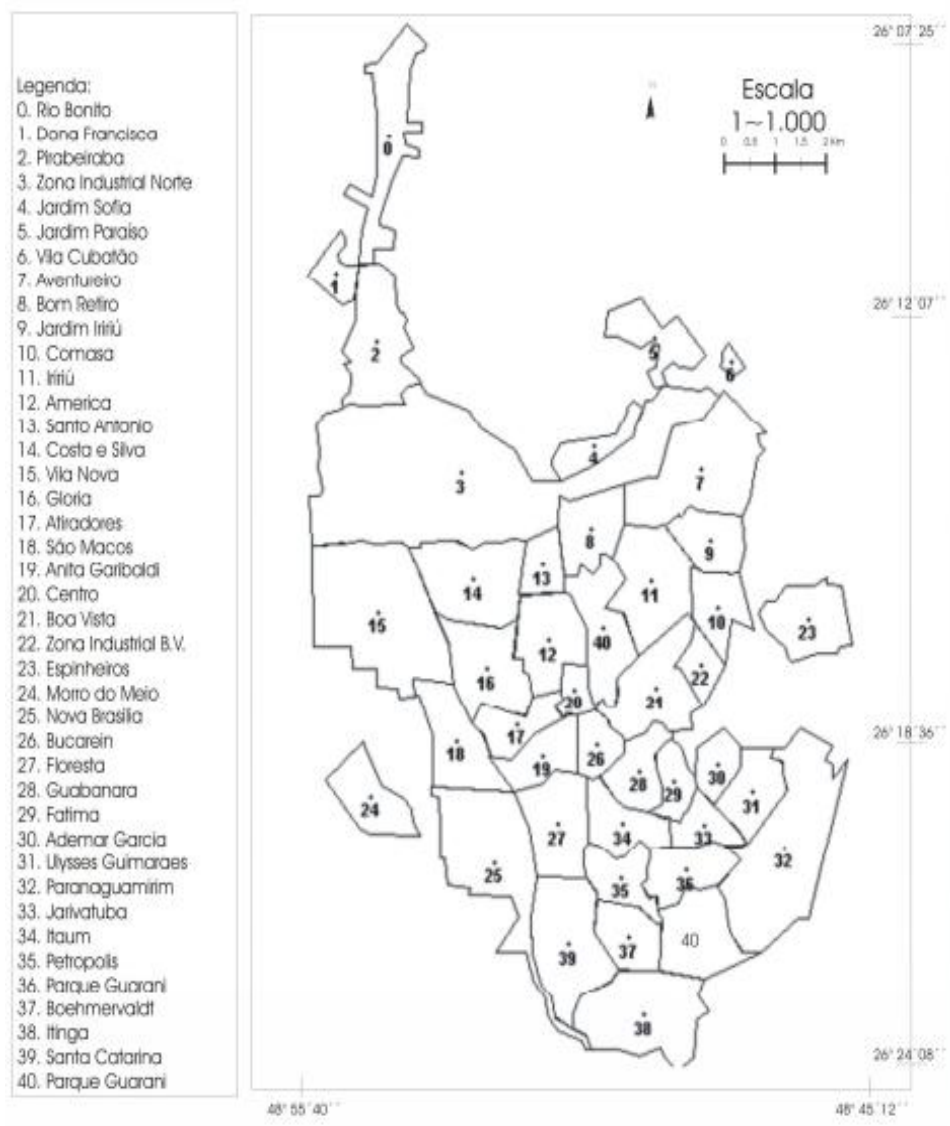


Figura 15: Divisão dos bairros de Joinville
Fonte: Santos (2007)

Posteriormente foi elaborado o Plano Diretor do Sistema de Transportes Urbanos - PLADSTU, que resultou na Lei nº 1.262/73 (conhecida como "Plano Diretor de 73").

Em 1981, a Lei municipal nº 1.828/81 promoveu a atualização da Lei nº 1.262/73, adequando-a a Lei Federal nº 6.766/79, especialmente no que dizia respeito às áreas de uso público. Também em 1981, a Lei Municipal nº 1.839/81 revogou a Lei nº 1.411/75, alterando dispositivos e flexibilizando algumas exigências quanto ao zoneamento interno.

Já em 1987 foi produzido o Plano de Estruturação Urbana - PEU, por meio do qual foi apresentada uma análise urbanística detalhada do município, traçando-se algumas diretrizes que não foram consolidadas em lei.

Em 1991 foi criado o Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Joinville - IPPUJ, com o objetivo de assessorar o governo na condução dos assuntos relacionados ao desenvolvimento municipal, nos aspectos físico-territoriais. Desde então, vários estudos foram desenvolvidos e novas leis e decretos foram aprovados entre os quais destacam-se: Lei Complementar nº 027/1996 (dispõe sobre o uso, ocupação e parcelamento do solo); Decreto nº 8.413/97 e nº 9.020/1999, que instituiu o regime urbanístico de uso e ocupação do solo na zona rural; Lei Complementar nº 50/97 (regulamentou o setor especial de áreas verdes); Lei nº 261/2008, de 28/02/2008, que estabeleceu o novo Plano Diretor do município, propôs a alteração da Lei de uso do solo atual (Lei nº 27/1996) e também a elaboração do plano setorial de mobilidade e acessibilidade (ENGEORPS, 2010).

Até a década de 50 apresentava uma população basicamente rural. A partir de 60 experimentou 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.

A evolução do crescimento populacional em Joinville entre 1950 e 2010 pode ser observada no quadro 4. Segundo dados do IBGE, a população urbana de Joinville em 2010 corresponde a 96,61%, enquanto a rural fica apenas com 3,39%, sendo que em 1960 a população urbana somava apenas 48,11%.

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 (IPPUJ, 2011).

Quadro 4- Crescimento populacional de Joinville

ANOS	TAXAS MÉDIAS %	INÍCIO DA DÉCADA	FINAL DA DÉCADA
1950 a 1960	6,07	43.334	69.677
1960 a 1970	6,04	69.677	126.095
1970 a 1980	6,45	126.095	235.812
1980 a 1991	3,54	235.812	347.151
1991 a 2000	2,21	347.151	429.604
2000 a 2010	1,69	429.604	515.250

Fonte: IPPUJ (2011)

Em relação à saúde, apresentam-se os quadros 5 e 6 com os indicativos das unidades de atendimento pelo Sistema Único de Saúde - SUS e da capacidade física instalada da rede hospitalar pública.

Quadro 5- Unidades de Atendimento do SUS

ESTRUTURA DE SAÚDE	TOTAL
Hospitais	05
Clínicas/Ambulatórios especializados	08
Pronto Atendimento	03
Pronto Socorros Geral	04
Unidades Básicas de Saúde	57
Unidade de Saúde da Família	31
Unidade de Saúde da Família de Extensão	02
Policlínicas	09
Centros de Referência	14
Farmácias	67
Laboratórios (Postos de Coleta)	45

Fonte: Cadastro Nacional de Estabelecimentos de Saúde. CNES – base local, 11/2013, em IPPUJ (2014)

Quadro 6- Capacidade física instalada da rede hospitalar pública

LEITOS POR CLÍNICA	SUS	PRIVADO	TOTAL
Cirurgia	247	0	247
Médica	315	35	350
Pediátrica	50	0	50
Psiquiátrica	35	0	35
Obstetrícia	72	0	72
LEITOS RETAGUARDA/CUIDADOS PROLONGADOS	40	0	40
UTI Adulto	33	0	33
UTI Infantil	10	0	10
UTI Neonatal	17	0	17
Unidade Intermediária Neonatal	25	0	25
Unidade Isolamento	8	0	8
Cirúrgicos	21	0	21
AIDS	7	0	7
Total Geral de Clínico e Cirúrgico (não inclui complementares)	562	241	803
HEMOCENTRO (Banco de Sangue)	1	-	1

Fonte: Cadastro Nacional de Estabelecimentos de Saúde CNES – base local 11/2013, em IPPUJ (2014)

A figura 16 apresenta a localização das Unidades Básicas de Saúde da área urbana de Joinville e a respectiva distribuição de renda nestas áreas.

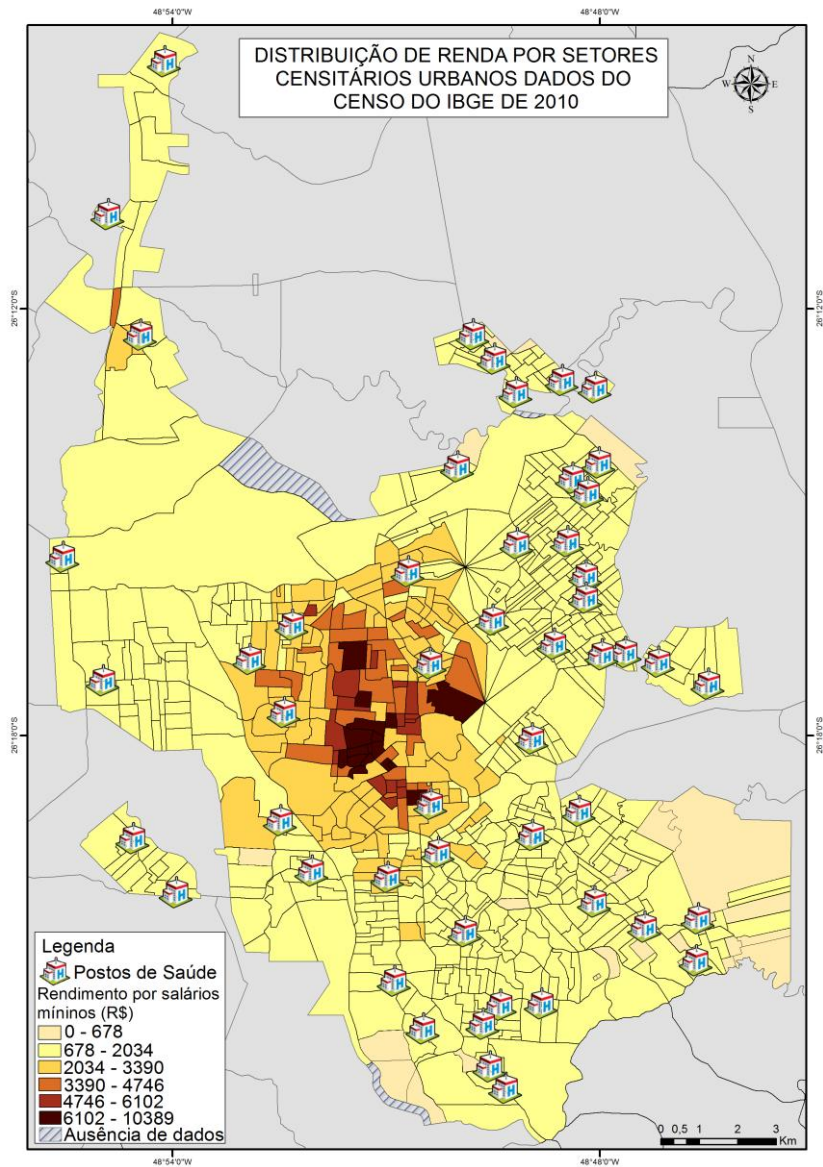


Figura 16: Localização das Unidades Básicas de Saúde na área urbana de Joinville e a distribuição de renda (conforme dados do IBGE de 2010) por setores censitários

5.2. DESCRIÇÃO DO PROJETO

O desenvolvimento da pesquisa buscou definir os critérios e parâmetros que deve ser analisado para definir o local adequado de implantação do equipamento urbano comunitário **Unidades Básicas de Saúde - UBS** (ou posto de saúde). Para isto tornou-se necessário determinar o grau “ótimo” do local, obedecendo os critérios econômicos, ambientais e sociais envolvidos no método.

Para atingir o objetivo desta pesquisa foi aplicado o método proposto para o estudo de caso conforme as etapas a seguir descritas.

5.2.1 Definição dos parâmetros do problema

a) Tipo de equipamento

O objeto desta pesquisa são as unidades básicas de saúde, consideradas equipamentos urbanos comunitários desejáveis, de caráter público e que não prestam serviços de emergência.

b) Base institucional

A base institucional desta pesquisa concentrou-se principalmente na Prefeitura Municipal de Joinville, através das Secretarias de Saúde, Planejamento, Fazenda e IPPUJ, assim como a Universidade do Estado de Santa Catarina, através do Laboratório de Geoprocessamento (GEOLAB) e a Universidade Federal do Rio de Janeiro, através do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes.

Foram consultados técnicos das secretarias, gerentes da Prefeitura, especialistas (professores), engenheiros, administradores e conversa informal com algumas pessoas que moram e utilizam o sistema de saúde pública de Joinville.

c) Base Operacional

Após os diversos contatos com servidores da Prefeitura de Joinville, buscou-se definir o melhor local de aplicação da pesquisa, uma área que seja representativa e que tenha dados para aplicação do método.

Em consulta à Secretaria de Saúde de Joinville, optou-se por selecionar os dados da Regional Costa e Silva (daqui por diante chamada apenas de Regional), na qual estão envolvidos os bairros: América, Aventureiro, Bom Retiro, Costa e Silva, Glória, Santo Antônio, Jardim Paraíso e Jardim Sofia e Zona Industrial I. A área é

bastante abrangente e dispõe atualmente de 8 UBS, conforme apresentado nas figura 17 e 18.

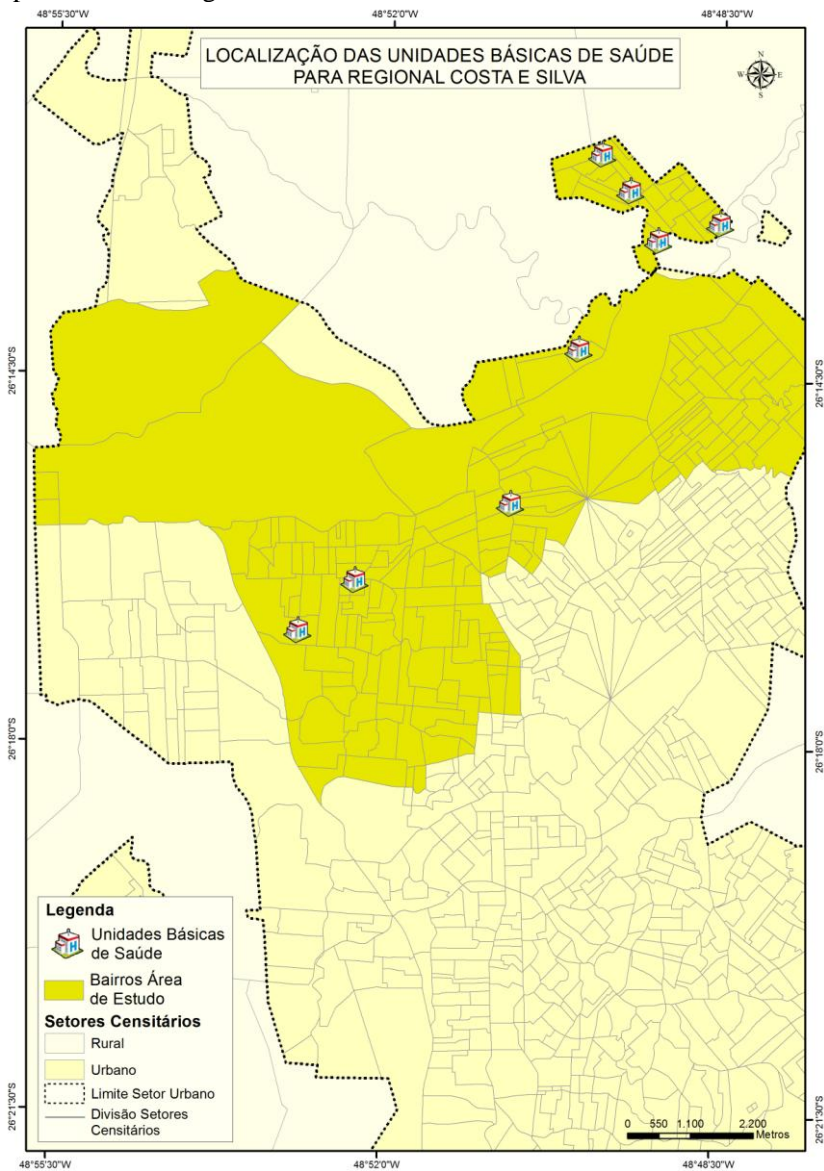


Figura 17: Área de aplicação do estudo de caso: Regional Costa e Silva

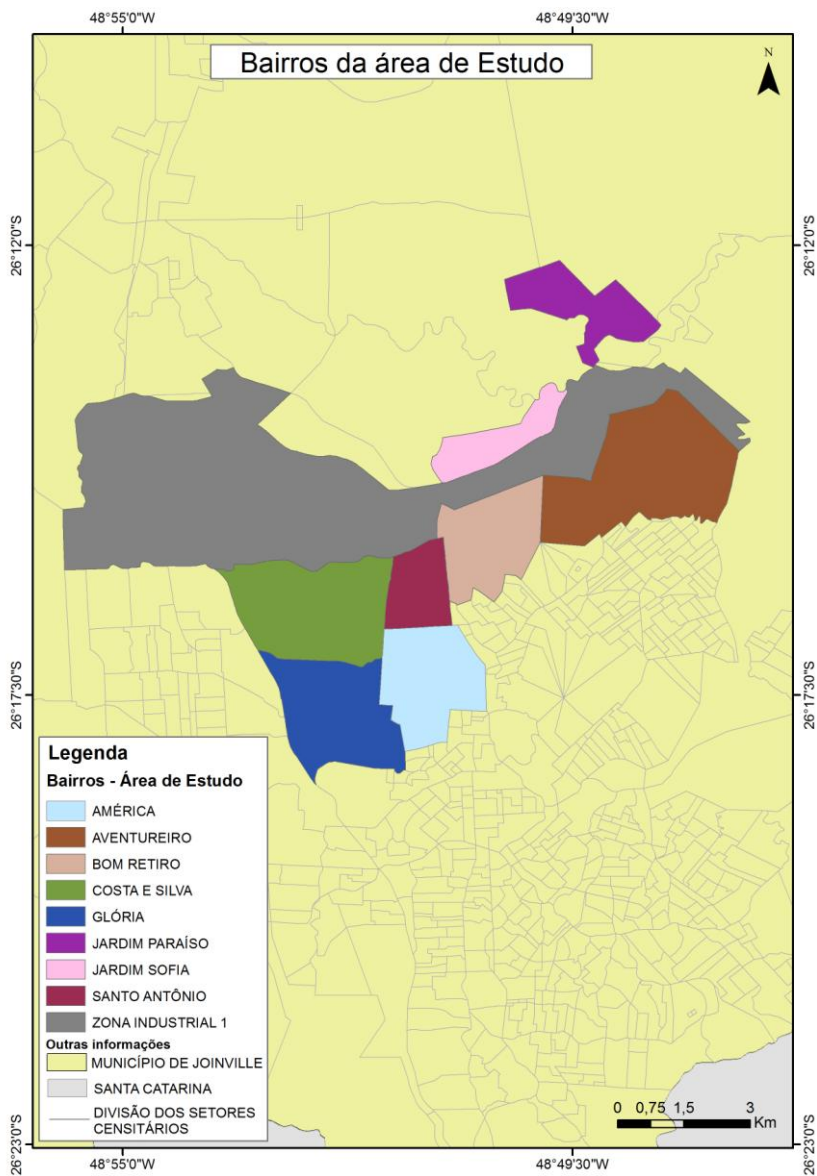


Figura 18: Bairros da área de estudo selecionada: Regional Costa e Silva

Quadro 7- Comparativo de alguns dados da Regional Costa e Silva em relação ao total do Município de Joinville

Bairros	Área	População	Usos			
	km ²	hab	residencial	comercial	industrial	serviços
América	4,54	11957	5363	407	16	494
Aventureiro	9,44	37058	10524	527	51	467
Bom Retiro	3,91	12500	4442	163	22	168
Costa e Silva	6,58	29112	9598	430	33	377
Glória	5,37	10962	4232	275	23	251
Jardim Paraíso	3,22	17824	4618	211	5	159
Jardim Sofia	2,14	4481	1206	37	31	48
Santo Antonio	2,2	6959	3126	166	8	191
Zona Ind. Norte	30,07	3250	930	79	269	189
Total da Regional	67,47	134103	44039	2295	458	2344
Total do Município	1125,7	546981	157173	9558	1072	10093
% da regional	6,0	24,5	28,0	24,0	42,7	23,2

Fonte: IPPUJ (2014)

Conforme pode ser observado no quadro 7, a regional ocupa 6% da área total do município e abrange quase 25% de sua população. É uma regional com grande concentração de indústrias (42,7% do total do município), grande parte delas localizadas na zona industrial norte e no bairro Aventureiro, sendo este último o que apresenta maior concentração populacional de toda a regional (28% da população da regional). Grande parte da população residente nesta regional recebe até 3 salários mínimos (fig. 16), apesar de possuir alguns com renda superior a 10 salários mínimos, observando assim uma diferenciação entre as classes sociais da área de estudo.

d) Abrangência Social e Temporal

A abrangência social deste equipamento envolve toda a população, sendo a frequência maior de crianças e de pessoas da melhor idade.

A abrangência temporal contempla a análise da situação atual e para um momento futuro, correspondente ao ano de 2020 e ano limite como 2035, considerando as tendências de crescimento demográfico observadas pelos Censos e pelo estudo desenvolvido pela ENGEORPS (2010), considerando-se para isto uma taxa de crescimento de 1,57% ao ano, até 2035.

e) Medidas de Desempenho

A principal medida de desempenho avaliada nesta pesquisa é a distância de deslocamento da demanda até a oferta e a busca de uma cobertura máxima para as UBS implantadas.

f) Demanda

A demanda do serviço foi fornecida pela Prefeitura de Joinville através da Secretaria de Saúde e Planejamento.

Os dados de demanda fornecidos pela Secretaria de Saúde foram disponibilizados em uma planilha Excel, contendo o código do domicílio, o nome do logradouro, o número do logradouro, o código e a data de nascimento do usuário, totalizando 45066 usuários cadastrados na Regional Costa e Silva. O quadro 8 apresenta algumas linhas dos dados obtidos junto a Prefeitura.

Quadro 8- Alguns dados da demanda da Regional Costa e Silva

nm_regional	cd_domicilio	nm_logradouro	nr_logradouro	cd_usuario	dt_nascimento
REGIONAL COSTA E SILVA	94424	ABELARDO JOSE AVELINO	S/N	328934	15/03/1989
REGIONAL COSTA E SILVA	118634	ABELARDO JOSE AVELINO	129	550808	25/03/1969
REGIONAL COSTA E SILVA	118634	ABELARDO JOSE AVELINO	129	521556	23/07/2001
REGIONAL COSTA E SILVA	121172	ABELARDO JOSE AVELINO	35	40035	14/07/1987
REGIONAL COSTA E SILVA	121172	ABELARDO JOSE AVELINO	35	547672	12/10/2004
REGIONAL COSTA E SILVA	121175	ABELARDO JOSE AVELINO	83	500359	18/04/1949
REGIONAL COSTA E SILVA	121175	ABELARDO JOSE AVELINO	83	480932	08/06/1948
REGIONAL COSTA E SILVA	157365	ABELARDO JOSE AVELINO	71	443778	14/12/1960
REGIONAL COSTA E SILVA	157367	ABELARDO JOSE AVELINO	21	235002	04/02/1978
REGIONAL COSTA E SILVA	108481	ABRAAO LINCOLN	493	378630	26/04/1953
REGIONAL COSTA E SILVA	108481	ABRAAO LINCOLN	493	769499	08/11/1998
REGIONAL COSTA E SILVA	108484	ABRAAO LINCOLN	475	469545	08/12/1962
REGIONAL COSTA E SILVA	108484	ABRAAO LINCOLN	475	378639	03/10/1971
REGIONAL COSTA E SILVA	108484	ABRAAO LINCOLN	475	378635	19/10/1939
REGIONAL COSTA E SILVA	108488	ABRAAO LINCOLN	431	378645	28/04/1983

Fonte: Secretaria Municipal de Saúde de Joinville

Primeiramente, realizou-se a junção de pacientes para cada número de endereçamento dos logradouros idênticos, caracterizando assim a demanda em cada número e posteriormente a demanda para cada logradouro. Estes logradouros sofreram ajustes, pois alguns deles não correspondiam àqueles existentes na malha viária e/ou apresentavam problemas de grafia. Assim, dos 520 logradouros fornecidos, 20 deles não foram encontrados na base da malha viária, ficando apenas 500 logradouros para a análise, com uma demanda de 43.555 pessoas alocadas nestes logradouros.

A demanda foi alocada aos pontos de junção (nós da rede) da malha viária (*junctions*) para cada logradouro, dividindo-se o total de pessoas do logradouro pelo número de junções existentes no logradouro. Com isto foram caracterizados e espacializados 1430 pontos de demanda para a área da regional em estudo. Na junção dos nós de dois logradouros foram atribuídos as demandas correspondentes aos mesmo,

sendo estas somadas para caracterizar a demanda no respectivo ponto de junção (*junctions*).

Através do procedimento apresentado a demanda foi espacializada para a situação presente e para uma situação futura (ano de 2035) estimando-se a população anual até esta data, com base em dados de estudos desenvolvidos pela ENGECORPS e do IBGE (anteriormente citado), conforme apresentado na figura 19.

g) Oferta

A oferta para a área em estudo corresponde a 8 unidades básicas de saúde já implantadas e definição de possíveis novas unidades. As unidades existentes na Regional Costa e Silva foram espacializadas, conforme apresentado na figura 17 e os resultados desta pesquisa devem mostrar novos locais para instalação de outras unidades.

h) Rede de transporte

A Prefeitura Municipal de Joinville forneceu os dados da malha viária da cidade, a qual 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.

5.2.2 Apresentação gráfica do problema com o uso do SIG

Com os dados de demanda de usuários cadastrados na Prefeitura Municipal de Joinville e atendidos pela Regional Costa e Silva, bem como com a localização das atuais UBS e a malha viária da cidade, utilizou-se do software ArcGIS 10.1 para proceder a espacialização dos dados, conforme descrito anteriormente e apresentado nas figuras 16, 17 e 19.

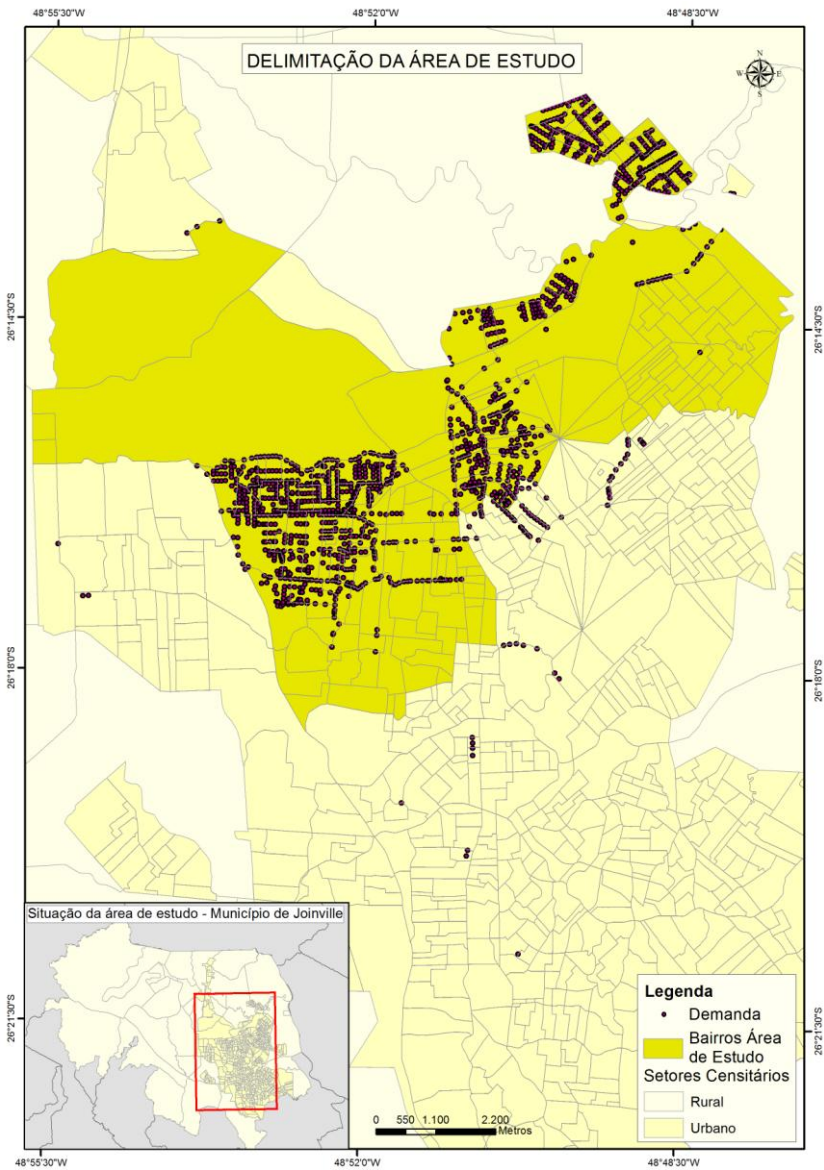


Figura 19: Demanda para a Regional Costa e Silva

5.2.3 Avaliação da situação existente

a) Alocação da demanda real à oferta

A Prefeitura dispõe da demanda que frequenta as UBS em planilhas de Excel, sem no entanto ter a vinculação desta demanda a uma unidade específica, ou seja, dispõe-se de dados de pessoas cadastradas na Secretaria da Saúde, mas não em qual unidade essas pessoas são atendidas em específico, acreditando que procurem sempre as unidades mais próximas de suas residências.

Após o tratamento dos dados de demanda, conforme apresentado anteriormente, procedeu-se a alocação desta demanda às UBS mais próximas de suas residências, considerando a rede viária da cidade e utilizando a extensão *Network Analyst* do sistema ArcGIS 10.1 para obter a população atraída às unidades de saúde mais próximas de suas residências, com o auxílio da ferramenta *closest facility* (instalação mais próxima).

b) Acessibilidade

A partir da distribuição real espacial entre oferta e demanda e com a utilização da ferramenta *closest facility* é possível definir a menor distância percorrida, através do sistema viário, entre demanda e o ponto de oferta mais próximo.

Considerando que as UBS existentes encontram-se especializadas, procedeu-se a análise da área de abrangência destas. Foram definidos raios de 700, 1000 e 2000 metros em torno de cada unidade. Através da função áreas de serviço (*service area*) obteve-se a área atendida por cada UBS, para os raios definidos, considerando que a medida dos raios estabelece o alcance da área de atendimento de cada unidade. Assim, verificou-se a cobertura das mesmas, conforme pode ser observado na figura 20. Ou seja, estabeleceram-se "*buffers*" em torno de cada UBS, sendo que o limite do *buffer* é o raio estabelecido com base na malha viária existente.

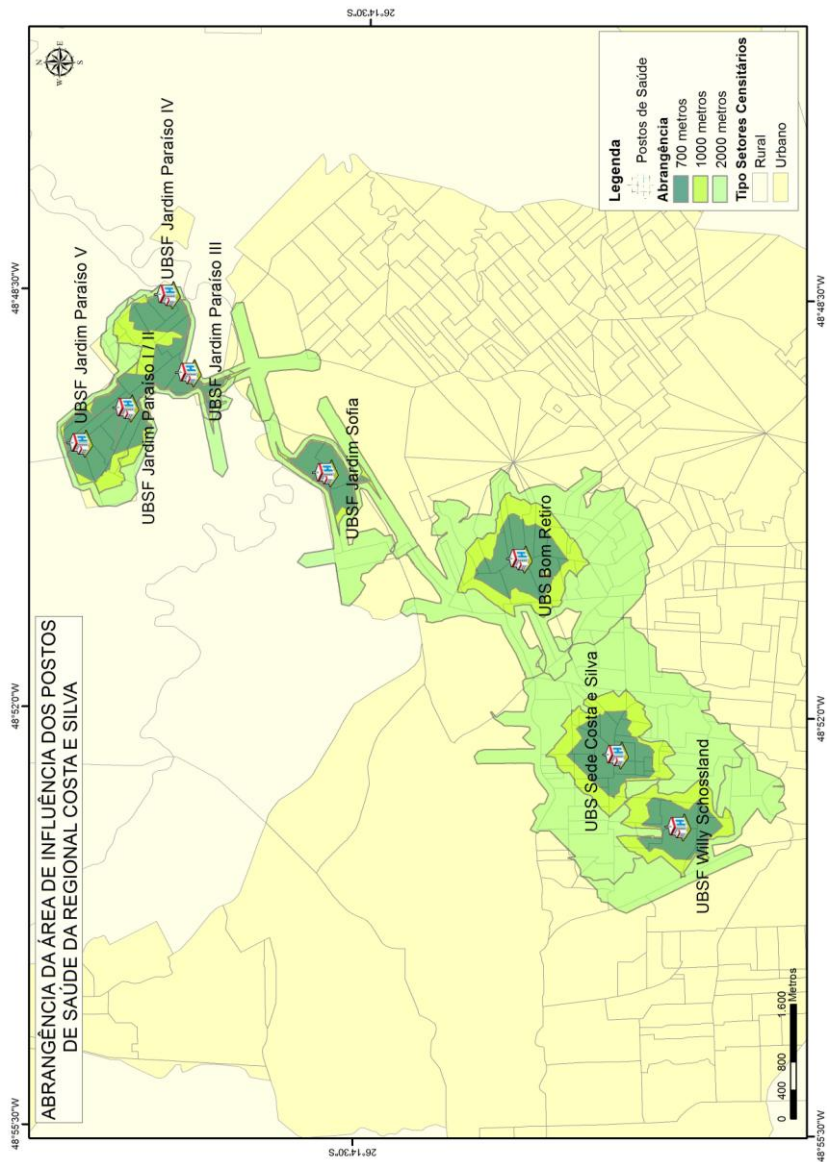


Figura 20: Faixas de abrangência da área de influência das UBS

Considerando a distância de 1000m como a distância razoável de se percorrer a pé, caracterizando assim este valor como um limite para o raio de abrangência das UBS, observa-se através da figura 21 que muitos dos pontos de demanda não estão sendo atendidos pelas UBS existentes. Vale lembrar que os dados fornecidos pela Prefeitura de Joinville foram obtidos em junho de 2013 (usuários cadastrados na Secretaria de Saúde atendidos até junho de 2013) e que a distância euclidiana representada na figura 21 é apenas representativa, uma vez que o cálculo da distância a ser percorrida (rota = 1000m) se faz com base na malha viária da cidade de Joinville, considerando o deslocamento da residência até a UBS mais próxima..

Utilizando-se a ferramenta *closest facility* do ArcGIS é possível verificar que para atual configuração das UBS, 32% dos pontos de demanda precisam deslocar-se até 700m para serem atendidos. Para o raio de 700 a 1000m, o atendimento é de 18% dos pontos de demanda (totalizando 50% dos pontos). Para o raio de 1000 a 2000m, o atendimento é de 37% dos pontos de demanda (totalizando 87% dos pontos) e 13% dos pontos de demanda precisa deslocar-se por mais de 2000m (totalizando 100% dos pontos de demanda), sendo a maior distância correspondente a 10.174,06 metros. Vale destacar que quando da obtenção de dados junto a Prefeitura, foi informado que se buscava atingir uma situação Porém com a atual localização das unidades nesta Regional, para manter a situação ideal de 700m de distância, estariam atendendo somente 32% dos pontos de demanda, conforme pode ser observado no quadro 9.

Quadro 9- Alguns dados da demanda da Regional Costa e Silva

Distâncias	Unidades existentes → pontos de demanda atendidos	
	Closest Facility	% Acumulado
até 700m	32%	32%
de 700,01 até 1000m	18%	50%
de 1000,01 até 2000m	37%	87%
mais de 2000,01m	13%	100%
maior distância	10.174 m	

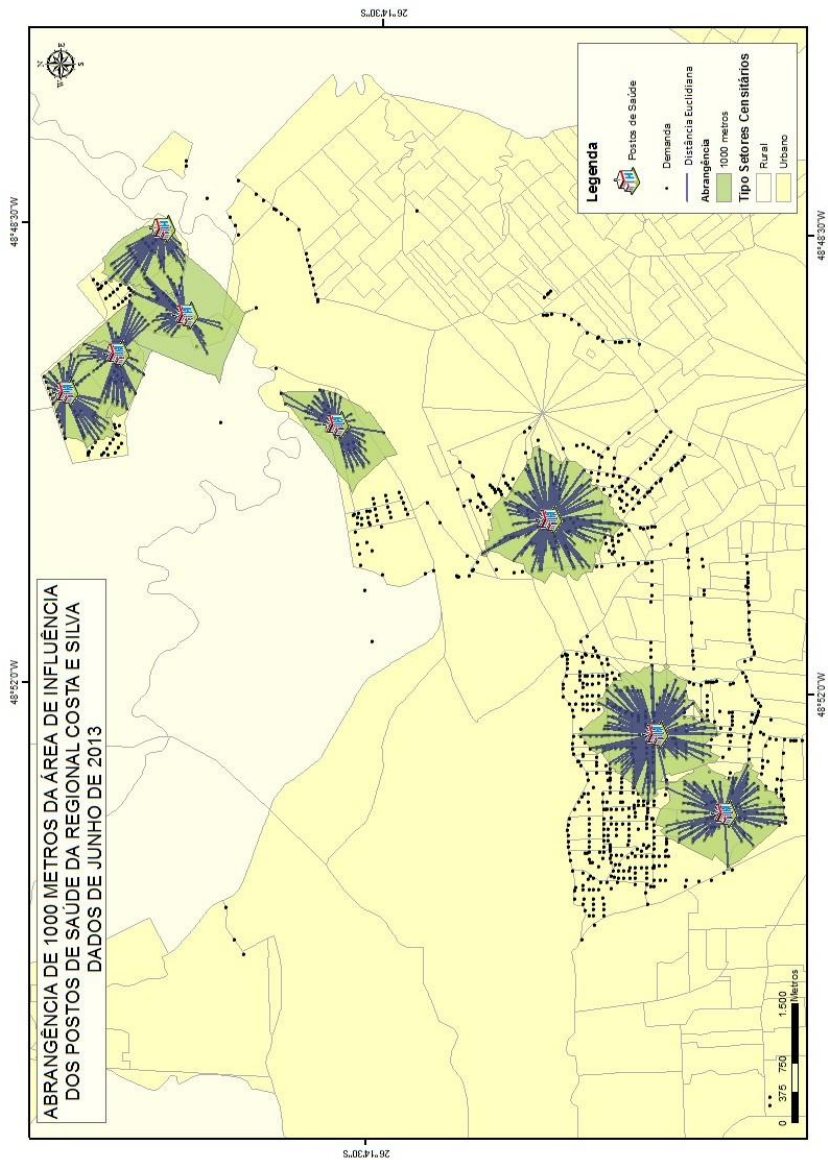


Figura 21: Faixa de abrangência de 1000m para as UBS

5.2.4 Geração de Cenários

Para a pesquisa em questão e conforme proposto no método, três situações são possíveis de análise:

- a) situação permanece igual → Cenário 1
- b) realocação de demanda → Cenário 2
- c) busca de novas localizações → Cenário 3.

Estas atividades constituem as etapas seguintes do método, as quais serão descritas na sequência.

5.3. AVALIAÇÃO DO CENÁRIO 1: SITUAÇÃO PERMANECE IGUAL

5.3.1 Apresentação da Situação Atual

Na situação atual, com a demanda e a oferta existente espacializadas, procedeu-se algumas análises quanto à área de abrangência das unidades e à distância entre oferta e demanda, já apresentadas.

Além disto, realizou-se também análise de rotas, conforme pode ser observado na figura 22.

Outro fator a ser destacado é que a pesquisa recai no fato de que apesar das distâncias dos pontos de demanda até a UBS mais próxima estarem representadas com linhas retas na figura 21 (distância euclidiana), a distância considerada para cálculo pela ferramenta *closest facility* 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 ser observado na figura 22.

A figura 23 representa uma amostra da análise de rota para a alocação da demanda à oferta.

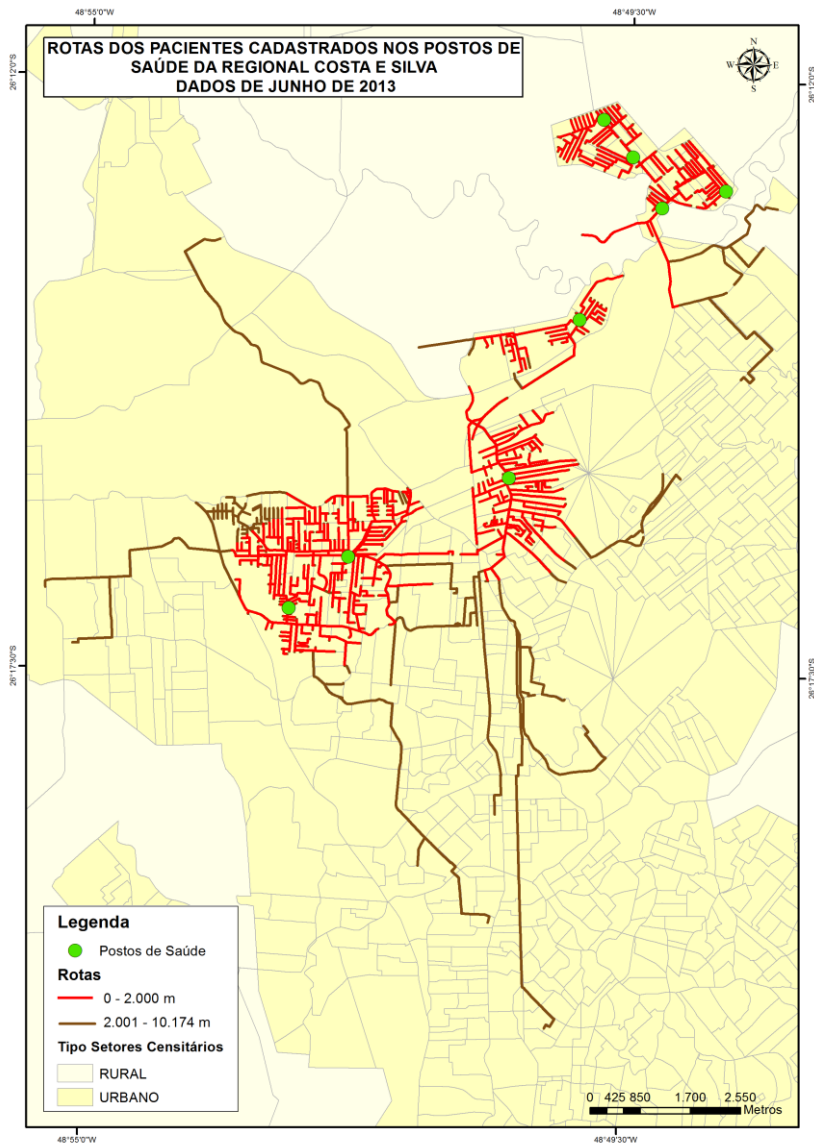


Figura 22: Análise do trajeto entre oferta e demanda

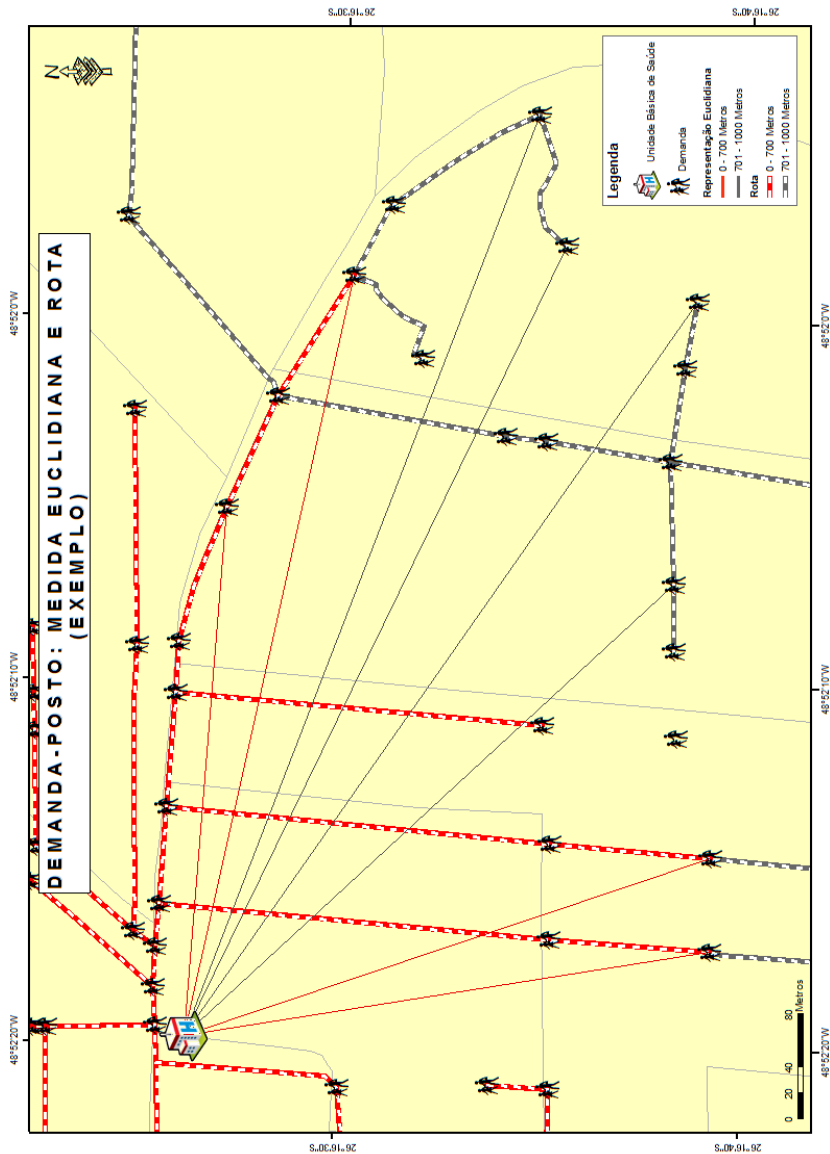


Figura 23: Análise do trajeto entre oferta e demanda

Gerou-se uma matriz origem-destino de deslocamento da população até as UBS, através da utilização da ferramenta *OD Cost Matrix* existente na extensão *Network Analyst* do sistema ArcGIS. Os resultados desta matriz foram armazenados em planilha de Excel e posteriormente gerou-se uma matriz quadrada de 1430x1430 pontos de localização considerados (pontos de demanda e possíveis pontos de localização de unidades).

Outro procedimento metodológico adotado no escopo da pesquisa 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-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, que disponibilizados na planilha do Excel, constituíram as informações de entrada (distâncias entre os pontos de demanda) para os modelos exatos.

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 Regional já dispõe de várias UBS implantadas). Tal ação foi realizada apenas a título de comparação buscando-se analisar o comportamento do software, bem como a situação dos locais onde atualmente as UBS se encontram. As UBS são localizadas e espacializadas conforme mostrado nas figuras 16, 17, 20 e 21, no entanto para que uma comparação fosse possível estas unidades foram atribuídas a nó da rede que se encontra localizado mais próximo (com uma média de distância de deslocamento em torno de 40 metros).

A simulação de localização das UBS através do software CPLEX foi realizada e está representada nas figuras 24 e 25. Para o modelo de localização p-mediana, o CPLEX não gerou nenhuma localização coincidente com as pré existentes (Fig. 24), no entanto duas UBS estão muito próximas das obtidas na simulação: ponto 836 (encontra-se a 173m da UBS existente) e ponto 1066 (encontra-se a 418m da UBS existente). No modelo da máxima cobertura, com corte de impedância de 1000m, a coincidência foi de uma unidade: ponto 856 (Fig. 25). Este corte de impedância foi definido como a distância razoável de se percorrer a pé no trajeto residência-UBS.

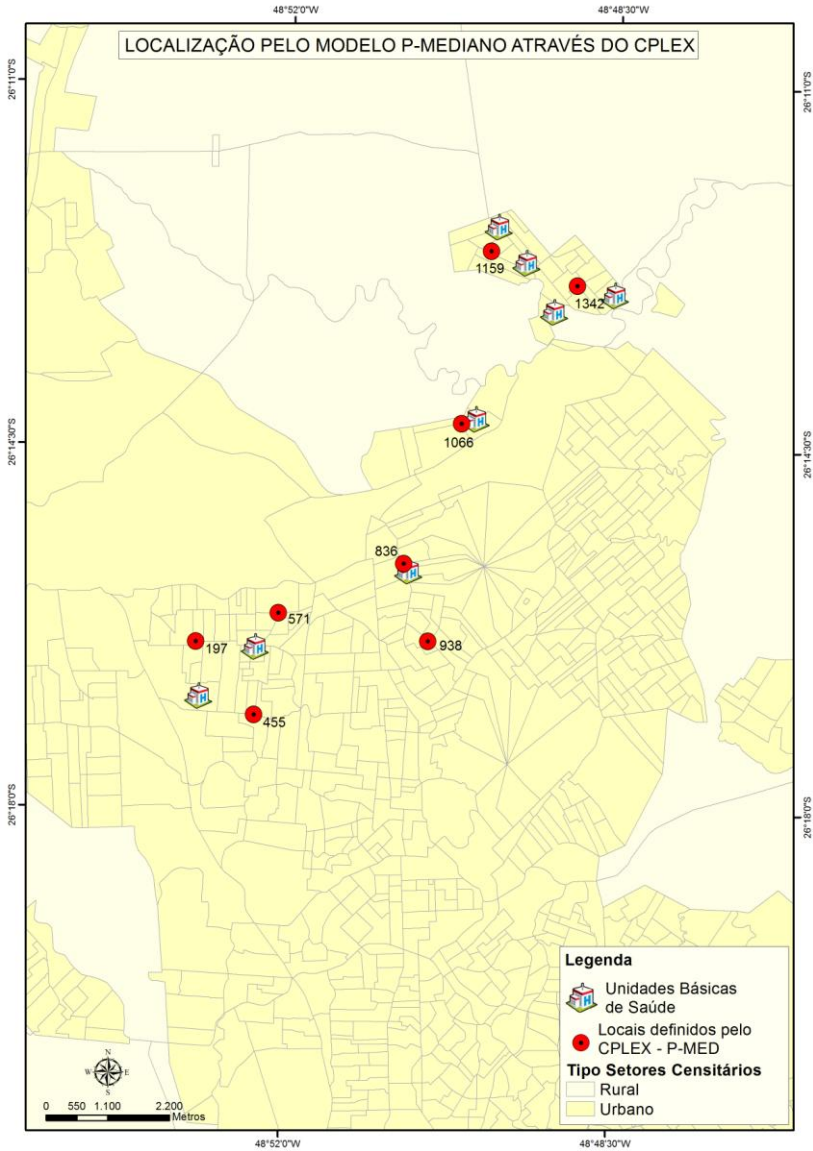


Figura 24: Localização pelo modelo p-mediana através do CPLEX

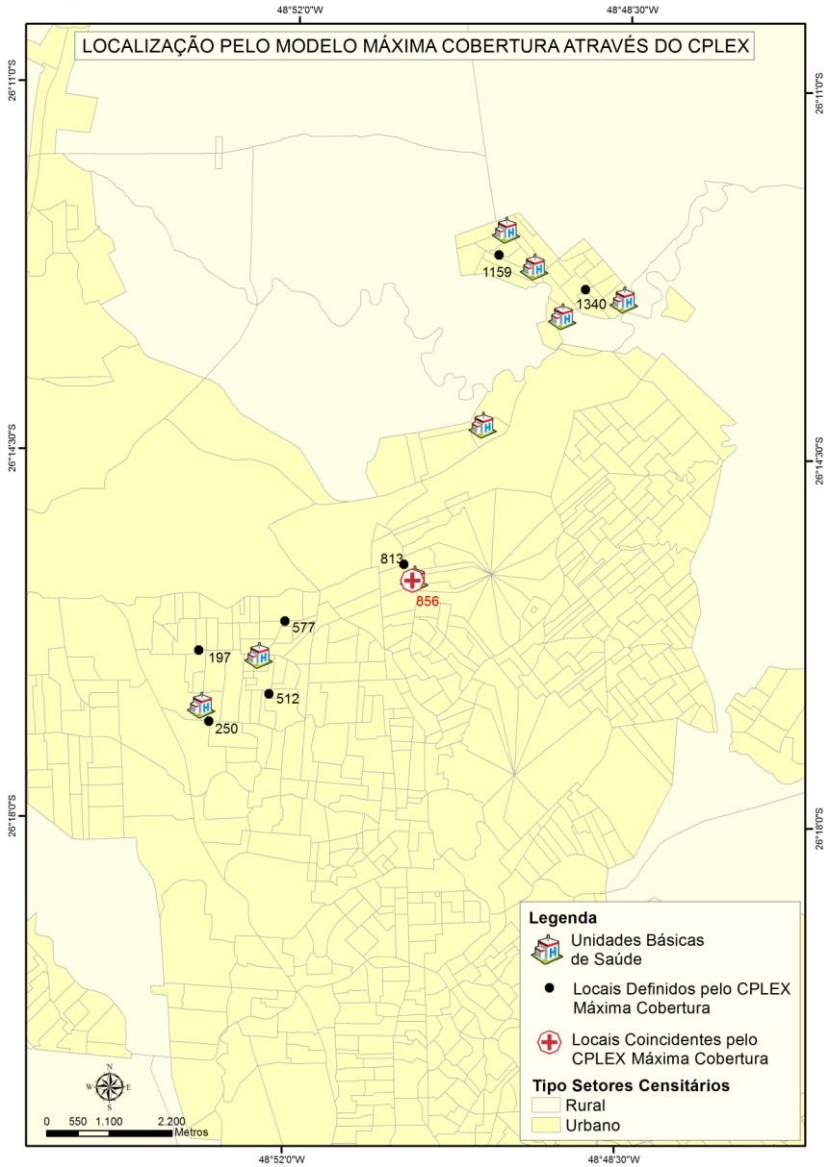


Figura 25: Localização pelo modelo máxima cobertura através do CPLEX

Os modelos de localização citados também foram simulados através do SIG, sendo que não foi obtida nenhuma unidade coincidente com as existentes, nem pelo modelo p-mediana, tampouco pelo máxima cobertura. No entanto, as localizações obtidas com o p-mediana através do SIG e do CPLEX foram exatamente as mesmas (ou seja, aquelas apresentadas na figura 23). Para o modelo máxima cobertura resultaram 4 localizações coincidentes entre o SIG e do CPLEX (figura 26).

Analisando a figura 25 e a base de dados de localização dos pontos, verifica-se que a distância entre os pontos não coincidentes não ultrapassa 1000 metros, sendo de 342 metros entre os pontos 111 e 197; 298 metros entre os pontos 202 e 250; 467 metros entre os pontos 464 e 577; 651 metros entre os pontos 856 e 859.

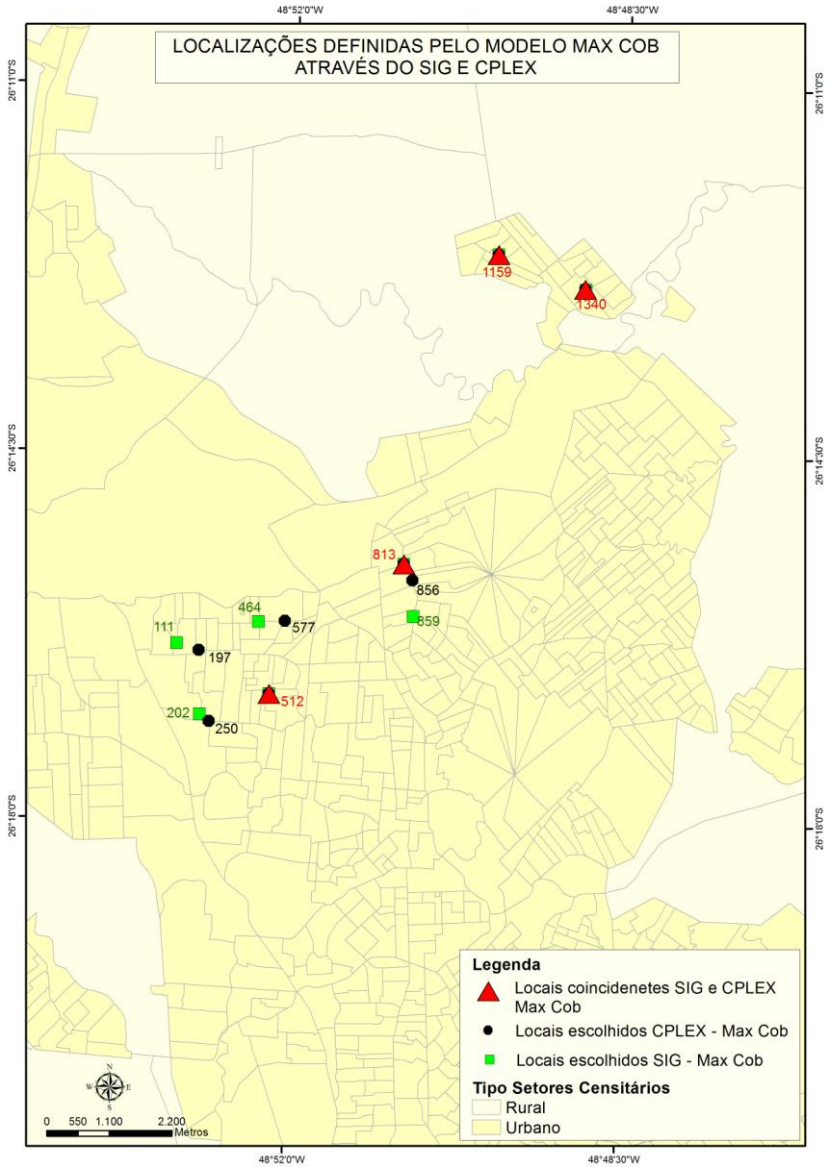


Figura 26: Localizações definidas pelo modelo máxima cobertura através do SIG e CPLEX

As figuras 27 e 28 mostram os resultados obtidos com a utilização do SIG, para os modelos de localização p-mediana (fig. 27) e máxima cobertura (fig. 28) com as respectivas distâncias euclidianas.

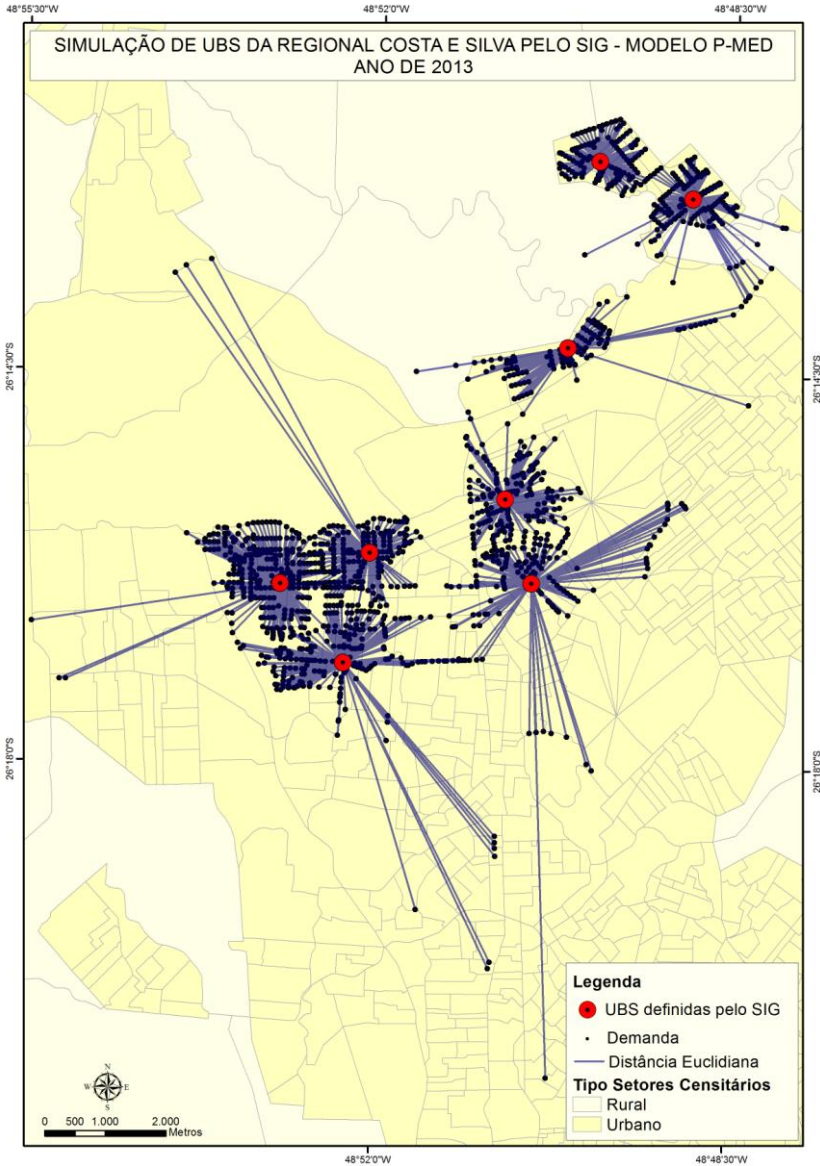


Figura 27: Localizações definidas pelo modelo p-mediana através SIG

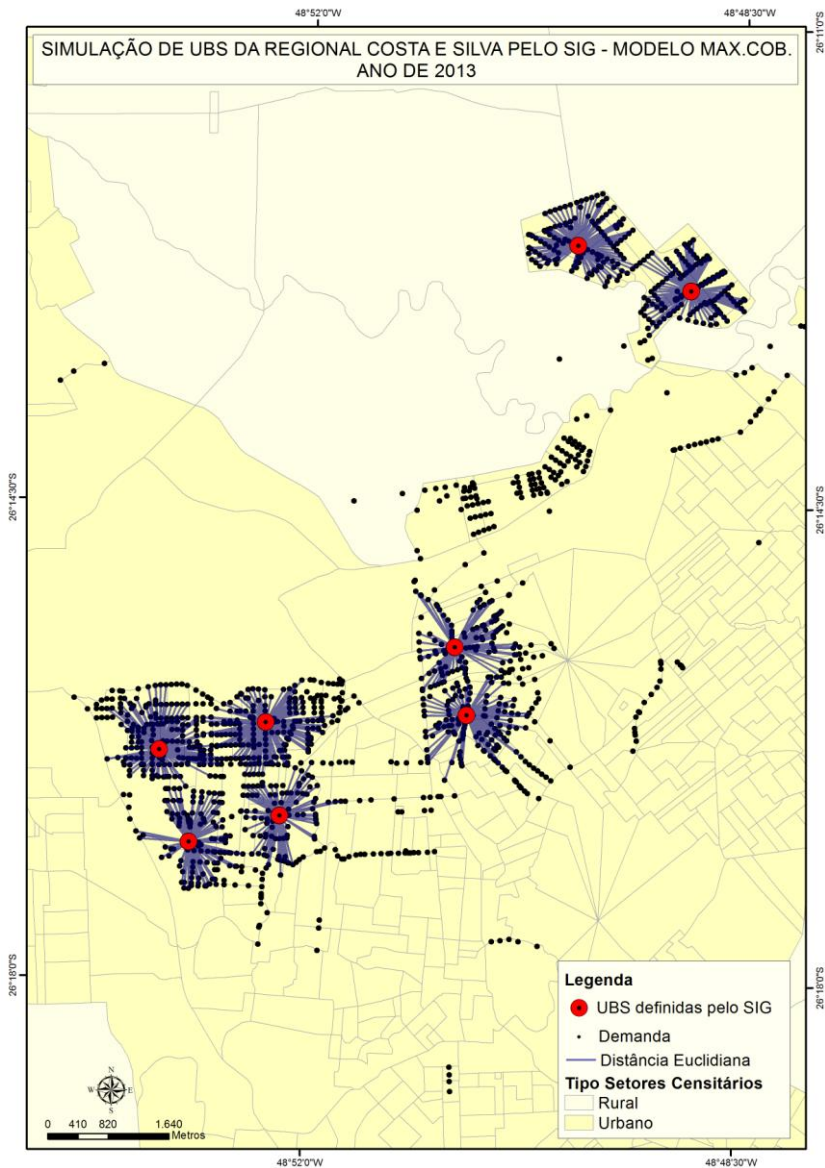


Figura 28: Localizações definidas pelo modelo máxima cobertura (1000m) através SIG

Em uma análise comparativa do percentual de pontos de demanda atendida, conforme apresentado no quadro 10, observa-se que se os modelos de localização tivessem sido empregados na definição da localização das atuais UBS a demanda atendida seria bem maior que a atual. Considerando raios de abrangência até 1000m, atualmente é atendido 50% dos pontos de demanda, enquanto que as simulações indicam que para o modelo da p-mediana esse valor poderia ser de 69% e pela máxima cobertura chegaria até 72%.

Quadro 10- Comparativo entre percentual de pontos de demanda atendida

Distâncias	Unidades existentes	Unidades simuladas pelo SIG	Unidades simuladas pelo SIG
	Closest Facility	Modelo P-mediana	Modelo Máx. Cob. (1000m)
até 700m	32%	42%	42%
de 700,01 até 1000m	18%	27%	30%
de 1000,01 até 2000m	37%	26%	
mais de 2000,01m	13%	5%	
maior distância	10.174 m	9.182 m	

Quadro 11- Demonstrativo dos pontos de localização das UBS existentes e simuladas

Postos fixos (8)	Postos definidos pelo PMED		Postos definidos pelo MAX COB	
	CPLEX	SIG	CPLEX	SIG
209	197	197	197	111
475	455	455	250	202
856	571	571	512	464
1120	836	836	577	512
1180	938	938	813	813
1235	1066	1066	856	859
1280	1159	1159	1159	1159
1413	1342	1342	1340	1340

	Locais definidos pelo CPLEX
	Locais definidos pelo SIG
	Concidentes - UBS existente com a definida pelo MAXCOB através do CPLEX
	Concidentes - definidas pelo MAXCOB através do CPLEX e SIG

O quadro 11 apresenta a localização das UBS existentes e a localização de cada unidade simulada pelos modelos p-mediana e máxima cobertura, tanto pelo CPLEX quanto pelo SIG. Considerando que a pesquisa envolveu um total de 1430 pontos de localização, apenas o ponto 856 (localização existente) é coincidente com a simulação realizada pelo modelo máxima cobertura através do CPLEX. Estas localizações estão espacializadas nas figuras 24, 25, 26, 27 e 28.

Considerando os dados apresentados e verificando que para a situação atual (num raio de 1000m) apenas 50% dos pontos de demanda são atendidos, propõem-se que seja realizado o estudo do cenário 2

5.4. AVALIAÇÃO DO CENÁRIO 2: REALOCAÇÃO DE DEMANDA

5.4.1 Realocação de Demanda - Nova distribuição

Dadas as especificidades da situação atual e observando que existe uma parcela significativa da população que precisa se deslocar por mais de 1000m para ser atendida, avalia-se a possibilidade de uma realocação de demanda.

Para a pesquisa em análise esta possibilidade não é viável, pois a realocação da demanda não resolve o problema da distância, uma vez que já foi considerado que a demanda é atendida na UBS mais próxima de suas residências.

Outra questão que se observa nesta pesquisa é que a demanda dos pontos mais distantes das UBS (mais de 5000 metros) devem apresentar alguma razão específica para buscar atendimento nesta Regional, pois certamente avaliando a cidade como um todo existem outras unidades mais próximas de suas residências (figura 29). Mas como a pesquisa foi desenvolvida com base nos dados fornecidos pela Prefeitura para a Regional, os mesmos foram considerados.

Esta etapa poderia apresentar resultados mais significativos se o modelo p-mediana capacitado fosse utilizado. Como a demanda não se encontra totalmente georreferenciada, não foi possível a utilização deste modelo, conseqüentemente a alocação da demanda à oferta resta prejudicada em termos de capacidade de atendimento das UBS.

A capacidade de atendimento das UBS tem parâmetros definidos pela Portaria nº 1101/GM, de 12 de junho de 2002, onde estão especificados os parâmetros de cobertura assistencial. Através desta portaria é definida, entre outras coisas, a capacidade de produção, em consultas, de alguns recursos humanos na área da saúde. Desta forma, conhecendo-se a equipe existente em cada unidade é possível determinar a quantidade de demanda que pode ser atendida.

A realocação da demanda não pode ser realizada com base nos dados disponíveis e portanto novas unidades devem ser implantadas para atender a demanda que está se deslocando por um distância acima

da aceitável para ser atendida, necessitando que seja realizada a avaliação do cenário 3.

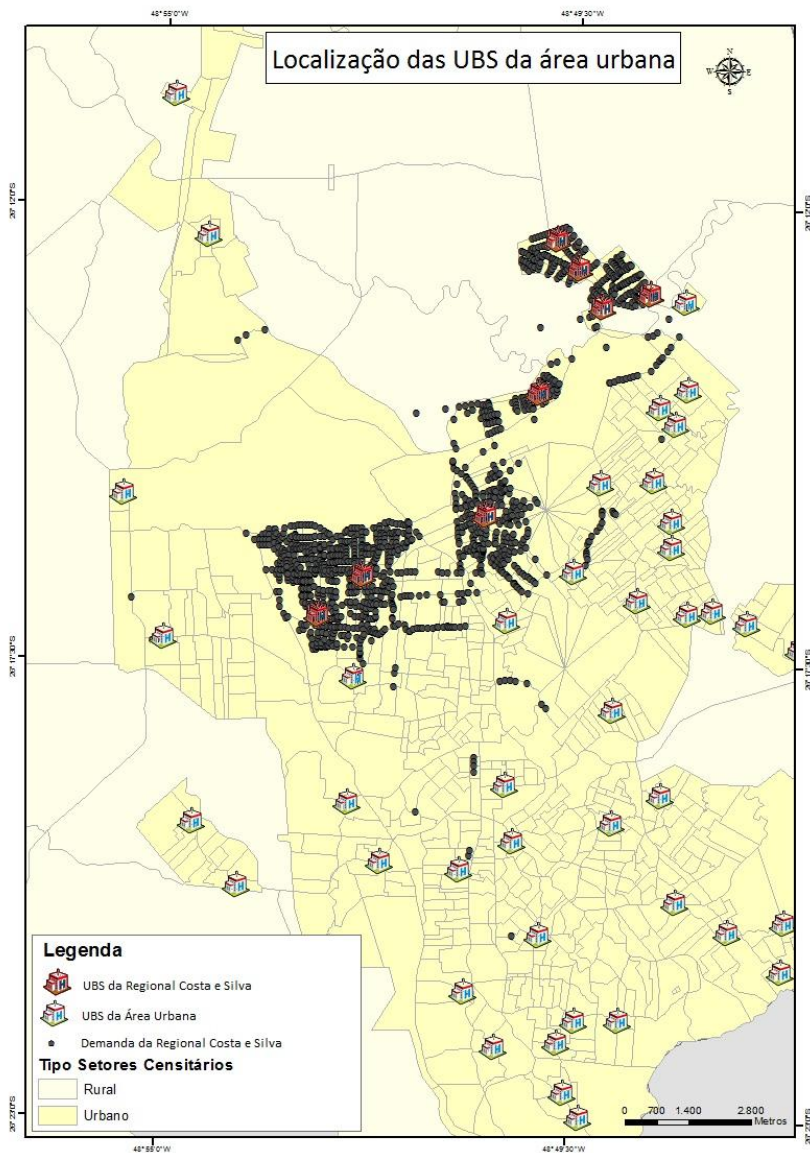


Figura 29: Localizações das UBS para a área urbana de Joinville

5.5. AVALIAÇÃO DO CENÁRIO 3: BUSCA DE NOVAS LOCALIZAÇÕES

Neste cenário objetiva-se escolher o local mais adequado para a localização de novas UBS, garantindo melhores condições de atendimento à demanda e eficiente utilização de recursos públicos.

5.5.1 Modelos de Localização

Os modelos de localização utilizados nesta pesquisa são o *p*-mediana (objetivo é localizar um número *p*, pré-definido, de unidades de serviço de modo a minimizar a distância média destas unidades até as *n* populações atendidas; conforme Santos et al., 2000) e a máxima cobertura (objetivo é maximizar a cobertura de uma determinada população em relação a um dado equipamento coletivo, de modo a estabelecer um raio de cobertura fora do qual o usuário deixa de ser coberto por esse equipamento, buscando assegurar que o maior número de usuários seja atendido; Menezes et al., 2011), implementados tanto no SIG quanto no CPLEX.

5.5.2 Análise das localizações

Com a utilização dos modelos de localização é possível propor novos locais para implantação de equipamentos urbanos comunitários, os quais deverão ser avaliados por especialistas e verificada sua conveniência para implantação.

Considerando que a demanda não está sendo atendida adequadamente e que novas unidades se fazem necessárias, primeiramente foi realizado estudo para a localização de uma nova unidade. Posteriormente, com os dados de um estudo da ENGECORPS (2010), no qual são apresentados dados de crescimento populacional e realizando uma média com os valores apresentados pelo IBGE, utilizou-se uma taxa de crescimento de 1,57% ao ano, até 2035. A mesma taxa de crescimento populacional foi utilizada para o aumento do número de unidades. Assim, com a taxa considerada, estimou-se um aumento de 1 unidade de imediato, 2 unidades para 2020, 3 unidades para 2028 e 4 unidades para 2035 (totalizando 12 unidades).

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. Além disso, partiu-se do pressuposto que a análise de novas unidades se baseia apenas nas oito unidades já existentes, definindo as novas como se as anteriormente definidas não tivessem sido implantadas. Assim, quando da análise de duas novas, considera-se que a unidade definida para 2014 não foi implantada, quando da análise de três novas, que as duas anteriormente definidas não foram implantadas e assim por diante.

Analisando a situação para a consideração de mais uma unidade, tem-se que seriam mantidas as oito unidades existentes e os modelos definem uma nova localização. A utilização do modelo p-mediana pelo CPLEX gerou uma nova localização, conforme apresentado na figura 30. Convém destacar que a localização gerada pelo SIG para este modelo é a mesma, lembrando que o CPLEX utiliza os dados e define a nova localização através do modelo matemático, com dados exatos e o SIG utiliza-se de heurística para definir a nova localização, sendo os dois com base na formulação matemática do modelo p-mediana.

Quando da utilização do modelo máxima cobertura pelo CPLEX e pelo SIG estas localizações não foram coincidentes e se encontram apresentadas na figura 31. A distância entre as duas novas localizações corresponde a 410 metros (distância entre os pontos 78 e 111).

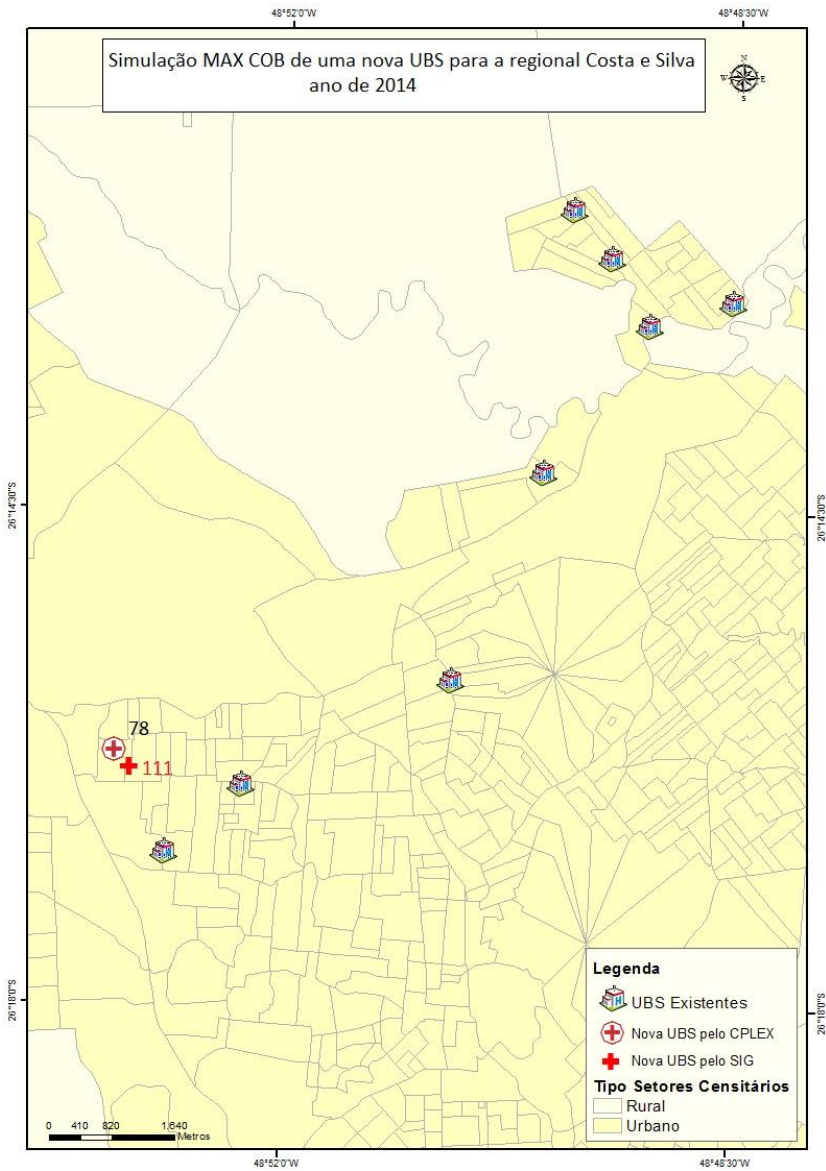


Figura 31: Localizações das UBS considerando uma nova unidade (modelo máxima cobertura)

Para o horizonte de projeto do ano de 2020, quando se considera a implantação de duas novas unidades, a aplicação do modelo p-mediana gerou as localizações apresentadas na figura 32, sendo a mesma tanto para o CPLEX quanto para o SIG.

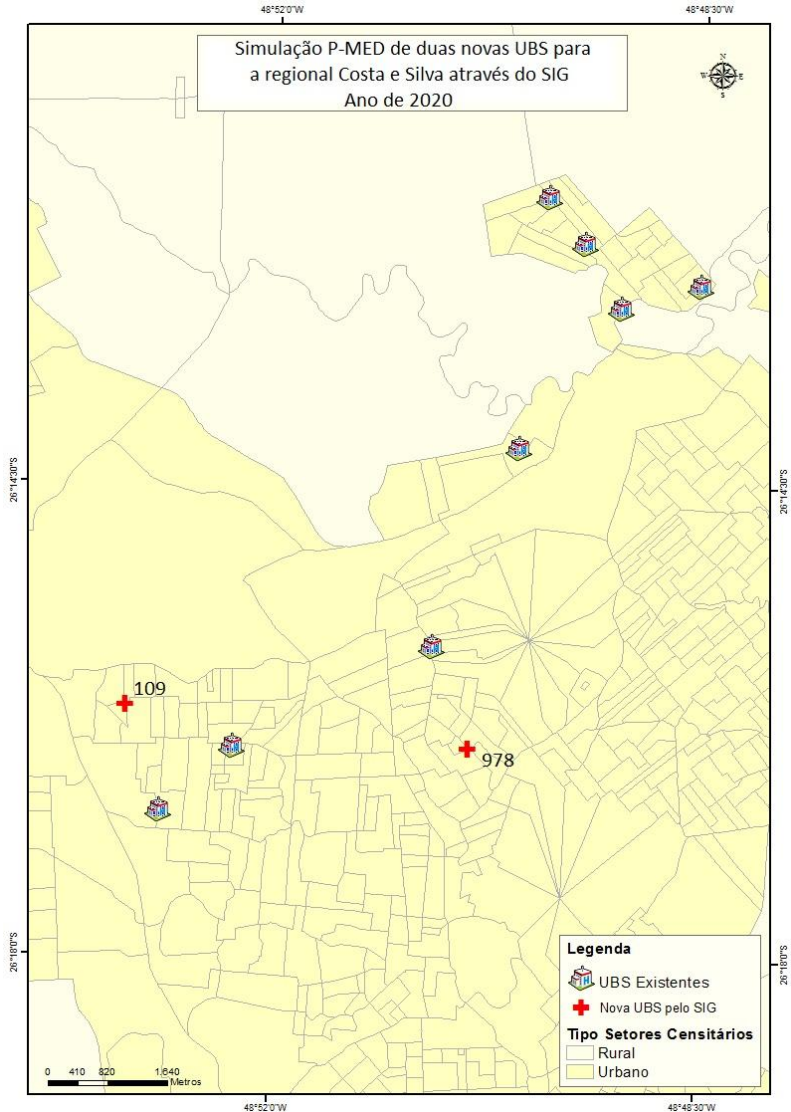


Figura 32: Localizações das UBS considerando duas novas unidades (modelo p-mediana)

Para o ano de 2020 (duas novas unidades), o modelo máxima cobertura gerou as localizações apresentadas na figura 33, sendo uma coincidente entre o CPLEX e o SIG (ponto 909). A distância entre os pontos não coincidentes (pontos 78 e 111) é de 410 metros.

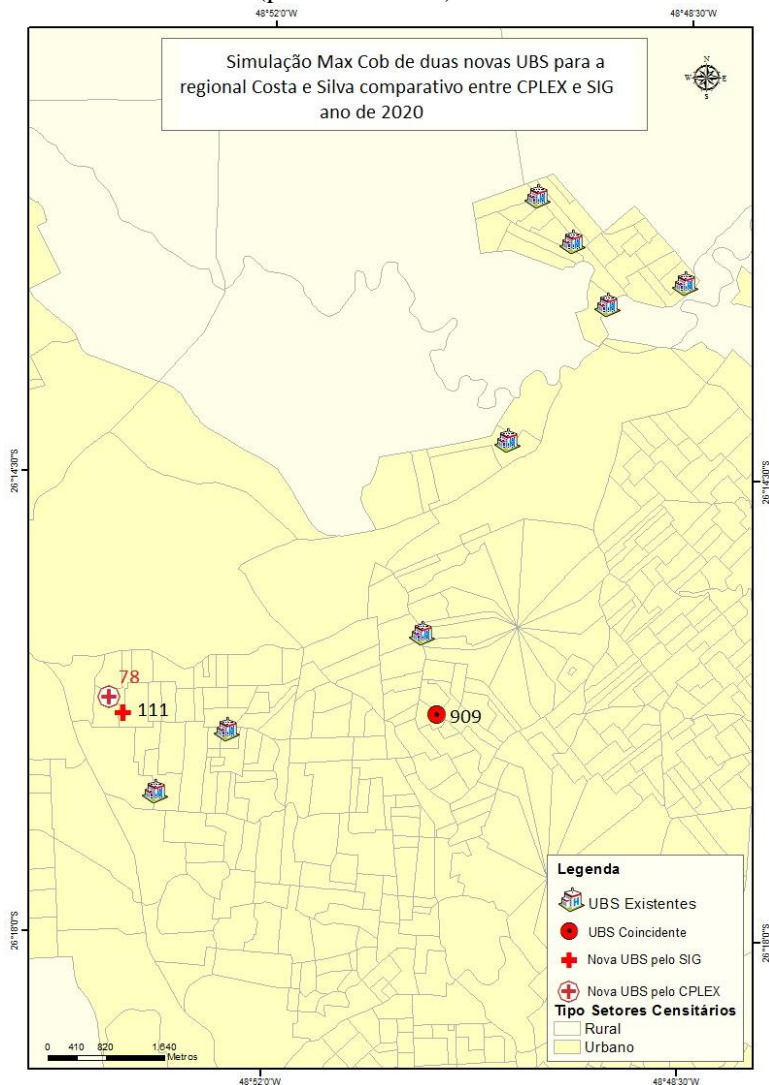


Figura 33: Localizações das UBS considerando duas novas unidades (modelo máxima cobertura)

Com o horizonte de projeto para o ano de 2028, propõe-se a implantação de três novas unidades. A simulação do software parte do pressuposto que serão três novas localizações, não levando em consideração que as outras duas localizações definidas anteriormente foram efetivadas. Caso esta opção se concretizasse seria necessário adequar os dados da simulação e considerar como localizações existentes não apenas as 8, mas sim as 10 (oito existentes e duas novas já definidas).

Com a aplicação do modelo p-mediana as localizações obtidas pelo CPLEX e pelo SIG foram coincidentes (pontos 109, 520 e 938) e encontram-se apresentadas na figura 34.

Com a utilização do modelo máxima cobertura as três novas localizações não foram coincidentes pelo CPLEX e pelo SIG e encontram-se apresentadas na figura 35. As distâncias entre os pontos não coincidentes é de 410 metros (entre os pontos 78 e 111), 3008 metros (entre os pontos 450 e 581) e 117 metros (entre os pontos 889 e 909).

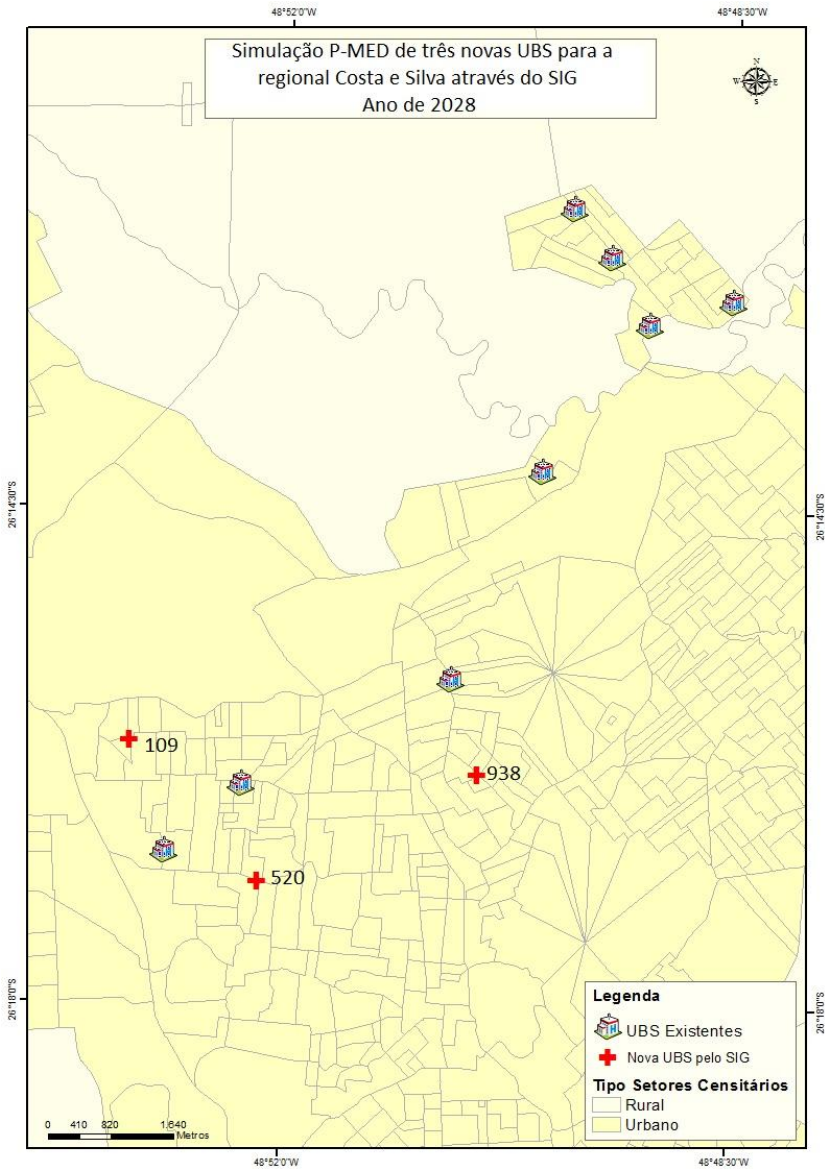


Figura 34: Localizações das UBS considerando três novas unidades (modelo p-mediana)

Para o horizonte total de análise do projeto, considerado no ano de 2035, propõe-se a implantação de quatro novas unidades na área de estudo (Regional Costa e Silva). Assim, como a consideração utilizada para três novas unidades, nestas simulações também as localizações anteriormente propostas não estavam pré definidas como unidades existentes. Apesar disto, houveram algumas localizações coincidentes com as apresentadas nas demais simulações.

Para o modelo p-mediana houve uma coincidência de três localizações entre os resultados gerados pelo software CPLEX e SIG, conforme apresentado na figura 36. Igual número de unidades coincidentes foi encontrado quando da aplicação do modelo máxima cobertura, entre os software CPLEX e SIG, conforme apresentado na figura 37. A distância entre os pontos não coincidentes é de 495 metros (entre os pontos 562 e 577) para o modelo p-mediana e 410 metros (entre os pontos 78 e 111) para o modelo máxima cobertura.

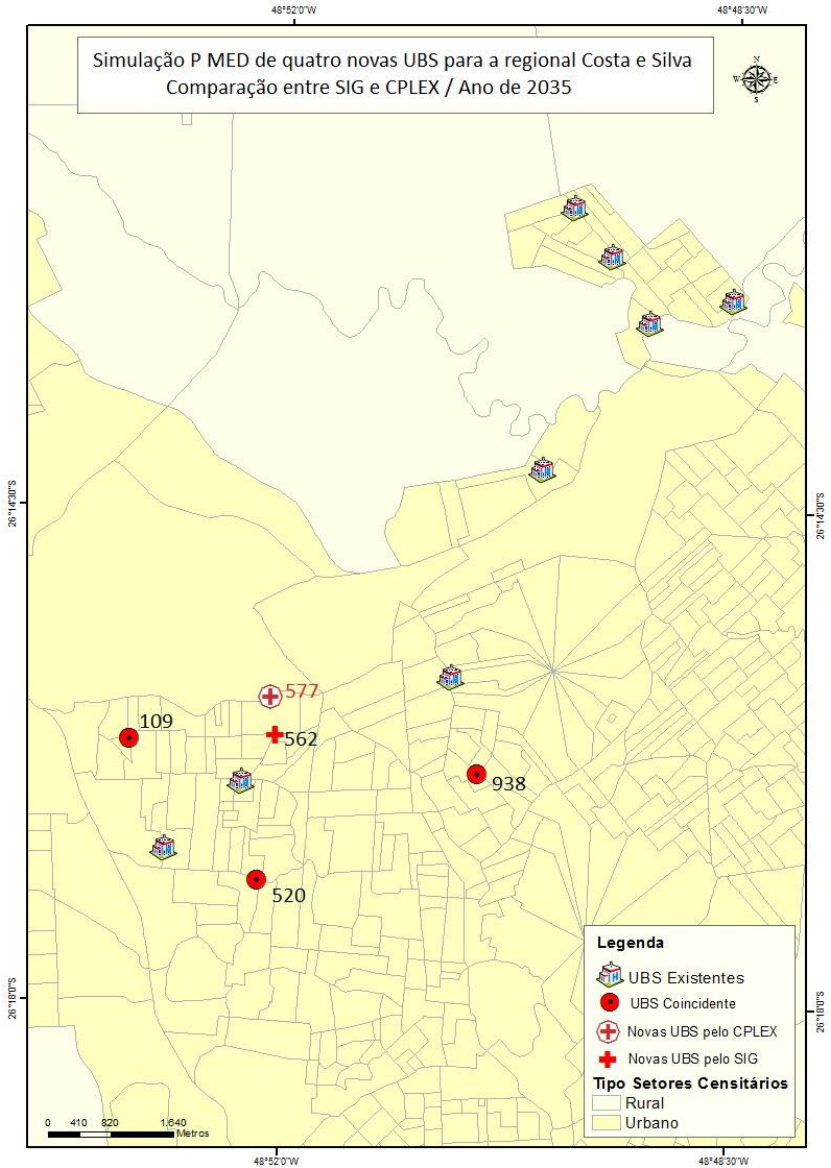


Figura 36: Localizações das UBS considerando quatro novas unidades (modelo p-mediana)

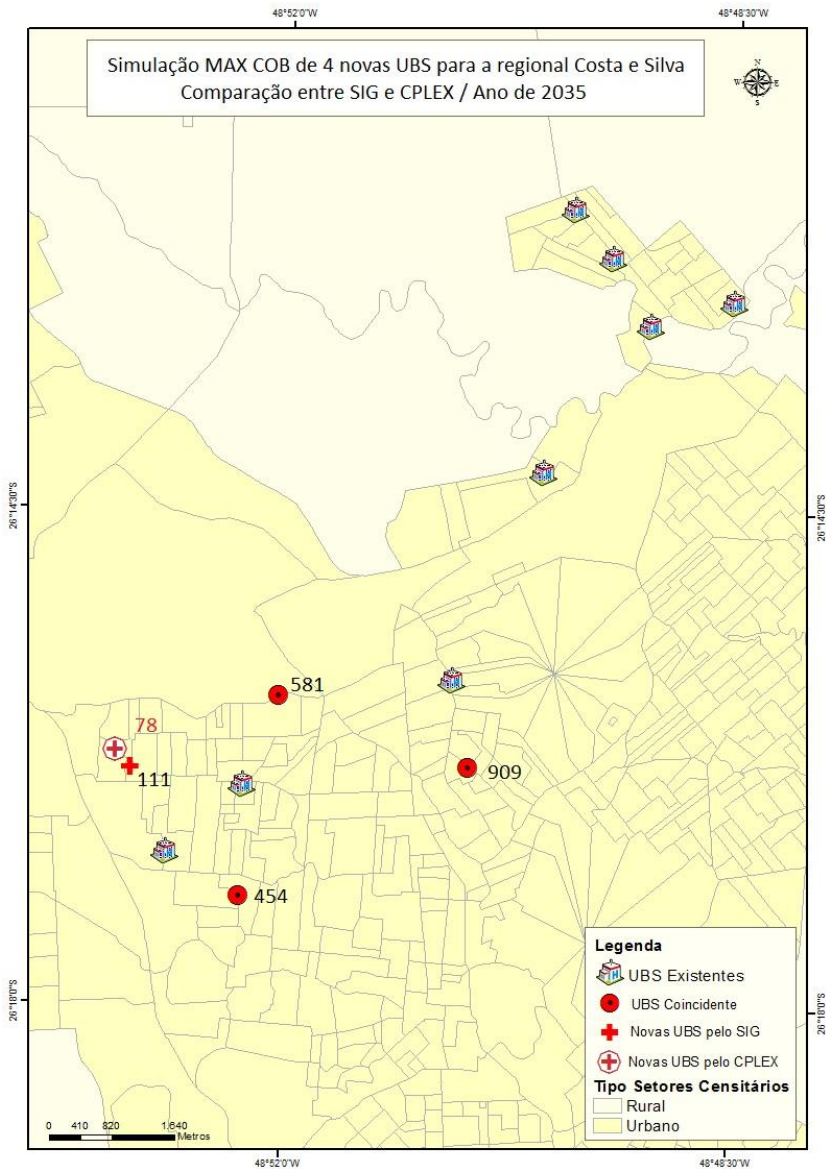


Figura 37: Localizações das UBS considerando quatro novas unidades (modelo máxima cobertura)

As simulações realizadas, levando em conta as unidades existentes e propondo locais para implantação de novas UBS, através dos modelos de localização p-mediana e máxima cobertura (para 1000m) permitem definir os pontos de demanda atendidos por cada unidade. O quadro 12 mostra o percentual de pontos de demanda atendidos pelas UBS, simuladas pelos modelos, através do SIG, para as faixas de abrangência nos diferentes períodos de análise do horizonte do projeto da pesquisa. O quadro 13 apresenta o percentual de demanda atendida, com os mesmos modelos e para o mesmo horizonte de projeto.

Quadro 12- Percentual de pontos de demanda atendidos pelas UBS simuladas através do SIG

Distâncias	P-mediana com uso de SIG					Max.Cob até 1000 m com uso de SIG				
	Situação Atual	2014 (1 nova)	2020 (2 novas)	2028 (3 novas)	2035 (4 novas)	Situação Atual	2014 (1 nova)	2020 (2 novas)	2028 (3 novas)	2035 (4 novas)
até 700m	32%	38%	41%	45%	48%	32%	38%	42%	45%	48%
de 700,01 até 1000m	18%	22%	24%	25%	25%	18%	23%	24%	26%	28%
de 1000,01 até 2000m	37%	32%	28%	25%	22%					
mais de 2000,01m	13%	8%	7%	5%	5%					

Quadro 13- Percentual de demanda atendida pelas UBS simuladas através do SIG

Distâncias	P-mediana com uso de SIG					Max.Cob até 1000 m com uso de SIG				
	Situação Atual	2014 (1 nova)	2020 (2 novas)	2028 (3 novas)	2035 (4 novas)	Situação Atual	2014 (1 nova)	2020 (2 novas)	2028 (3 novas)	2035 (4 novas)
até 700m	42%	50%	51%	53%	55%	42%	49%	51%	52%	54%
de 700,01 até 1000m	20%	25%	26%	26%	26%	20%	26%	26%	27%	28%
de 1000,01 até 2000m	31%	23%	22%	20%	18%					
mais de 2000,01m	7%	2%	1%	1%	1%					

Considerando a implantação de novas unidades nos respectivos horizontes de projeto, e levando em conta a média de pessoas atribuídas às unidades hoje existentes, observa-se que nenhuma unidade futura irá ultrapassar esta média (5440 pessoas), conforme pode ser observado no quadro 14. Lembrando que conforme apresentado por Dreux (2004), Debiagi restringe esse atendimento em 5000 habitantes e Alexander define em 7000 habitantes a serem atendidos em cada UBS, mas a portaria 2488/2011, do Ministério da Saúde, admite valores de 12000 e 18000 habitantes.

Quadro 14- Simulação o número médio de pessoas atendidas nas unidades para o horizonte de projeto

Nº Pessoas	Unidades	Ano	Pessoas/Unidade
43519	8	2013	5440
43519	9	2014	4835
50917	10	2020	5092
59621	11	2028	5420
64408	12	2035	5367

O quadro 15 apresenta a localização das UBS existentes e a localização de cada unidade simulada pelos modelos p-mediana e máxima cobertura, tanto pelo CPLEX quanto pelo SIG, para os diferentes horizontes de projeto. Considerando que a pesquisa envolveu um total de 1430 pontos de localização, observa-se que a localização de número 109 se repete em todas as simulações para o modelo p-mediana, caracterizando assim que este é um ponto onde deve obrigatoriamente ser implantado uma nova unidade.

Quadro 15- Demonstrativo dos pontos de localização das UBS existentes e simuladas

Postos fixos (8)	2020																2028				2035			
	8 fixos + 1 novos (9)								8 fixos + 2 novos (10)								8 fixos + 3 novos (11)				8 fixos + 4 novos (12)			
	Pmed		MaxCob		Pmed		MaxCob		Pmed		MaxCob		Pmed		MaxCob		Pmed		MaxCob					
	CPLEX	SIG	CPLEX	SIG	CPLEX	SIG	CPLEX	SIG	CPLEX	SIG	CPLEX	SIG	CPLEX	SIG	CPLEX	SIG	CPLEX	SIG	CPLEX	SIG				
209	209	209	209	209	209	209	209	209	209	209	209	209	209	209	209	209	209	209	209	209				
475	475	475	475	475	475	475	475	475	475	475	475	475	475	475	475	475	475	475	475	475				
856	856	856	856	856	856	856	856	856	856	856	856	856	856	856	856	856	856	856	856	856				
1120	1120	1120	1120	1120	1120	1120	1120	1120	1120	1120	1120	1120	1120	1120	1120	1120	1120	1120	1120	1120				
1180	1180	1180	1180	1180	1180	1180	1180	1180	1180	1180	1180	1180	1180	1180	1180	1180	1180	1180	1180	1180				
1235	1235	1235	1235	1235	1235	1235	1235	1235	1235	1235	1235	1235	1235	1235	1235	1235	1235	1235	1235	1235				
1280	1280	1280	1280	1280	1280	1280	1280	1280	1280	1280	1280	1280	1280	1280	1280	1280	1280	1280	1280	1280				
1413	1413	1413	1413	1413	1413	1413	1413	1413	1413	1413	1413	1413	1413	1413	1413	1413	1413	1413	1413	1413				
	109	109	78	111	109	109	78	111	109	109	78	111	109	109	78	111	109	109	78	111				
					978	978	909	909	520	520	450	581	520	520	454	454								
									938	938	889	909	562	577	581	581								
													938	938	909	909								

De maneira análoga, as posições 78 e 111 se repetem para todo o modelo de máxima cobertura através do CPLEX e do SIG, devendo-se optar por uma das localizações quando da implantação de novas unidades.

A maior diferença encontrada entre os resultados apresentados está entre as localizações de número 450 e 581, para o modelo máxima cobertura entre o CPLEX e o SIG, que encontram-se distantes um do outro por 3008 metros, quando se considera a implantação de três novas unidades. Outra distância significativa entre os pontos encontrados está nas localizações de número 562 e 577 para o modelo p-mediana,

considerando quatro novas unidades, que apresentam uma distância de 495 metros entre eles.

Como forma de simulação para uma situação de áreas de abrangência diferenciadas, aplicou-se o modelo máxima cobertura para 2000m através do SIG e obteve-se as localizações 109, 655, 1244, 1425. A maior distância encontra-se entre os pontos 1425 e 909 (definido pelo CPLEX para 1000m, com 4 novas unidades), cujo valor é de 7864 metros, conforme apresentado no quadro 16.

A escolha da melhor localização entre os pontos 450 e 581 (3008 metros entre eles) e 909 e 1425 (7864 metros entre eles) será objeto de análise através da Lógica *Fuzzy*, envolvendo aspectos quantitativos e qualitativos, a fim de definir qual a localização mais adequada.

Quadro 16- Demonstrativo dos pontos de localização das UBS existentes e simuladas para 2035 para o modelo máxima cobertura pelo SIG

2010	2035		
Postos fixos (8)	8 fixos + 4 novos (12)		
	MaxCob(1000m)	MaxCob(2000m)	
	SIG	SIG	Distância entre os resultados do SIG
209	209	209	
475	475	475	
856	856	856	
1120	1120	1120	
1180	1180	1180	
1235	1235	1235	
1280	1280	1280	
1413	1413	1413	
	111	109	
	454	655	1344 m
	581	1244	5582 m
	909	1425	7864 m

5.5.3 Avaliação das Localizações com o uso da Lógica *Fuzzy*

A pesquisa avaliou a localização das unidades básicas de saúde existentes na Regional Costa e Silva e definiu locais para implantação de novas unidades com a utilização de modelos matemáticos através dos *software* ArcGIS 10.1 e CPLEX *Optimization Studio*. Alguns locais definidos pelos ArcGIS e CPLEX não são coincidentes e portanto serão analisados através da Lógica *Fuzzy*, a fim de obter um grau final para cada alternativa, que permita comparar e definir a melhor opção de

localização da nova unidade, incorporando variáveis quantitativas e qualitativas.

Dada a base matemática da lógica *fuzzy*, seus conceitos e arquitetura, duas situações foram avaliadas. A primeira consiste em definir qual a localização mais adequada entre os pontos 450 e 581 (figura 38) e a segunda entre os pontos 909 e 1425 (figura 39). As duas situações foram computadas inicialmente de forma manual. Todo o processo de construção de conjuntos *fuzzy*, fuzificação, inferência e defuzificação foram realizados com o auxílio do *software* Excel. Posteriormente, utilizou-se o *software* InFuzzy (que é um software livre e está disponível gratuitamente) e também o *software* FuzzyTECH 5.54, este é comercializado e precisa de licença para utilização.

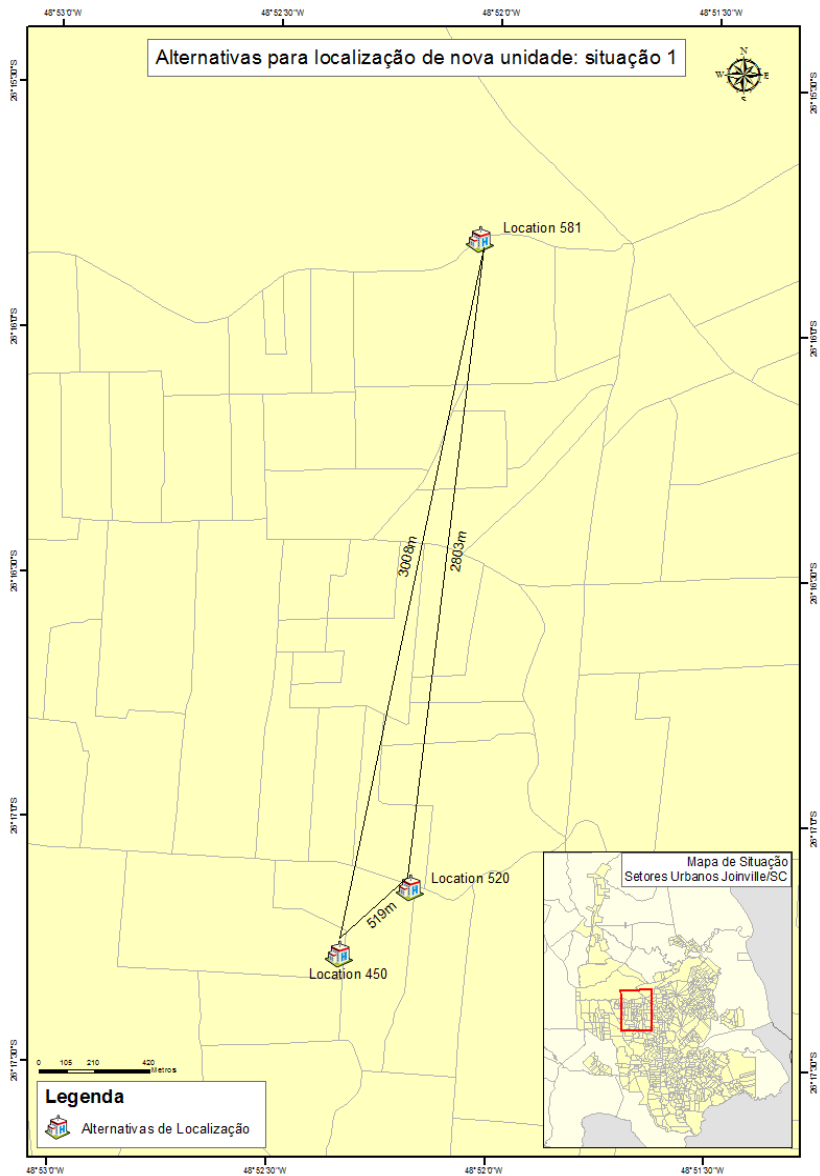


Figura 38: Alternativas de localização de nova UBS: situação 1

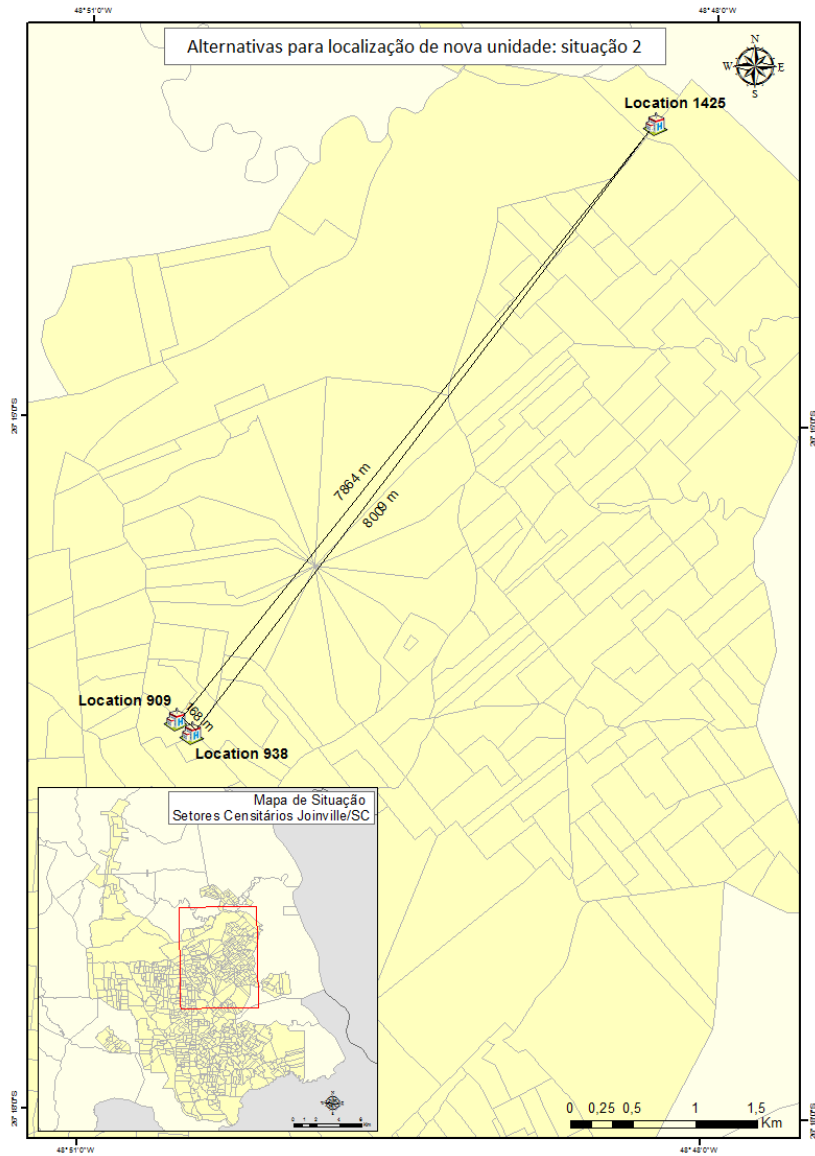


Figura 39: Alternativas de localização de nova UBS: situação 2

Todo o processo *fuzzy* foi desenvolvido de forma idêntica para as duas situações, ou seja, todas as etapas desenvolvidas para uma situação foram também elaboradas para a outra.

As variáveis consideradas para análise através da lógica *fuzzy* e sua respectiva arquitetura encontram-se apresentadas na figura 10. A arquitetura proposta contém um total de 10 variáveis de entrada, das quais 5 são qualitativas e 5 quantitativas. Estas variáveis são agrupadas e convergem para variáveis intermediárias até atingir a variável de saída, que representa o grau da alternativa em questão. O agrupamento das variáveis gerou 4 blocos de inferência, para os quais foram definidas 162 regras. Esta arquitetura foi aplicada para cada combinação especialista (i) e usuário (j), onde $i=1,2,3$ e $j=1,2,3,4,5$.

As variáveis de entrada apresentadas na figura 10 correspondem aos fatores que serão avaliados através do processo *fuzzy* e para os quais serão gerados os conjuntos *fuzzy*, descritos como segue:

- **Geração de resíduos:** Os resíduos de serviços de saúde são parte importante do total de resíduos sólidos urbanos, não necessariamente pela quantidade gerada (cerca de 1% a 3% do total), mas pelo potencial de risco que representam à saúde e ao meio ambiente. No estudo realizado por Moreira (2012), a autora encontrou uma taxa de geração de resíduos nas unidades básicas de saúde da ordem de 0.05 a 0.17 kg/atendimento, conseqüentemente a quantidade de resíduo gerada em cada unidade depende do número de atendimentos realizados. Como indicadores para a construção dos conjuntos considerou-se de 0 a 200 kg/dia, ou seja, considerando que a média de atendimento observada nas unidades de saúde é em torno de 70 pacientes por dia (o que varia muito de acordo com o tamanho da equipe de atendimento das unidades) tem-se que a média de resíduos gerados por dia pode variar de 3 a 12 kg. Considerando a necessidade de estabelecer conjuntos *fuzzy* para essa variável, definiu-se o intervalo de zero a 200kg/dia (estabelecido pela autora), o que vai variar em função da quantidade de atendimentos base por dia na unidade.

- **Custo médio:** o custo médio da unidade foi formulado com base no valor do custo unitário básico (CUB), considerando o tamanho da UBS (possível área física da UBS) e as possíveis interferências do mercado imobiliário/construtivo na região. Num estudo realizado pela revista PINI é apresentado o valor de R\$ 2.290,07 por m², para uma unidade básica de saúde construída em agosto de 2011. No entanto, optou-se por

definir graus de certeza para os conjuntos *fuzzy* do custo baseado no valor do CUB, por considerá-los mais representativos, já que acompanham a evolução de preços do mercado. Desta forma, o custo médio é calculado multiplicando-se o valor de R\$ 2.290,07 pela metragem quadrada da construção a ser implantada. Como indicadores para a construção dos conjuntos considerou-se de 0 a 5 milhões de reais. Considerando que a portaria 2.226 de 18 de setembro de 2009 do Ministério da Saúde, estabelece como tamanhos base para as UBS em seu anexo os valores de 153,24m² para as UBS de porte I e 293,28m² para as UBS de porte II, que recebem financiamento do Governo; e com base no valor do m², estimou-se um intervalo entre zero e cinco milhões, sendo que o valor médio ficaria em torno de 512 mil reais.

- **Geração de empregos:** aumento do número de empregos em função da implantação da nova unidade, estimado de acordo com o tamanho desta, com base nos parâmetros de cobertura assistencial definidos pela Portaria nº 1101/GM do Ministério da Saúde. Sabe-se que novos empreendimentos atraem pessoas e conseqüentemente novos serviços. Por exemplo, a implantação de uma UBS, provavelmente vai atrair farmácias e outras atividades em seu entorno, que também vão gerar novos empregos, mas não foram objeto desta pesquisa. Como indicadores para a construção dos conjuntos considerou-se o aumento num nível de 0 a 10, ou seja, quanto mais possíveis empregos forem gerados com a implantação da nova UBS, maior a nota que deve ser atribuída, correspondendo o valor 10 a um nível de aumento de empregos acima do esperado para a região.

- **Renda média:** a renda média da população foi definida com base nos critérios definidos pelo Censo de 2010 para os diferentes setores censitários. Assim, dependendo da possível localização da nova unidade é avaliada a renda média daquele setor e computada no processo *fuzzy*. Como indicadores para a construção dos conjuntos considerou-se rendas de 0 a 20 salários mínimos.

- **Densidade populacional:** da mesma forma que a renda, foi definida com base nos dados apresentados pelo Censo de 2010 para os diferentes setores censitários. Como indicadores para a construção dos conjuntos considerou-se densidade de 0 a 10 mil habitantes por km².

- **Impacto biótico:** determinados através dos impactos que a nova unidade vai causar à fauna e à flora do local, principalmente quando o desmatamento se faz necessário. Como indicadores para a construção dos conjuntos considerou-se o nível de 0 a 10 (quanto maior o nível, maiores as consequências negativas).
- **Sustentabilidade:** considerada com base na nova unidade, como por exemplo a existência de redes de captação para reaproveitamento de águas de chuva, previsão de plano de gestão de resíduos. Como indicadores para a construção dos conjuntos considerou-se o nível de 0 a 10 (quanto maior o nível, mais sustentável e melhor é o empreendimento).
- **Atratividade:** existem diversos fatores que podem corresponder a atratividade da unidade, em geral estes fatores motivam o deslocamento até a unidade e aumentam conforme a riqueza e o que é ofertado no espaço. Definido com base na percepção pessoal de cada indivíduo quanto às características que a nova unidade vai possuir e a localização de implantação. Como indicadores para a construção dos conjuntos considerou-se o nível de 0 a 10 (quanto maior o nível mais atraem a unidade).
- **Eficiência:** estimado com base na correta utilização de recursos com serviços de saúde, sendo verificado se os recursos disponibilizados correspondem com a unidade que se propõe implantar. Como indicadores para a construção dos conjuntos considerou-se o nível de 0 a 10 (quanto maior o nível mais eficiente a unidade).
- **Satisfação:** estimada em relação a atual prestação de serviços e a ampliação do mesmo, concentrando-se entre outros fatores em expectativa de redução do tempo de espera por atendimento e melhor qualidade de serviços. Como indicadores para a construção dos conjuntos considerou-se o nível de 0 a 10 (quanto maior o nível mais resultados satisfatórios a unidade pode produzir).

Convém destacar que conforme exposto por Cury (1999), as variáveis quantitativas, medidas com base no projeto, são convertidas em expressões linguísticas (com seus respectivos GdC associados) através do processo de fuzificação (utilizando os conjuntos *fuzzy* definidos) e as variáveis qualitativas (apesar de já serem variáveis

linguísticas) passam pelo processo de fuzificação, em função da utilização do artifício da atribuição de graus numéricos que refletem os sentimentos dos usuários futuros em relação às mesmas.

Para possibilitar a comparação entre as alternativas foram simuladas situações diferenciadas para cada uma das alternativas, com base nas características das localizações (posições) a serem avaliadas. Assim, o quadro 17 apresenta as considerações que foram realizadas para cada variável a fim de possibilitar a definição posterior dos valores de cada variável para cada alternativa. Essas considerações são determinadas pelo especialista responsável pelo projeto (para este estudo de caso foram definidas pela autora).

Quadro 17- Considerações adotadas para as variáveis representativas de cada alternativa

Variável	Alt. 1 posição 450	Alt. 2 posição 581	Alt. 3 posição 909	Alt.4 posição 1425
geração de resíduos	menor	maior	menor	maior
custo médio	maior	menor	maior	menor
geração de empregos	menor	maior	menor	maior
renda média	maior	menor	maior	menor
densidade pop.	menor	maior	menor	maior
impacto biótico	maior	menor	menor	maior
sustentabilidade	maior	menor	maior	menor
atratividade	menor	maior	maior	menor
eficiência	menor	maior	maior	menor
satisfação	menor	maior	maior	menor

5.5.3.1 Construção dos conjuntos *fuzzy*

Uma vez definida a arquitetura e conseqüentemente as variáveis a serem computadas, passa-se a fase de construção dos conjuntos *fuzzy*.

Para construir os conjuntos *fuzzy* das variáveis quantitativas foram definidos intervalos de valores e termos linguísticos pertinentes. Como exemplo para a variável renda média da população, na qual é analisada a renda da população em número de salários mínimo recebidos, foi definido o intervalo de validade 0 a 20, dividido em subintervalos de 1 e associados aos termos linguísticos: Baixo, Médio e Alto.

Posteriormente definiu-se o grau de pertinência de cada valor de número de salários em cada conjunto, assim, o valor de 1 salário mínimo, por exemplo, pertence ao conjunto baixo com grau de pertinência 1 e aos conjuntos médio e alto, com grau de pertinência

zero. O mesmo processo foi feito para cada um dos valores de salários mínimos de zero a vinte. Com isto, construiu-se o quadro 18, que mostra o grau de pertinência de cada intervalo ao respectivo termo linguístico.

A figura 40 apresenta o gráfico representativo dos dados apresentados no quadro 18, constituindo-se no conjunto *fuzzy* da variável renda. Os conjuntos *fuzzy* das demais variáveis quantitativas encontram-se no apêndice A.

As demais variáveis foram avaliadas da seguinte forma:

Geração de resíduos: de 0 a 200kg/dia

Custo: de 0 a 5 milhões de reais

Geração de empregos: nível de 0 a 10

Densidade populacional: de 0 a 10 milhab/km²

Quadro 18- Modelo de construção de conjunto para a variável "renda"

Grau	Baixo	Médio	Alto
0	1	0	0
1	1	0	0
2	0,675	0,325	0
3	0,325	0,65	0
4	0	1	0
5	0	0,8333	0,1666
6	0	0,6666	0,3333
7	0	0,5	0,5
8	0	0,3333	0,6666
9	0	0,1666	0,8333
10	0	0	1
11	0	0	1
12	0	0	1
13	0	0	1
14	0	0	1
15	0	0	1
16	0	0	1
17	0	0	1
18	0	0	1
19	0	0	1
20	0	0	1

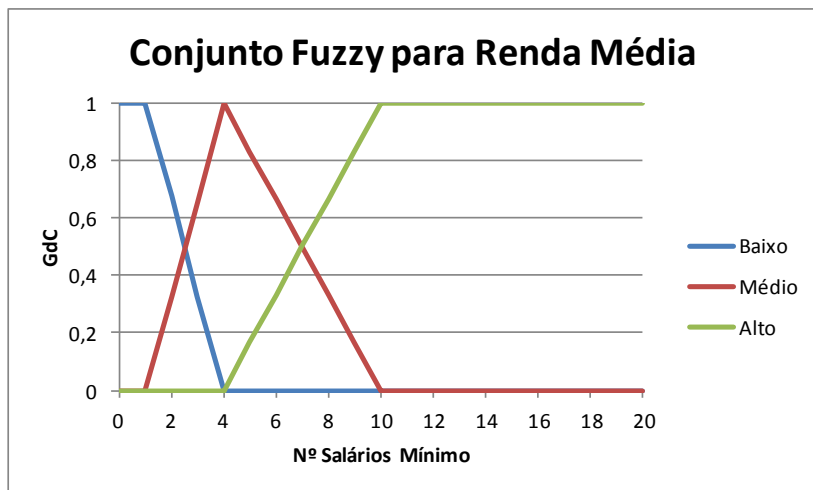


Figura 40: Conjunto *fuzzy* para a variável Renda

O conjunto *fuzzy* das variáveis qualitativas foi definido por Cury (1999), com base numa amostra de 30 pessoas, que atribuíram termos linguísticos para todos os valores da escala de 0 a 10, dentro de um contexto genérico e está apresentado na figura 41. Este conjunto foi construído com base nas respostas apresentadas por 30 pessoas, quando perguntadas se um número do universo de discurso é grande, por exemplo, solicitando-se simplesmente as respostas "sim" ou "não". Em seguida, calcula-se a frequência das respostas sim e constrói-se o conjunto *fuzzy* ALTO. O mesmo processo ocorre para os termos linguísticos baixo e médio, sendo que na figura 40, aparecem agrupados os termos linguísticos (baixo, médio e alto) gerando o respectivo conjunto *fuzzy* das variáveis qualitativas.

Cury (1999) destaca, ainda, que na realidade as variáveis qualitativas não precisariam passar pelo processo de fuzificação, pois já são variáveis linguísticas, cujos termos seriam associados a graus de certeza atribuídos pelos usuários. Entretanto, no presente caso, as variáveis qualitativas passam pelo processo de fuzificação em função da utilização do artifício da atribuição de graus numéricos que refletem os sentimentos dos usuários em relação às variáveis analisadas.

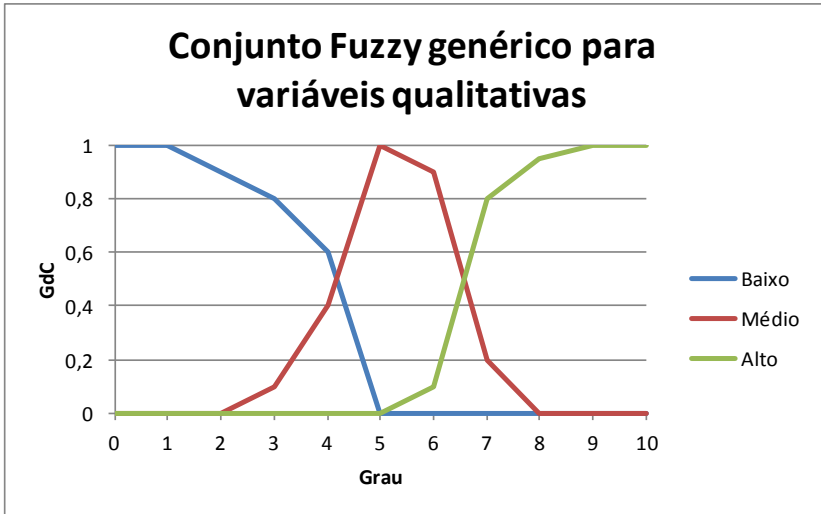


Figura 41: Conjunto *fuzzy* para as variáveis qualitativas

Para o processo de defuzzificação é necessário um conjunto *fuzzy* específico, o qual também foi desenvolvido por Cury (1999) e encontra-se representado na figura 42.

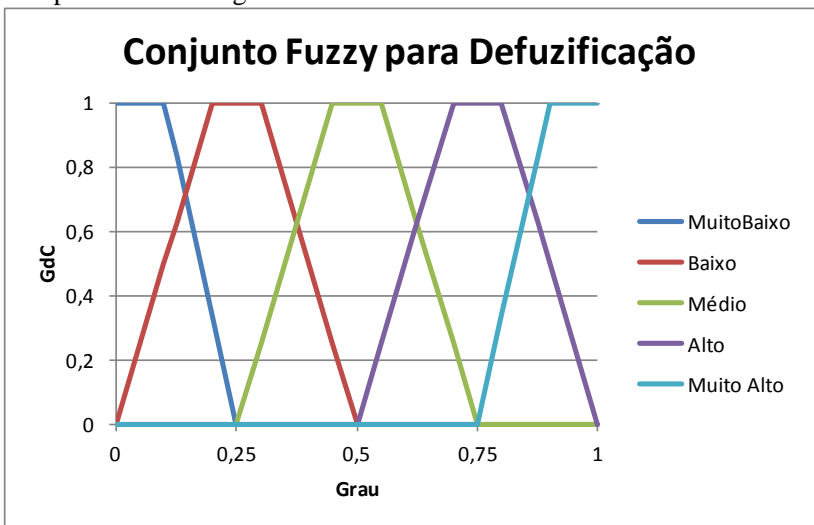


Figura 42: Conjunto *fuzzy* para defuzzificação

5.5.3.2 Atribuição de valores para as variáveis

Após a construção dos conjuntos *fuzzy* são elaborados questionários, cujas respostas são os valores atribuídos para cada variável pelos especialistas ou usuários para a área de estudo da pesquisa. Tomando como exemplo a variável satisfação da população, questionou-se (informalmente) moradores do bairro Costa e Silva (5 moradores), explicou-se o projeto e pesquisa desenvolvida e apresentou-se os diferentes locais para implantação de novas UBS, solicitando que os mesmos atribuíssem um valor, numa escala de zero a dez, correspondente a influência estimada da variável analisada. Assim, perguntou-se: "Que grau você atribui para a alternativa apresentada, numa escala de zero a dez com relação a satisfação da população se a nova unidade fosse implantada neste local?". As respostas atribuídas pelos moradores (usuários) para cada alternativa encontram-se apresentadas no quadro 19.

Quadro 19- Valores atribuídos pelos usuários para as variáveis qualitativas

	Alternativa 1					Alternativa 2					Alternativa 3					Alternativa 4				
	A1	A2	A3	A4	A5	A1	A2	A3	A4	A5	A1	A2	A3	A4	A5	A1	A2	A3	A4	A5
Impacto Biótico	2	3	2	3	5	1	3	2	2	1	3	4	3	3	4	5	6	7	6	6
Sustentabilidade	8	7	8	7	8	5	6	7	8	8	7	6	6	8	5	5	5	6	7	6
Atratividade	3	4	3	5	6	8	9	10	8	9	8	9	10	8	9	6	8	5	4	7
Eficiência	3	5	5	4	5	6	8	6	7	8	10	8	9	8	8	6	7	5	8	7
Satisfação	3	2	4	4	5	10	9	8	9	8	8	8	9	7	10	3	5	6	7	5

Consultou-se 3 especialistas (2 engenheiros e 1 administrador) que também receberam informações sobre o projeto e optaram por contribuir na atribuição de valores para as variáveis quantitativas. Tomando-se como exemplo a variável renda, questionou-se: "Qual a renda média das pessoas que moram no local de implantação da alternativa apresentada?". As respostas fornecidas para cada alternativa encontram-se apresentadas no quadro 20. Para o presente caso foram definidos como especialistas, engenheiros e administradores, por entender que os mesmos estavam aptos para avaliar as variáveis quantitativas analisadas. Poderiam ter sido definidos, também, outros especialistas e outra quantidade, sendo que os especialistas devem ser definidos com base em cada projeto e as respectivas variáveis a serem avaliadas.

Quadro 20- Valores atribuídos pelos especialistas para as variáveis quantitativas

	Alternativa 1			Alternativa 2			Alternativa 3			Alternativa 4		
	Esp. 1	Esp. 2	Esp. 3	Esp.1	Esp. 2	Esp. 3	Esp. 1	Esp. 2	Esp. 3	Esp. 1	Esp. 2	Esp. 3
Geração de Resíduos	78	80	75	95	100	120	80	83	85	120	125	130
Custo médio	4	4,5	4,2	1,8	2	2,3	2	2,3	2,4	2,5	1,8	1,6
Geração de Empregos	2	2,2	2,5	4,8	5	5,3	1,2	1,5	1,6	2,3	2,4	2,3
Renda média	7,2	6,8	6,8	4,5	4,5	4,8	7	6,8	6,8	2	1,5	1,7
Densidade Populacional	2,8	2,8	3	3,8	4	4,2	2,4	2,5	2,2	2,5	3,8	4

Os modelos de questionários para as demais variáveis qualitativas são apresentados no apêndice B. Estes modelos são sugeridos, no entanto, devem ser alterados, sendo desenvolvidos com base nas características próprias de cada projeto.

5.5.3.3 Fuzificação

A fuzificação é o processo que transforma uma variável discreta em uma variável *fuzzy* com suas respectivas funções de pertinência (CAMPOS FILHO, 2004).

Considerando os valores atribuídos pelos especialistas e usuários para cada uma das variáveis nas diferentes alternativas, determina-se o grau de certeza dos termos linguísticos de cada uma das variáveis, através da utilização dos conjuntos *fuzzy*.

Tomando-se como exemplo o valor atribuído pelo especialista 1 para a alternativa 1, com relação a variável renda, têm-se o valor de 7,2 que quando inserido no gráfico do respectivo conjunto *fuzzy* (neste caso, a figura 40) gera o vetor linguístico: (Baixo = 0; Médio = 0.47; Alto = 0.53).

Para a variável qualitativa satisfação da população onde o valor atribuído pelo usuário 1 para a alternativa 1 é 3, que inserido no gráfico do respectivo conjunto *fuzzy* (neste caso, a figura 41) irá gerar o vetor linguístico: (Baixo = 0.8; Médio = 0.1; Alto = 0).

O quadro 21 apresenta os vetores linguísticos gerados para as diferentes alternativas considerando os valores atribuídos pelos especialistas para as variáveis quantitativas. Já o quadro 22 apresenta os vetores linguísticos gerados para as diferentes alternativas considerando os valores atribuídos pelos usuários para as variáveis qualitativas.

Quadro 21- Vetores linguísticos das variáveis quantitativas

Variável		Alt. 1			Alt. 2			Alt. 3			Alt. 4		
		Esp.1	Esp.2	Esp.3	Esp.1	Esp.2	Esp.3	Esp.1	Esp.2	Esp.3	Esp.1	Esp.2	Esp.3
Geração de Resíduos	Valor	78	80	75	95	100	120	80	83	85	120	125	130
	Baixo	0,32	0,28	0,36	0,07	0	0	0,28	0,24	0,22	0	0	0
	Médio	0,68	0,72	0,64	0,93	1	0,72	0,72	0,76	0,78	0,72	0,64	0,57
	Alto	0	0	0	0	0	0,28	0	0	0	0,28	0,36	0,43
Custo médio	Valor	4	4,5	4,2	1,8	2	2,3	2	2,3	2,4	2,5	1,8	1,6
	Baixo	0	0	0	0,47	0,33	0,13	0,33	0,13	0,07	0	0,47	0,6
	Médio	0	0	0	0,53	0,67	0,87	0,67	0,87	0,93	1	0,53	0,4
	Alto	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Geração de Empregos	Valor	2	2,2	2,5	4,8	5	5,3	1,2	1,5	1,6	2,3	2,4	2,3
	Baixo	1	0,93	0,83	0,07	0	0	1	1	1	0,9	0,87	0,9
	Médio	0	0,07	0,17	0,93	1	0,9	0	0	0	0,1	0,13	0,1
	Alto	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0
Renda média	Valor	7,2	6,8	6,8	4,5	4,5	4,8	7	6,8	6,8	2	1,5	1,7
	Baixo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,67	0,83	0,77
	Médio	0,47	0,53	0,53	0,92	0,92	0,87	0,5	0,53	0,53	0,33	0,17	0,23
	Alto	0,53	0,47	0,47	0,08	0,08	0,13	0,5	0,47	0,47	0	0	0
Densidade Populacional	Valor	2,8	2,8	3	3,8	4	4,2	2,4	2,5	2,2	2,5	3,8	4
	Baixo	0,1	0,1	0	0	0	0	0,3	0,25	0,4	0,25	0	0
	Médio	0,9	0,9	1	0,6	0,5	0,4	0,7	0,75	0,6	0,75	0,6	0,5
	Alto	0	0	0	0,4	0,5	0,6	0	0	0	0	0,4	0,5

Quadro 22- Vetores linguísticos das variáveis qualitativas

Variável		Alt. 1					Alt. 2					Alt. 3					Alt. 4					
		A1	A2	A3	A4	A5	A1	A2	A3	A4	A5	A1	A2	A3	A4	A5	A1	A2	A3	A4	A5	
Impacto Biótico	Grau	2	3	2	3	5	1	3	2	2	1	3	4	3	3	4	5	6	7	7	6	6
	Baixo	0,9	0,8	0,9	0,8	0	1	0,8	0,9	0,9	1	0,8	0,6	0,8	0,8	0,6	0	0	0	0	0	0
	Médio	0	0,1	0	0,1	1	0	0,1	0	0	0	0,1	0,4	0,1	0,1	0,4	1	0,9	0,2	0,9	0,9	
	Alto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0,8	0,1	0,1	
Sustentabilidade	Grau	8	7	8	7	8	5	6	7	8	8	7	6	6	8	5	5	5	6	7	6	
	Baixo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Médio	0	0,2	0	0,2	0	1	0,9	0,2	0	0	0,2	0,9	0,9	0	1	1	1	0,9	0,2	0,9	
	Alto	0,95	0,8	0,95	0,8	0,95	0	0,1	0,8	0,95	0,95	0,8	0,1	0,1	0,95	0	0	0	0,1	0,8	0,1	
Atratividade	Grau	3	4	3	5	6	8	9	10	8	9	8	9	10	8	9	6	8	5	4	7	
	Baixo	0,8	0,6	0,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,6	
	Médio	0,1	0,4	0,1	1	0,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,9	0	1	0,4	0,2	
	Alto	0	0	0	0	0,1	0,95	1	1	0,95	1	0,95	1	1	0,95	1	0,1	0,95	0	0	0,8	
Eficiência	Grau	3	5	5	4	5	6	8	6	7	8	10	8	9	8	8	6	7	5	8	7	
	Baixo	0,8	0	0	0,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Médio	0,1	1	1	0,4	1	0,9	0	0,9	0,2	0	0	0	0	0	0	0,9	0,2	1	0,4	0,2	
	Alto	0	0	0	0	0,1	0,95	0,1	0,8	0,95	1	0,95	1	0,95	0,95	0,1	0,8	0	0,95	0,8		
Satisfação	Grau	3	2	4	4	5	10	9	8	9	8	8	8	9	7	10	3	5	6	7	5	
	Baixo	0,8	0,9	0,6	0,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,8	0	0	0	0	
	Médio	0,1	0	0,4	0,4	1	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0	0,1	1	0,9	0,2	1		
	Alto	0	0	0	0	0	1	1	1	0,95	1	0,95	0,95	1	0,8	1	0	0	0,1	0,8	0	

Com a definição dos vetores linguísticos das variáveis e os respectivos graus de certeza (GdC) é possível realizar a inferência *fuzzy*.

5.5.3.4 Inferência fuzzy

A inferência *fuzzy* consiste na operação dos blocos de inferência compostos por regras do tipo SE-ENTÃO, definidas em função das variáveis e respectivas variáveis de saída. O modelo de inferência utilizado é o Modelo Mamdani e as operações são do tipo MÁX-MIN,

que utiliza as operações de união e intersecção, da mesma forma que foi proposta por Zadeh (em 1965). (Shaw e Simões, 1999)

As regras foram definidas analisando cada variável de entrada para obter uma variável de saída representativa. Para cada regra definiu-se um fator de certeza (FC), compreendido entre 0 e 1, que indica o grau de validade na base de regras *fuzzy*. A partir disto foram construídos os blocos de inferência, conforme apresentado no quadro 23, o qual foi definido para o bloco de inferência 3. Os demais blocos são apresentados no apêndice C.

Em cada bloco de inferência foram combinados todos os termos linguísticos (baixo, médio, alto) de igual maneira para cada variável, assim por exemplo, para o bloco de inferência 3, que possui três variáveis: atratividade, eficiência e satisfação; foram geradas 27 regras, uma vez que os três termos linguísticos foram atribuídos a cada uma das variáveis e combinados entre si.

Quadro 23- Base de regras e respectivos FC para o bloco de inferência 3

Regra	SE			ENTÃO	Fator de Certeza (FC)
	Atratividade	Eficiência	Satisfação	Grau Social	
1	Baixa	Baixa	Baixa	Baixo	1,0
2	Baixa	Baixa	Média	Baixo	0,9
3	Baixa	Baixa	Alta	Baixo	0,8
4	Baixa	Média	Baixa	Baixo	0,7
5	Baixa	Média	Média	Médio	0,8
6	Baixa	Média	Alta	Médio	0,8
7	Baixa	Alta	Baixa	Médio	0,7
8	Baixa	Alta	Média	Baixo	0,7
9	Baixa	Alta	Alta	Alto	0,8
10	Média	Baixa	Baixa	Baixo	0,8
11	Média	Baixa	Média	Baixo	0,7
12	Média	Baixa	Alta	Médio	0,7
13	Média	Média	Baixa	Médio	0,8
14	Média	Média	Média	Médio	1,0
15	Média	Média	Alta	Alto	0,8
16	Média	Alta	Baixa	Médio	0,8
17	Média	Alta	Média	Médio	0,9
18	Média	Alta	Alta	Alto	0,8
19	Alta	Baixa	Baixa	Baixo	0,7
20	Alta	Baixa	Média	Médio	0,8
21	Alta	Baixa	Alta	Médio	0,8
22	Alta	Média	Baixa	Baixo	0,7
23	Alta	Média	Média	Médio	0,9
24	Alta	Média	Alta	Alto	0,8
25	Alta	Alta	Baixa	Médio	0,7
26	Alta	Alta	Média	Alto	0,9
27	Alta	Alta	Alta	Alto	1,0

Considerando as regras de inferência definidas e os respectivos fatores de certeza, determinam-se os graus de certeza (GdC) para cada regra mediante o processo de agregação (parte SE da regra) através da equação 12 e o processo de composição das regras (parte ENTÃO) é realizado através da equação 13.

$$GdCV_s = FC_n \times \text{MIN} \{GdCV_a, GdCV_b, GdCV_c\} \quad \text{Equação 12}$$

onde: GdC = Grau de Certeza

V_s = Variável de saída

FC_n = Grau de certeza da regra n

V_a, b, c, \dots = Variáveis de entrada

$$GdCV_s = \text{MAX} (FC_n. \text{MIN} \{GdCV_a, GdCV_b, GdCV_c\}) \quad \text{Equação. 13}$$

Assim, tomando como exemplo o bloco de inferência apresentado no quadro 23, no qual a agregação envolve as variáveis de entrada: atratividade, eficiência e satisfação, têm-se para a regra 1 a seguinte combinação:

SE "Atratividade = Baixa", "Eficiência = Baixa" e "Satisfação = Baixa"

ENTÃO "Grau Social = Baixo"

A computação da parte ENTÃO da regra é baseada na equação 13, resultando em um vetor linguístico com seus respectivos GdC para a variável de saída do resultante para a inferência do bloco.

Quando se realiza a inferência para o último bloco, o resultado da computação da parte ENTÃO é o vetor linguístico da variável final procurada, possibilitando assim o processo de defuzificação.

O processo de inferência para o bloco 3 será apresentado a seguir, juntamente com os vetores linguísticos obtidos em cada camada da arquitetura.

Regra	FC	$FC_n \times \text{MIN} \{GdCV_a, GdCV_b, GdCV_c\}$	Valores	Grau	Vetor
1	1,0	$FC1 \times \text{MIN}\{GdCBaixa, GdCBaixa, GdCBaixa\} =$	$1,0 \times \text{MIN}\{0,8; 0,8; 0,8\} =$	0,8	Baixo
2	0,9	$FC2 \times \text{MIN}\{GdCBaixa, GdCBaixa, GdCMédia\} =$	$0,9 \times \text{MIN}\{0,8; 0,8; 0,1\} =$	0,09	Baixo
3	0,8	$FC3 \times \text{MIN}\{GdCBaixa, GdCBaixa, GdCAIta\} =$	$0,8 \times \text{MIN}\{0,8; 0,8; 0\} =$	0	Baixo
4	0,7	$FC4 \times \text{MIN}\{GdCBaixa, GdCMédia, GdCBaixa\} =$	$0,7 \times \text{MIN}\{0,8; 0,1; 0,8\} =$	0,07	Baixo
5	0,8	$FC5 \times \text{MIN}\{GdCBaixa, GdCMédia, GdCMédia\} =$	$0,8 \times \text{MIN}\{0,8; 0,1; 0,1\} =$	0,08	Médio
6	0,8	$FC6 \times \text{MIN}\{GdCBaixa, GdCMédia, GdCAIta\} =$	$0,8 \times \text{MIN}\{0,8; 0,1; 0\} =$	0	Médio
7	0,7	$FC7 \times \text{MIN}\{GdCBaixa, GdCAIta, GdCBaixa\} =$	$0,7 \times \text{MIN}\{0,8; 0,0; 0,8\} =$	0	Médio
8	0,7	$FC8 \times \text{MIN}\{GdCBaixa, GdCAIta, GdCMédia\} =$	$0,7 \times \text{MIN}\{0,8; 0,0; 0,1\} =$	0	Baixo
9	0,8	$FC9 \times \text{MIN}\{GdCBaixa, GdCAIta, GdCAIta\} =$	$0,8 \times \text{MIN}\{0,8; 0,0; 0\} =$	0	Alto
10	0,8	$FC10 \times \text{MIN}\{GdCMédia, GdCBaixa, GdCBaixa\} =$	$0,8 \times \text{MIN}\{0,1; 0,8; 0,8\} =$	0,08	Baixo
11	0,7	$FC11 \times \text{MIN}\{GdCMédia, GdCBaixa, GdCMédia\} =$	$0,7 \times \text{MIN}\{0,1; 0,8; 0,1\} =$	0,07	Baixo
12	0,7	$FC12 \times \text{MIN}\{GdCMédia, GdCBaixa, GdCAIta\} =$	$0,7 \times \text{MIN}\{0,1; 0,8; 0\} =$	0	Médio
13	0,8	$FC13 \times \text{MIN}\{GdCMédia, GdCMédia, GdCBaixa\} =$	$0,8 \times \text{MIN}\{0,1; 0,1; 0,8\} =$	0,08	Médio
14	1,0	$FC14 \times \text{MIN}\{GdCMédia, GdCMédia, GdCMédia\} =$	$1,0 \times \text{MIN}\{0,1; 0,1; 0,1\} =$	0,1	Médio
15	0,8	$FC15 \times \text{MIN}\{GdCMédia, GdCMédia, GdCAIta\} =$	$0,8 \times \text{MIN}\{0,1; 0,1; 0\} =$	0	Alto
16	0,8	$FC16 \times \text{MIN}\{GdCMédia, GdCAIta, GdCBaixa\} =$	$0,8 \times \text{MIN}\{0,1; 0,0; 0,8\} =$	0	Médio
17	0,9	$FC17 \times \text{MIN}\{GdCMédia, GdCAIta, GdCMédia\} =$	$0,9 \times \text{MIN}\{0,1; 0,0; 0,1\} =$	0	Médio
18	0,8	$FC18 \times \text{MIN}\{GdCMédia, GdCAIta, GdCAIta\} =$	$0,8 \times \text{MIN}\{0,1; 0,0; 0\} =$	0	Alto
19	0,7	$FC19 \times \text{MIN}\{GdCAIta, GdCBaixa, GdCBaixa\} =$	$0,7 \times \text{MIN}\{0,0; 0,8; 0,8\} =$	0	Baixo
20	0,8	$FC20 \times \text{MIN}\{GdCAIta, GdCBaixa, GdCMédia\} =$	$0,8 \times \text{MIN}\{0,0; 0,8; 0,1\} =$	0	Médio
21	0,8	$FC21 \times \text{MIN}\{GdCAIta, GdCBaixa, GdCAIta\} =$	$0,8 \times \text{MIN}\{0,0; 0,8; 0\} =$	0	Médio
22	0,7	$FC22 \times \text{MIN}\{GdCAIta, GdCMédia, GdCBaixa\} =$	$0,7 \times \text{MIN}\{0,0; 0,1; 0,8\} =$	0	Baixo
23	0,9	$FC23 \times \text{MIN}\{GdCAIta, GdCMédia, GdCMédia\} =$	$0,9 \times \text{MIN}\{0,0; 0,1; 0,1\} =$	0	Médio
24	0,8	$FC24 \times \text{MIN}\{GdCAIta, GdCMédia, GdCAIta\} =$	$0,8 \times \text{MIN}\{0,0; 0,1; 0\} =$	0	Alto
25	0,7	$FC25 \times \text{MIN}\{GdCAIta, GdCAIta, GdCBaixa\} =$	$0,7 \times \text{MIN}\{0,0; 0,8\} =$	0	Médio
26	0,9	$FC26 \times \text{MIN}\{GdCAIta, GdCAIta, GdCMédia\} =$	$0,9 \times \text{MIN}\{0,0; 0,1\} =$	0	Alto
27	1,0	$FC27 \times \text{MIN}\{GdCAIta, GdCAIta, GdCAIta\} =$	$1,0 \times \text{MIN}\{0,0; 0,0\} =$	0	Alto

$$GdC(\text{Grau Social}) = \text{MAX} (FC_n \cdot \text{MIN} \{GdCV_a, GdCV_b, GdCV_c\})$$

$$GdC(\text{Grau Social}) = (\text{Baixo}=0,8; \text{Médio}=0,1; \text{Alto}=0)$$

Este processo se repete para todas as combinações especialista_i x usuário_j. O quadro 24 apresenta os resultados para o grau social da alternativa 1.

Quadro 24- Vetores linguísticos do grau social para a alternativa 1

Alternativa 1					
Vetor	Usuário1	Usuário2	Usuário3	Usuário4	Usuário5
Baixo	0,8	0,42	0,42	0,48	0
Médio	0,1	0,32	0,32	0,4	0,9
Alto	0	0	0	0	0

5.5.3.5 Defuzificação

O processo de defuzificação consiste na transformação de uma informação qualitativa em uma informação quantitativa.

Esta é a última etapa de um sistema *fuzzy*, podendo ser realizada através de diferentes métodos. Para este caso utilizou-se o processo do centro dos máximos (CoM). Tomando como base o conjunto apresentado na figura 41, utiliza-se a equação 14 e determina-se o grau da alternativa pretendido para cada combinação (especialista_i x usuário_j). O valor final da alternativa é definido através da média aritmética dos 15 valores calculados (3 especialista x 5 usuários).

$$D = \frac{\sum_{n=1}^N GdC_n \times X_n}{\sum_{n=1}^N GdC_n} \quad \text{Equação 14}$$

onde GdC_n são os graus de certeza dos termos linguísticos da variável de saída final e X_n são os valores da componente sob análise que correspondem aos máximos dos conjuntos *fuzzy*, n é a regra e N corresponde ao número total de regras.

Neste método, os GdC do resultado linguístico da inferência *fuzzy* são considerados como os "pesos" dos valores mais típicos dos termos linguísticos.

Exemplificando a defuzificação da combinação especialista₁ x usuário₁, tem-se

$$GdC (\text{grau alternativa1}) = (\text{Baixo}=0,29; \text{Médio}=0,08; \text{Alto}=0)$$

Aplicando-se a equação 14 tem-se o vetor linguístico da variável de saída e os GdC associadas a ela, sendo o $X_{\text{baixo}}=0.25$, $X_{\text{médio}}=0.5$ e $X_{\text{alto}}=0.75$ (obtidos do conjunto fuzzy de defuzificação). Com isto é possível determinar o valor da defuzificação para cada combinação.

Para o exemplo considerando especialista₁ x usuário₁, tem-se:

$$D = \frac{(0,29 \times 0,25) + (0,08 \times 0,5) + (0 \times 0,75)}{(0,29 + 0,08 + 0)} = 0,304$$

A defuzificação dos vetores linguísticos de cada composição especialista x usuário, para a alternativa 1, bem como o grau final da alternativa 1 (média aritmética simples entre os 15 valores defuzificados), encontram-se apresentados no quadro 25.

Quadro 25- Valores da defuzificação e grau final da alternativa 1

	Baixo	Médio	Alto	D
E1xA1	0,29	0,08	0	0,304
E1xA2	0,29	0,26	0	0,368
E1xA3	0,29	0,26	0	0,368
E1xA4	0,29	0,32	0	0,381
E1xA5	0,17	0,34	0	0,417
E2xA1	0,27	0,08	0	0,307
E2xA2	0,27	0,26	0	0,373
E2xA3	0,27	0,26	0	0,373
E2xA4	0,27	0,3	0	0,382
E2xA5	0,15	0,3	0	0,417
E3xA1	0,27	0,09	0	0,312
E3xA2	0,27	0,26	0	0,373
E3xA3	0,27	0,26	0	0,373
E3xA4	0,27	0,3	0	0,382
E3xA5	0,2	0,3	0	0,4
Grau final alternativa 1				0,37

O processo de defuzificação apresentado foi realizado primeiramente considerando apenas uma única variável a passar pelo processo, que corresponde a variável de saída grau final. No entanto, foram realizados também testes em que as variáveis intermediárias (impacto econômico, social e ambiental) foram defuzificadas e os resultados destas considerados como variáveis de entrada para produzir a variável de saída grau final. Para esta situação, o número de variáveis defuzificadas é igual a 4.

Igual procedimento é realizado para as demais alternativas a fim de se obter o grau final de cada alternativa, conforme apresentado no quadro 26.

Quadro 26- Grau final das alternativas avaliadas através do Excel

Alternativa	Grau final	Grau final
	1 defuz.	4 defuz.
1	0,37	0,34
2	0,70	0,71
3	0,63	0,56
4	0,49	0,46

A defuzificação pode ocorrer ainda através de outros métodos, como por exemplo o centro de gravidade (ou centro de área - CoA), a média dos máximos e a altura. Na técnica do centro de área para calcular o valor representativo considera-se toda a distribuição de possibilidade de saída do modelo. O procedimento é similar ao usado para calcular o centro de gravidade em física. Por outro lado, o método do centro de área pode ser compreendido como uma média ponderada, onde pertinência funciona como o peso do valor a ser defuzificado.

A definição do local mais adequado deve ser realizada com base na comparação dos resultados das alternativas. Considerando que neste projeto realizou-se a comparação entre a situação 1 (que envolve as alternativas 1 e 2) e a situação 2 (que envolve as alternativas 3 e 4), observa-se que entre a alternativa 1 e 2, o **grau final mais próximo de 1** foi atribuído para a alternativa 2 (valor de 0,7, considerando uma variável defuzificada), significando assim que esta alternativa apresenta melhores condições de receber uma nova UBS com base nas variáveis qualitativas e quantitativas avaliadas. Logo, entre as posições 450 e 581, a localização mais adequada está na posição 581.

De modo análogo, observando os resultados para as alternativas 3 e 4, a alternativa 3 é a que apresenta grau final mais próximo de 1, logo entre as posições 909 e 1425, a localização mais adequada está na posição 909.

A figura 43 apresenta as localizações definidas com o apoio da lógica *fuzzy* e caracterizadas como locais mais adequados para implantação de novas unidades.

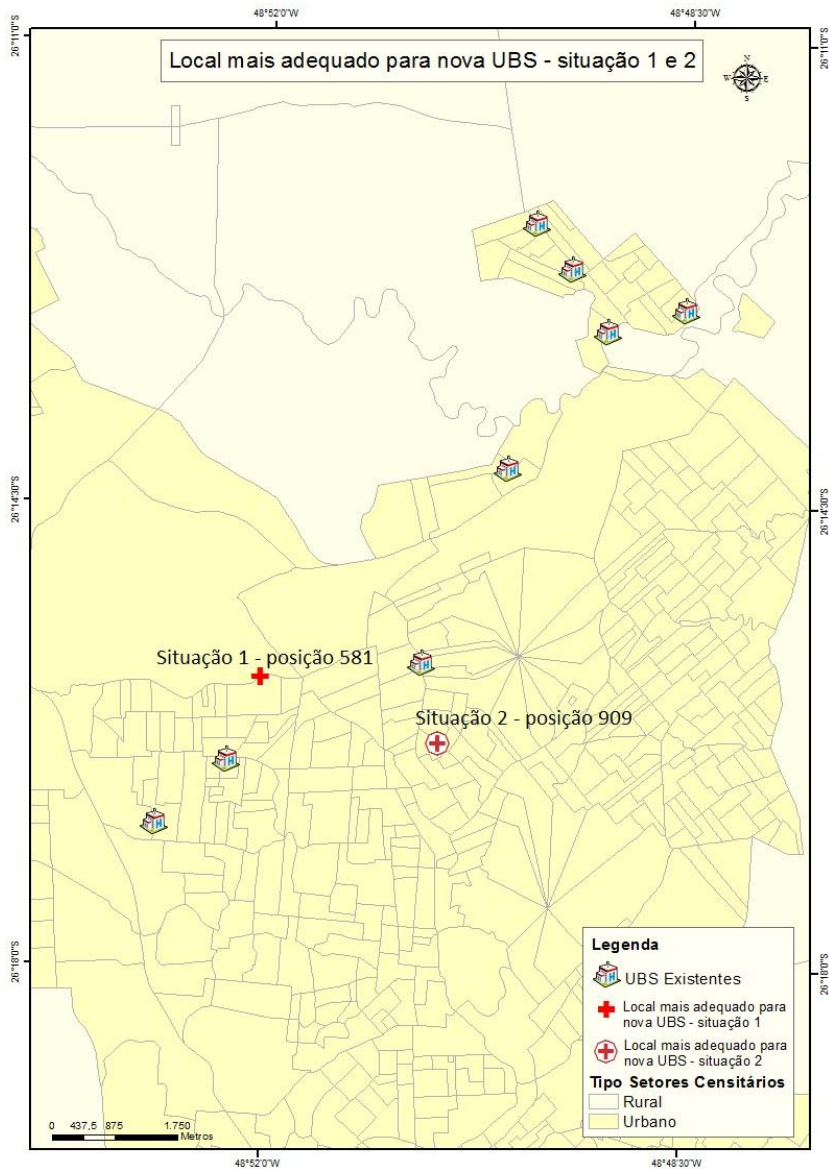


Figura 43: Localizações mais adequadas definidas com a lógica *fuzzy*

5.5.3.6 Aplicação da lógica fuzzy através do software InFuzzy

A arquitetura *fuzzy* proposta para o método foi primeiramente utilizada na aplicação do processo *fuzzy* realizado, passo a passo, manualmente com o auxílio do *software* Excel.

Considerando que o processo *fuzzy* (construção de conjuntos, fuzificação, inferência, defuzificação) realizado "manualmente" necessita de tempo elevado e está extremamente sujeito a erros em função da grande quantidade de números e análises a serem desenvolvidas, optou-se por implementar a arquitetura proposta no *software* InFuzzy.

O InFuzzy é um software livre, desenvolvido por Posselt et al. (2011), na Universidade de Santa Cruz do Sul - UNISC e de acordo com o autor

"InFuzzy é um software designado a modelagem de sistemas difusos. A modelagem de sistemas difusos é realizada através de interface gráfica de fácil manuseio, respeitando regras de ergonomia e usabilidade de software. As principais funcionalidades do sistema estão relacionadas a definição de variáveis de entrada, variáveis de saída, termos linguísticos, blocos de regras, relações entre variáveis e blocos de regras, simulações, integração com aplicações externas, personalização por projeto difuso."

O *software* exige que a arquitetura proposta seja criada e implementada em janela específica para que os dados possam ser computados e executados conforme o processo *fuzzy*. Considerando que o *software* não permite a implementação de camadas intermediárias, apenas variáveis de entrada e saída, a arquitetura foi desenvolvida em duas etapas as quais encontram-se apresentadas nas figuras 44 e 45.

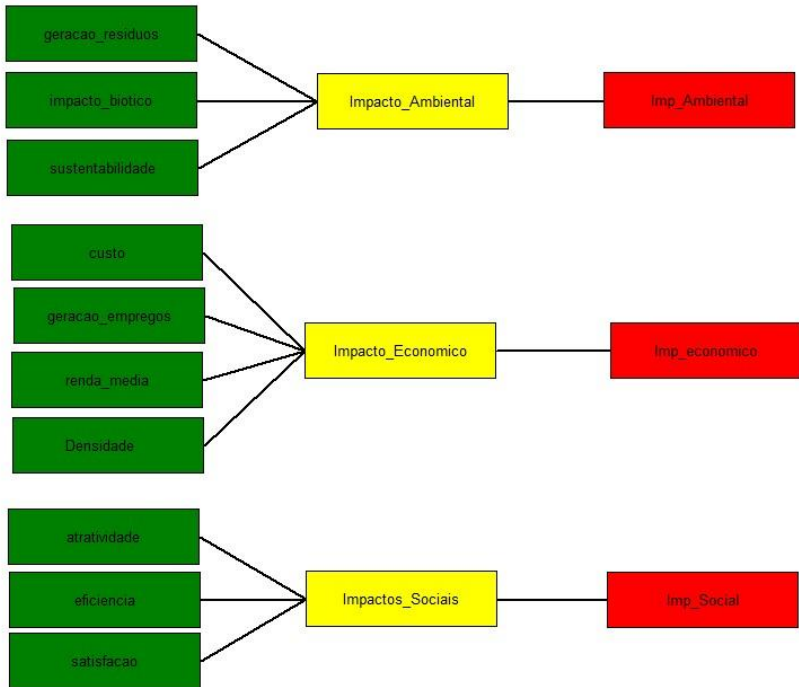


Figura 44: Arquitetura proposta implementada no InFuzzy (parte I)

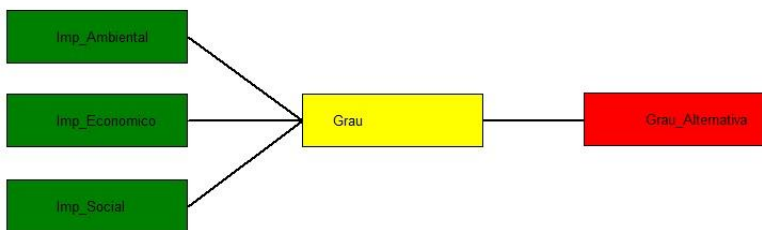


Figura 45: Arquitetura proposta implementada no InFuzzy (parte II)

Depois de implementada a arquitetura é preciso definir as regras para cada bloco de regra. As regras utilizadas foram as mesmas aplicadas no Excel. Após implementar as regras é preciso escolher os operadores que serão utilizados na inferência *fuzzy* e o método de defuzificação, dentre aqueles disponíveis no *software*.

Definidos os operadores é possível realizar simulações para obter valores das variáveis de saída. A combinação especialista; x usuário; utilizada é a mesma utilizada no Excel, bem como os valores empregados em cada simulação.

Foram realizadas simulações considerando 3 e 5 conjuntos *fuzzy* para a variável de saída grau final, de modo a avaliar a interferência destes no resultado final.

Os resultados gerados pelas alternativas para as duas situações encontram-se apresentados nos quadros 27, 28 e 29.

Quadro 27- Grau final das alternativas avaliadas considerando 3 conjuntos *fuzzy* para o grau final

Alternativa 1															Grau final	
	E1xA1	E1xA2	E1xA3	E1xA4	E1xA5	E2xA1	E2xA2	E2xA3	E2xA4	E2xA5	E3xA1	E3xA2	E3xA3	E3xA4	E3xA5	
Grau	0,32	0,31	0,43	0,31	0,39	0,32	0,31	0,43	0,31	0,41	0,32	0,31	0,43	0,31	0,36	0,35
Alternativa 2															Grau final	
	E1xA1	E1xA2	E1xA3	E1xA4	E1xA5	E2xA1	E2xA2	E2xA3	E2xA4	E2xA5	E3xA1	E3xA2	E3xA3	E3xA4	E3xA5	
Grau	0,52	0,52	0,51	0,52	0,52	0,52	0,52	0,51	0,52	0,52	0,44	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51
Alternativa 3															Grau final	
	E1xA1	E1xA2	E1xA3	E1xA4	E1xA5	E2xA1	E2xA2	E2xA3	E2xA4	E2xA5	E3xA1	E3xA2	E3xA3	E3xA4	E3xA5	
Grau	0,51	0,52	0,52	0,51	0,52	0,51	0,52	0,52	0,51	0,52	0,51	0,52	0,52	0,51	0,52	0,52
Alternativa 4															Grau final	
	E1xA1	E1xA2	E1xA3	E1xA4	E1xA5	E2xA1	E2xA2	E2xA3	E2xA4	E2xA5	E3xA1	E3xA2	E3xA3	E3xA4	E3xA5	
Grau	0,16	0,31	0,23	0,21	0,31	0,43	0,54	0,49	0,48	0,54	0,45	0,57	0,52	0,5	0,57	0,42

Quadro 28- Grau final das alternativas avaliadas considerando 5 conjuntos *fuzzy* para o grau final

Alternativa 1															Grau final	
	E1xA1	E1xA2	E1xA3	E1xA4	E1xA5	E2xA1	E2xA2	E2xA3	E2xA4	E2xA5	E3xA1	E3xA2	E3xA3	E3xA4	E3xA5	
Grau	0,37	0,36	0,45	0,36	0,43	0,37	0,36	0,45	0,36	0,44	0,37	0,36	0,45	0,36	0,4	0,39
Alternativa 2															Grau final	
	E1xA1	E1xA2	E1xA3	E1xA4	E1xA5	E2xA1	E2xA2	E2xA3	E2xA4	E2xA5	E3xA1	E3xA2	E3xA3	E3xA4	E3xA5	
Grau	0,52	0,56	0,6	0,75	0,75	0,51	0,56	0,6	0,75	0,75	0,45	0,5	0,53	0,65	0,65	0,61
Alternativa 3															Grau final	
	E1xA1	E1xA2	E1xA3	E1xA4	E1xA5	E2xA1	E2xA2	E2xA3	E2xA4	E2xA5	E3xA1	E3xA2	E3xA3	E3xA4	E3xA5	
Grau	0,6	0,55	0,56	0,62	0,55	0,6	0,55	0,56	0,64	0,55	0,6	0,55	0,56	0,65	0,54	0,58
Alternativa 4															Grau final	
	E1xA1	E1xA2	E1xA3	E1xA4	E1xA5	E2xA1	E2xA2	E2xA3	E2xA4	E2xA5	E3xA1	E3xA2	E3xA3	E3xA4	E3xA5	
Grau	0,27	0,34	0,31	0,36	0,37	0,44	0,41	0,41	0,48	0,44	0,46	0,42	0,43	0,49	0,46	0,41

Quadro 29- Grau final das alternativas avaliadas pelo InFuzzy

Alternativa	Grau final	Grau final
	3 conj.	5 conj.
1	0,35	0,39
2	0,51	0,61
3	0,52	0,58
4	0,42	0,41

Considerando que a definição do local mais adequado deve ser realizada com base na comparação dos resultados das alternativas e para o projeto em questão, quando da análise dos resultados, a comparação entre a situação 1 (que envolve as alternativas 1 e 2) e a situação 2 (que envolve as alternativas 3 e 4). observa-se que entre a alternativa 1 e 2, o grau final mais próximo de 1 foi atribuído para a alternativa 2. Entre a alternativa 3 e 4, a alternativa 3 é a que apresenta grau final mais próximo de 1. Logo, as posições 581 e 909 são as localizações mais adequadas para receber uma nova UBS.

5.5.3.7 Aplicação da lógica fuzzy através do software FuzzyTECH

A arquitetura *fuzzy* proposta para o método foi também implementada no *software* FuzzyTECH 5.54, visando analisar os resultados do método em diferentes situações.

O FuzzyTECH é um *software* comercial, que necessita de licença para utilização, e que apresenta grande aplicabilidade em projetos de lógica *fuzzy*, dada a rapidez e facilidade de operação do mesmo.

Assim como no *software* InFuzzy, a arquitetura proposta precisa ser implementada em janela específica para que os dados possam ser computados e executados conforme o processo *fuzzy*.

Diferentemente do InFuzzy, o FuzzyTECH permite a implementação de camadas intermediárias e, a fim de realizar análises das duas maneiras, implementou-se as mesmas no *software* conforme pode ser observado nas figuras 46 e 47.

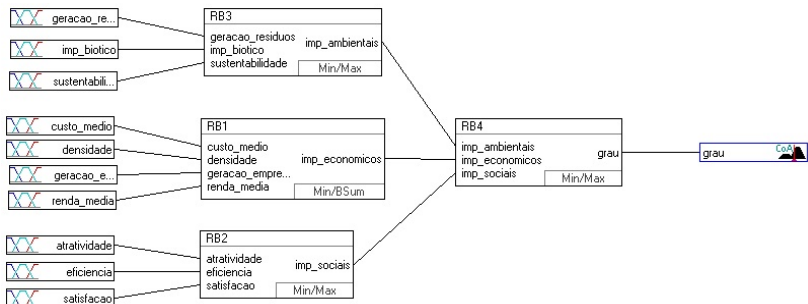


Figura 46: Arquitetura proposta implementada no FuzzyTECH (1 variável defuzificada)

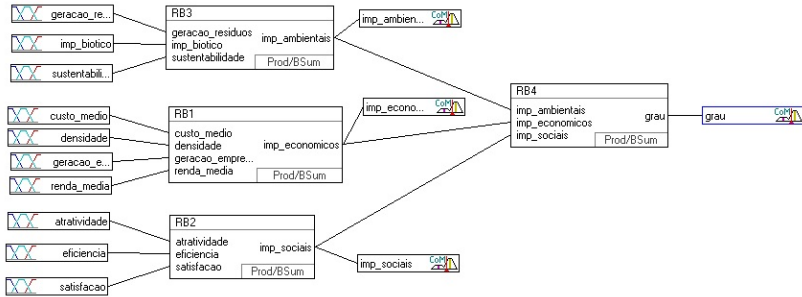


Figura 47: Arquitetura proposta implementada no FuzzyTECH (4 variáveis defuzificadas)

Com a implementação da arquitetura no FuzzyTECH os conjuntos *fuzzy* e a base de regras são gerados automaticamente, sendo que procedeu-se apenas alguns ajustes nos conjuntos e na base de regras, com alteração dos valores do fator de certeza gerados para que os mesmos fossem coincidentes com aqueles utilizados na aplicação do Excel.

Após implementar as regras foram definidos os operadores utilizados na inferência *fuzzy* e método de defuzificação, dentre aqueles disponíveis no *software*. Através do FuzzyTECH foram realizadas simulações com a mudança dos operadores, também foram avaliados dois métodos de defuzificação: centro dos máximos (CoM) e centro de gravidade (ou centro de área - CoA), sendo utilizados três conjuntos fuzzy para a variável de saída grau final.

A combinação especialista_i x usuário_j utilizada é a mesma utilizada no Excel, bem como os valores empregados em cada simulação.

Os resultados gerados pelas alternativas para as diferentes situações encontram-se apresentados no quadro 30.

Quadro 30- Grau final das alternativas avaliadas pelo FuzzyTECH

Alternativa	Grau final	Grau final	Grau final	Grau final
	4 defuz.	1 defuz.	1 defuz.	4 defuz.
	CoM	CoM	CoA	CoM
	Min/Max	Min/Max	Min/Max	Prod/Sum
1	0,35	0,35	0,35	0,34
2	0,8	0,8	0,75	0,86
3	0,69	0,69	0,68	0,65
4	0,51	0,51	0,5	0,47

Considerando que a definição do local mais adequado deve ser realizada com base na comparação dos resultados das alternativas e para o projeto em questão, quando da análise dos resultados, a comparação entre a situação 1 (que envolve as alternativas 1 e 2) e a situação 2 (que envolve as alternativas 3 e 4). observa-se que entre a alternativa 1 e 2, o grau final mais próximo de 1 foi atribuído para a alternativa 2. Entre a alternativa 3 e 4, a alternativa 3 é a que apresenta grau final mais próximo de 1. Logo, as posições 581 e 909 são as localizações mais adequadas para receber uma nova UBS.

5.5.4 Apresentação das propostas

Nesta etapa devem ser avaliados os resultados obtidos com a aplicação da lógica *fuzzy* e geradas as propostas para que os gestores possam definir qual a alternativa mais viável de ser implementada.

Com base nos dados fornecidos pela Prefeitura de Joinville foram analisadas as localizações das UBS existentes e observou-se que havia necessidade da implantação de novas unidades. Através dos modelos de localização p-mediana e máxima cobertura, implementados nos software CPLEX e ArcGIS, foram obtidas informações de possíveis pontos de localização destas unidades.

Como nem todas as localizações eram coincidentes, procedeu-se a avaliação de algumas alternativas de localização, que através da lógica fuzzy, implementada nos software Excel, InFuzzy e FuzzyTECH, geraram valores de um grau final para cada alternativa.

Considerando que as alternativas mais adequadas para implantação são aquelas que apresentam valores mais próximos de 1 (um), com base nos valores obtidos, apresentados de forma resumida no quadro 31, observa-se que as alternativas mais adequadas são a 2 e a 3.

Quadro 31- Grau final das alternativas avaliadas

Análise	Alt. 1	Alt. 2	Alt. 3	Alt. 4
Excel/1def./CoM/3conj/Min-Max	0,37	0,70	0,63	0,49
Excel/4def./CoM/3conj/Min-Max	0,34	0,71	0,56	0,46
Infuzzy/4def./CoA/5conj/Min-Max	0,39	0,61	0,58	0,41
Infuzzy/4def./CoA/3conj/Min-Max	0,35	0,51	0,52	0,42
FuzzyTech/4def./CoM/3conj/Min-Max	0,35	0,80	0,69	0,51
FuzzyTech/1def./CoM/3conj/Min-Max	0,35	0,80	0,69	0,51
FuzzyTech/1def./CoA/3conj/Min-Max	0,35	0,75	0,68	0,50
FuzzyTech/4def./CoM/3conj/Prod-Sum	0,34	0,86	0,65	0,47
Média aritmética	0,36	0,72	0,63	0,47

Na simulação da situação 1, considerando que na alternativa 1 observa-se que há um equilíbrio entre os aspectos ambientais e econômicos, ficando a decisão mais caracterizada pelos aspectos sociais e desta maneira a alternativa 2 torna-se a mais adequada.

Na simulação para a situação 2, a aplicação da lógica *fuzzy* mostrou que não é uma variável isolada que determina a localização mais adequada, pois em se tratando de renda, as unidades devem estar preferencialmente localizadas mais próximas da população de menor renda, aspecto considerado para a alternativa 4, mas que na avaliação conjunta com outras variáveis apresentou a alternativa 3 como a mais indicada.

Entre as alternativas selecionadas que apresentam as localizações mais adequadas (alternativas 2 e 3) observa-se que as variáveis coincidentes são: apresentar menor área de desmatamento, maior eficiência, maior satisfação e maior atratividade. As demais variáveis são diferentes para as duas alternativas selecionadas (quadro 17).

Comparando as alternativas observa-se também que as considerações referentes a densidade populacional também foram incorporadas, mas que as opções selecionadas não apresentam necessariamente a maior densidade. Talvez a questão da quantidade de pessoas nas diferentes regiões fosse mais representativa que a densidade, mas este aspecto também remete à análise da capacidade de atendimento das unidades, que não foi objeto de análise desta pesquisa.

Convém destacar que os quatro locais avaliados pela lógica *fuzzy* estavam em condições de receber novas unidades, não apresentando problemas, por exemplo, de instalação em áreas de preservação ambiental, que atendam a legislação vigente, etc.

Dadas as condições apresentadas para a pesquisa e as soluções obtidas pode-se dizer atendem ao objetivo proposto e portanto pode-se proceder a apresentação do relatório final. Caso não fossem satisfatórios dever-se-ia retornar para a atividade busca de novas localizações.

5.5.5 Apresentação do relatório final: proposta ótima

Para a apresentação do relatório final deve-se proceder uma análise dos resultados encontrados. Esta etapa corresponde à última etapa do método.

Propõe-se realizar, de forma resumida, uma apresentação do projeto, a delimitação da área de estudo, a descrição do método

utilizado, a explicação das análises realizadas para a situação presente e futura (e os respectivos horizontes de projeto) e por fim a descrição dos resultados obtidos. As diferentes etapas devem ser ilustradas com figuras geradas com o apoio do *software* ArcGIS, de modo a apresentar uma melhor compreensão dos fatos.

Neste estudo de caso estas etapas foram completamente detalhadas, pois constituíam parte da pesquisa e caracterizavam a demonstração da aplicação do método proposto. Desta forma, não serão repetidas aqui.

Convém destacar que para o projeto em análise as alternativas escolhidas são a 2 e a 3, cujos resultados contemplam os objetivos inicialmente apresentados de atender satisfatoriamente a demanda e otimizar o gasto de recursos públicos. É importante também destacar que a participação da população está incorporada ao processo de definição da alternativa e que os resultados, apresentados com o auxílio do SIG, permitem uma melhor visualização da situação.

5.6. ANÁLISE DE RESULTADOS DO MÉTODO

A apresentação da situação atual permite avaliar a necessidade de implantar novas unidades, sendo fundamental para esclarecer e demonstrar como se encontra caracterizado o atendimento da demanda pelos pontos de oferta.

A realocação de demanda, quando se utiliza a análise da capacidade dos pontos de oferta também é significativa, garantindo que com menores investimentos seja possível atender uma parcela mais significativa da demanda, por se manter a estrutura comum de muito equipamentos e ampliar apenas aqueles necessários ao atendimento da nova demanda. Também permite que muitos equipamentos ociosos possam ter outra destinação e gerar melhores resultados do que os atuais. Destaca-se que o fechamento de unidades é sempre uma questão complexa, pois não tem apoio por parte da população, a qual deve ser devidamente esclarecida sobre as decisões e serem mostrados os novos projetos para diminuir o desconforto, satisfazendo a demanda.

Os modelos de localização permitem definir locais apropriados para implantação de equipamentos urbanos comunitários atendendo os objetivos propostos, por isso a importância de caracterizar o equipamento a ser implantado (principalmente se atenderá emergência ou não) e posteriormente definir qual o melhor modelo a ser utilizado, dado que existe um modelo que melhor representa cada um dos

equipamentos. Para o caso de UBS os modelos p-mediana e máxima cobertura mostram-se eficientes e seus resultados apresentaram pouca diferença quando aplicados à mesma situação (máximo de 3% de diferença entre os resultados de um modelo para outro, com base no quadro 12, considerando 4 novas unidades, passando de 25% para 28%).

Após a definição de locais pelos modelos matemáticos é necessário verificar se os resultados atendem às características do projeto. Na prática, existem fatores que devem ser levados em conta, como por exemplo, antes de avaliar as diferentes localizações a serem computadas através da lógica *fuzzy*, verificar se essas localizações são viáveis. Por exemplo, se no local apontado pelo modelo de localização existe uma escola, é muito mais difícil relocar uma escola a utilizar um terreno baldio disponível nas proximidades.

Outras questões que devem ser consideradas quando da avaliação das localizações são os processos de desapropriação, as áreas de proteção ambiental, a acessibilidade aos locais (se por exemplo, são ruas que sofrem alagamentos), entre outros. Estes pontos devem ser observados antes da aplicação da lógica *fuzzy*, pois a proposta *fuzzy* é avaliar diferentes locais aptos a receber a nova unidade. Caso os locais definidos pelos modelos de localização não se enquadrem, outros locais viáveis podem sofrer o processo *fuzzy* de igual modo, com a vantagem de incorporar a participação popular no processo de decisão, uma vez que este quesito tem se tornado cada vez mais frequente nos projetos públicos.

É fundamental uma visita de campo para verificação das condições em que se encontram os locais resultantes dos modelos de localização e elaboração do diagnóstico destes a fim de os mesmo serem avaliados pela lógica *fuzzy*.

Apesar dos custos envolvidos na implantação de novas unidades estarem parcialmente envolvidos na lógica *fuzzy*, deve-se atentar para o fato de que os equipamentos urbanos comunitários devem priorizar a satisfação social com os recursos disponíveis. Desta forma, os locais possíveis de implantação devem estar dentro de estimativas orçamentárias cabíveis ao poder público. Por exemplo, não resolve a questão propor a implantação em um local onde a despesa com construção seja viável e se desenvolva um grande empreendimento, sem que haja uma previsão dos gastos com equipamentos e recursos humanos.

A subjetividade presente na avaliação das variáveis qualitativas incorporada através da lógica *fuzzy* tende a ser equilibrada com a atribuição dos valores das variáveis quantitativas e no conjunto, cada

especialista e usuário, contribui com os parâmetros que melhor podem avaliar a situação, sendo o processo *fuzzy* responsável por integrar esses valores. Não é um fator isolado que vai determinar o local mais adequado, mas o conjunto de variáveis avaliadas de forma integrada e com diferentes perspectivas de resultados.

Dentre as simulações realizadas com a lógica *fuzzy* observa-se que os resultados não se encontram tão distantes para as diferentes situações simuladas. Desta forma, considerando o tempo excessivo que o processo necessita para ser aplicado com o auxílio do *software* excel, além da grande chance de erros em função da grande quantidade de número analisados, propõe-se utilizar os *software* específicos como o InFuzzy (*software* livre) e o FuzzyTECH, cujos resultados podem ser visualizados através das ferramentas disponíveis no *software*.

A definição da base de regras e seus respectivos fatores de certeza deve ser verificada e ajustada quando da implementação da arquitetura *fuzzy* nos *software*, em especial no FuzzyTECH que já faz a definição automática da base de regras.

Caso haja necessidade de incorporar outras variáveis na arquitetura *fuzzy* é preciso construir os conjuntos adequadamente, em especial se forem variáveis quantitativas. As variáveis qualitativas podem utilizar o conjunto *fuzzy* desenvolvido por Cury (1999).

A variável custo do empreendimento poderá ser melhor estruturada considerando não apenas os custos do empreendimento, mas também os custos referentes aos equipamentos e recursos humanos necessários à implantação da nova unidade ou ainda um estudo de custo benefício desta variável e posteriormente adaptar o seu respectivo conjunto *fuzzy*.

A utilização de 4 conjuntos na defuzificação permite avaliar o grau de pertinência de cada uma das variáveis (impacto ambiental, econômico e social) que está sendo computado na definição do grau final. Quando se utiliza apenas um conjunto de defuzificação têm-se apenas um resultado final comparável. Para este projeto, como se quis determinar o grau final, a utilização de apenas um conjunto defuzificado é viável.

Considerando a aplicação do CPLEX e a proximidade dos resultados gerados com a aplicação do ArcGIS, sendo que a aplicação do CPLEX para a definição de novas localizações levou em média de 1 a 7 horas e o ArcGIS não mais que alguns minutos, além da facilidade de integração do *Network Analyst* ao ArcGIS e consequentemente a melhor e mais fácil visualização dos resultados, acredita-se que a

aplicação do deste *software* seja suficiente para gerar novas localizações através dos modelos de localização.

A aplicação do método se torna inviável se a base de dados de entrada não for condizente com a realidade, pois os resultados gerados podem "mascarar" situações e não representar a realidade dos fatos. Obter a base de dados não é tarefa fácil, até porque muitas prefeituras não dispõem de base de dados implementada em SIG. Um resultado mais satisfatório é encontrado quando os diferentes setores das prefeituras trabalham de forma integrada e buscam o mesmo objetivo final de modo a planejar as políticas e investimentos públicos, visando atender adequadamente a população e racionalizar os recursos.

Apesar do número de avaliadores do projeto, em especial o número de usuários ser pequeno (comparado com o número de usuários do serviço na área de estudo), o que pode levar a resultados distorcidos e/ou tendenciosos, estes dados não inviabilizam esta pesquisa, uma vez que o método se mostrou coerente ao objetivo pretendido, além do que a implementação das respostas dos usuários no *software* de lógica *fuzzy* (em especial do FuzzyTECH) permite a avaliação dessas de forma rápida e prática. Assim, a definição do número coerente de especialistas e usuários pode ser definido com base nas técnicas estatísticas para a definição do tamanho da amostra, caso necessário.

De modo geral, a obtenção do grau final para cada alternativa mostrou a aplicabilidade do uso da lógica *fuzzy* no processo de avaliação de alternativas de localização, assim como o método mostrou-se útil e propício para determinação de localização de equipamentos urbanos comunitários.

6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

6.1. CONCLUSÕES

O avanço da legislação brasileira e o desenvolvimento de Planos Diretores trouxeram benefícios para a sociedade uma vez que levaram em consideração a necessidade de provisão de equipamentos urbanos nas cidades.

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 decisão dos gestores pauta-se em experiências anteriores ou na utilização de espaços públicos já disponíveis, não atendendo assim adequadamente a demanda. Observa-se também uma carência de indicadores quanto a área de abrangência dos equipamentos urbanos.

Os EUC devem ser implantados através da consideração integrada de critérios técnicos, políticos e sociais. Apesar dos inúmeros 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, envolvendo desta forma poucos critérios de análise e avaliação espacial.

Modelos matemáticos, métodos heurísticos, utilização de Sistemas de Informação Geográfica e outras ferramentas disponíveis tem apresentado múltiplas aplicações no campo de localização de instalações públicas e podem representar vantagens quando aplicados de forma integrada na busca de soluções ótimas para o problema de localização de UBS, proporcionando uma gestão mais eficiente.

Os recursos disponíveis no SIG permitem tratar e avaliar a situação atual de atendimento das UBS, mostrando a necessidade de implantação de novas unidades. A extensão *Network Analyst* do ArcGIS mostrou-se eficiente na avaliação de UBS, em especial para a cidade 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.

Para o caso de estudo da cidade de Joinville, na Regional Costa e Silva, comprovou-se que existem UBS com localização ótima já implantadas (as unidades coincidentes) e outras que poderiam ser melhor localizadas, com uma maior cobertura de atendimento.

A consideração da renda e demanda tem papel importante na definição das novas localizações. Conforme observado na figura 15, nos setores cuja população apresenta maior índice de renda, existem poucas unidades implantadas. Acredita-se que parte desta população (demanda da área de maior renda, área central) utiliza o sistema privado de assistência à saúde e não necessariamente as UBS.

Com as análises espaciais geradas foram obtidos novos locais para implantação das UBS, levando em conta os parâmetros de modelagem como rede viária da cidade, demanda, oferta e distâncias de deslocamento da demanda à oferta. O estudo comprovou que é importante trabalhar com valores de distância da malha viária, dada sua importância nos modelos de localização.

A facilidade de alteração no número de novas unidades a serem instaladas na projeção futura (2020, 2028 e 2035), bem como a clara localização das UBS por meio do SIG permite a realização de várias simulações. 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 é válida e pode ser utilizada de maneira mais rápida e prática, com melhor visualização espacial dos resultados.

As características apresentadas pela lógica *fuzzy* permitem ao método proposto a possibilidade de superar as dificuldades no tratamento conjunto de variáveis quantitativas e qualitativas de forma integrada e considerar equipes multidisciplinares, bem como usuários no desenvolvimento da avaliação de locais adequados. A obtenção de um grau para cada alternativa, no qual aspectos sociais, ambientais e econômicos são analisados como um todo; visa facilitar aos tomadores de decisão a determinação da alternativa mais favorável.

A análise de duas situações, nas quais alternativas de localização eram consideradas, evidenciou que as alternativas 2 e 3 eram as mais apropriadas para implantação de novas unidades com base nas variáveis avaliadas.

O método proposto é uma ferramenta de decisão que pode auxiliar gestores e planejadores urbanos a definir o melhor local de implantação de novos equipamentos urbanos comunitários, bem como mostrar o atual nível de oferta e demanda entre o equipamento analisado. A lógica *fuzzy* é uma técnica que complementa os resultados obtidos através do SIG e do CPLEX, na medida que leva em

consideração outras variáveis para determinação da localização geográfica mais adequada.

Os diferentes *software* utilizados na aplicação do estudo de caso mostraram resultados satisfatórios, no entanto, considerando o custo de aquisição destes, acredita-se que o ArcGIS e o FuzzyTECH sejam suficientes para a aplicação do método.

Incorporar a participação de especialistas e população pode servir de referência em processos desta natureza e assim facilitar a aceitação da decisão tomada.

Com a aplicação do método espera-se obter também um serviço diferenciado para a questão da saúde pública no Brasil, uma vez que o método visa atender satisfatoriamente a população e de igual maneira tratar os escassos recursos públicos, empregando-os adequadamente e disponibilizando equipamentos em melhores locais e com justificativas embasadas para tal localização.

Acredita-se que a elaboração do método possa servir de subsídio para futuros estudos de planejamento, fornecendo opções de localização, onde estes podem concentrar suas discussões e eleger a opção ótima atendendo aos objetivos propostos.

6.2. RECOMENDAÇÕES PARA FUTUROS TRABALHOS

Com o objetivo de contribuir para o aprimoramento da pesquisa apresentada, recomenda-se que futuros trabalhos sejam desenvolvidos com base nos seguintes aspectos:

- desenvolvimento de outras arquiteturas *fuzzy*, com outras variáveis e análise de sensibilidade dos resultados obtidos;
- possibilidade de integração entre lógica *fuzzy* e redes neurais, permitindo entre outros aspectos, tratamento de maior número de dados;
- desenvolvimento e aplicação do processo *fuzzy* através do ArcGIS, a fim de facilitar e agilizar o método proposto, bem como diminuir os gastos com aquisição de *software* pela prefeituras;
- adequação e aplicação do método para EUC não desejáveis, ou mesmo equipamentos desejáveis que atendam emergências.

Por fim, sugere-se que sejam realizadas adequações que permitam a aplicação do método levando em consideração à capacidade de atendimento dos equipamentos urbanos comunitários, garantindo assim que a distribuição entre oferta e demanda possam ser cada vez mais otimizadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACIOLY, C. C.; DAVIDSON, F. **Densidade Urbana - um instrumento de planejamento e gestão urbana**. Editora Mauad, Rio de Janeiro, 1998.

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.

ARAKAKI, R. G. I. **Heurística de localização-alocação para problemas de localização de facilidades**. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Computação Aplicada. INPE, São José dos Campos, 2002. 79 f.

ARAKAKI, R. G. I.; LORENA, L. A. N. **Uma heurística de localização-alocação (HLA) para problemas de localização de facilidades**. Produção, v. 16, n. 2, São Paulo, 2006, p. 319-328.

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.

ARNS, J. F. **Gestão Territorial Participativa: Modelo de Gestão Territorial integrando um sistema de atores em processos de desenvolvimento Comunitário**. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003. 207f.

ACSELRAD, H.; LEROY, J. P. **Novas premissas da sustentabilidade democrática**. Cadernos de debate Brasil Sustentável e Democrático, n. 1. Rio de Janeiro: FASE, P. 11-47, 1999

ASSAD, E. D.; SANO, E. E. **Sistema de informações geográficas – aplicações na agricultura**. Embrapa-SPI/Embrapa-CPAC, 2 ed., Brasília, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9284**. Rio de Janeiro, 1986.

BAENINGER, R. **A nova configuração urbana no Brasil: desaceleração metropolitana e redistribuição da população**. XXI

Encontro Nacional de Estudos Populacionais,. Anais, Abep. Caxambu, MG, ,1998.

BALLOU, R. H. **Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos: Logística Empresarial**. 5. ed., Porto Alegre: Bookman, 2006.

BARAY, J; CLIQUET, G. **Optimizing locations through a maximum covering/p-median hierarchical model: Maternity hospitals in France**. Journal of Business Research 66, 2013, p. 127-132.

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.

BARTALINI, V. **Áreas verdes e espaços livres urbanos**. In: Paisagem Ambiente Ensaios, n. 1. São Paulo: FAU-USP, 1986. p.49-54.

BERGAMASCHI, R. B.; LORENA, R. B. **Mapeamento dos equipamentos comunitários de Região Metropolitana da Grande Vitória (RMGV)**. Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto-SBRS, Curitiba, PR, 2011, p. 4768-4775.

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/l6766.htm > Acesso em 23/10/11.

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/l10257.htm > Acesso em 23/10/11.

BRASIL. **Portaria n. 1101/GM**, de 12 de junho de 2002. Ministério da Saúde. Brasília, 2002. Disponível em <<http://dtr2001.saude.gov.br/sas/PORTARIAS/Port2002/Gm/GM-1101.htm>> Acesso em 23/10/11.

BRASIL. **Portaria n. 2226/GM**, de 18 de setembro de 2009. Ministério da Saúde. Brasília, 2009. Disponível em <
http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2009/prt2226_18_09_2009.html> Acesso em 30/10/11.

BRASIL. **Portaria n. 2488/GM**, de 21 de outubro de 2011. Ministério da Saúde. Brasília, 2011. Disponível em <
<http://brasilsus.com.br/legislacoes/gm/110154-2488.html>> Acesso em 15/10/12.

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.

BROT CORNE, L.; LAPORTE, G.; SEMET, F. **Ambulance location and relocation models**. European Journal of Operational Research 147, 2003, p. 451-463.

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.

CAMPOS FILHO, C. M. **Cidades brasileiras: seu controle ou o caos**. 4 ed. São Paulo: Studio Nobel, 2001.

CAMPOS FILHO, P. **Método de apoio à decisão na verificação da sustentabilidade de uma unidade de conservação, usando Lógica Fuzzy**. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004. 210 f.

CARDOSO, A. S. C. S. **Análise da gestão pública na produção de equipamentos urbanos: estudo de caso da secretaria executiva de obras públicas**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Pará, Belém, 2006. 174f.

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. 211f.

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.

CHUNG, K.; TCHA, D. **A Fuzzy set-theoretic method for public facility location**. European Journal of Operational Research 58, 1992. p. 90-98.

CORRÊA, F. A.; LORENA, L. A. N.; RIBEIRO, G. M. A. **A decomposition approach for the probabilistic maximal covering location-allocation problem**. Computers & Operations Research 36, 2009. p. 2729-2739.

COSENZA, C. A. N.; ATALLA, D. L.; BARROS, C. F. **Um sistema de sítios nucleares baseado no modelo EPRI Siting Guide usando Lógica Fuzzy: um exercício exploratório**. COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: <
http://www.labrisk.uff.br/images/stories/Artigos_para_download/Lgica_Fuzzy_Seleo_de_Stios_Nucleares.pdf > Acesso em: 22/08/2012.

COUTO, S. A. F. **Manual teórico e prático do parcelamento urbano**. Rio de Janeiro: Forense, 1981.

CURY, M. V. Q. **Modelo Heurístico Neuro-Fuzzy para Avaliação Humanística de Projetos de Transporte Urbano**. Tese de doutorado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1999. 193f.

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.

ENGENCORPS - Corpo de engenheiros consultores Ltda. **Plano Municipal de Saneamento Básico de Joinville - SC**. Diagnóstico do meio físico, biótico, econômico e social. 2010.

ERKUT, E.; NEUMANN, S. **Analytical models for locating undesirable facilities**. European Journal of Operations Research, 40, 1989, p. 275-291.

FALCÃO, D. M. **Técnicas inteligentes aplicadas a sistemas de potência: conjuntos, lógica e sistemas fuzzy**. COPPE/UFRJ, Rio de

Janeiro, 2002. Disponível em: <
<http://www.nacad.ufrj.br/~falcao/coe765/Fuzzy2002.pdf> > Acesso em:
22/08/2012.

FARAHANI, R. Z.; STEADIESEIFI, M.; ASGARI, N. **Multiple criteria facility location problems: a survey**. Applied Mathematical Modelling, 34, 2010, p. 1689-1709.

FERNANDES, E. **Método de elaboração de mapa interativo de sugestão de uso do espaço com apoio da lógica difusa**. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009. 139f.

FERRARI, C. **Curso de planejamento municipal integrado**. São Paulo, Pioneira Editora, 1977.

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.

GONÇALVES, M. F. **O Novo Brasil Urbano: impasses, dilemas, perspectivas**. Editora Mercado Aberto, Porto Alegre, 1995.

GOUDARD, B. **Avaliação ambiental de alternativas de projetos de transporte rodoviário com o uso da lógica fuzzy**. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes, Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, 2001, 179f.

GUEDES, J. B. **Metodologia de Análise Visual de Equipamentos no Meio Urbano**. 4º Congresso Internacional em Design, Rio de Janeiro, 2007. Disponível em <
<http://dc429.4shared.com/doc/s7aSfIgC/preview.html>. acesso em
28/06/2012.

GU, W; WANG, X.; GENG, L. **GIS-FL Solution: A Spatial Analysis Platform for Static and Transportation Facility Location Allocation Problem**. Foundations of Intelligent Systems. 18th International Symposium Methodologies for Intelligent Systems - ISMIS, Proceedings, Praga, República Tcheca, 2009, p. 453-462.

HOLANDA, F. R. B. **O espaço de exceção**. Editora da Universidade de Brasília, Brasília, 2002.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA.

Censo 2010. Rio de Janeiro, 2012 disponível em <<http://www.ibge.gov.br>> acesso em 25/07/2012.

IPEA/IBGE/UNICAMP. **Caracterização e tendências da rede urbana do Brasil: Configuração atual e tendências da rede urbana**. Brasília, 2002.

IPPUJ - Fundação Instituto de Pesquisa e Planejamento para o Desenvolvimento Sustentável de Joinville (Org.). **Joinville: Cidade Em Dados 2010/2011**. 2011.

IPPUJ - Fundação Instituto de Pesquisa e Planejamento para o Desenvolvimento Sustentável de Joinville (Org.). **Joinville: Cidade Em Dados 2014**. 2014.

JANÉ, D. A. **Uma introdução ao estudo da lógica fuzzy**. Hórus - Revista de Humanidades e Ciências Sociais Aplicadas, Ourinhos/SP, n. 02, 2004.

JIA, H.; ORDÓNEZ, F.; DESSOUKY, M. M. **Solution approaches for facility location of medical supplies for large-scale emergencies**. Computers & Industrial Engineering, 52, 2007a, p. 257-276.

_____. **A modeling framework for facility location of medical services for large-scale emergencies**. IIE Transactions, 39, 2007b, p. 41-55.

KAUFMANN, A. e GUPTA, M. M. **Fuzzy Mathematical Models in Engineering and Management Science**. Elsevier Science Publishers, Estados Unidos, 1988.

KHADIVI, M. R.; GHOMI, S. M. T. F. **Solid waste facilities location using of analytical network process and data envelopment analysis approaches**. Waste Management, 32, 2012, p. 1258-1265.

LANZILLOTTI, R. S.; SÁ, N. O.; FONSECA, N. L.; ANJOS, N. C. S.; MARTINS, N. P. S.; MACHADO, R. L. **A lógica fuzzy na viabilização de novos serviços para os usuários: uma alternativa metodológica**. Seminário Nacional de Bibliotecas Universitárias, Anais, Fortaleza, 1998.

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.

LYNCH, K. **A imagem da cidade.** São Paulo: Martins Fontes, 3ed. 2011.

LOBODA, C. R.; DE ANGELIS, B.L.D. **Áreas verdes públicas urbanas: conceitos, usos e funções.** Revista Ambiência do Centro de Ciências Agrárias e Ambientais. v.1, n.1. Guarapuava/PR, 2005. p. 125-139.

LOPES, Y. G.; ALMEIDA, A.T. **Enfoque multicritério para a localização de instalações de serviço: aplicação do método SMARTER.** Revista eletrônica Sistemas & Gestão, Vol. 3, nº 2, 2008, p. 114-128.

LOPES, Y. G.; FIGUEIREDO, F. A. **Modelo de decisão multicritério para localização de unidades de serviço e varejo baseados no método Promethee II.** XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Rio de Janeiro, 2008.

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.

MAKOWIECKY, S. **A representação da cidade de Florianópolis na visão dos artistas plásticos.** Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação Interdisciplinar em Ciências Humanas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2003. 543 f.

MAMMARELLA, R. **Apontamentos sobre a qualidade da urbanização: a região sul do país.** Revista paranaense de desenvolvimento, Curitiba, nº 100, 2001, p. 59-70.

MAPA, S. M. S.; LIMA, R. S. **Sistemas de Informação Geográfica (SIG) como ferramenta suporte a estudos de localização e roteirização.** XII Simpósio de Engenharia de Produção, Bauru-SP, 2005.

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.

MENDES, L. **O lazer e o recreio no parque das nações: o consumo, o lúdico e o estético na produção da cidade pós-moderna.** Inforgeo, 16/17, Edições Colibri, Lisboa, 2001, p. 81-108

MENEZES, R.; DIALLO, M.; PIZZOLATO, N. D. **Escolas públicas em Guaratiba, Rio de Janeiro: Aplicação de modelo p-mediana capacitado e de máxima cobertura.** XLIII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Ubatuba/SP, 2011.

MORAES, A. F. **Análise dos processos de definição utilizados pelas prefeituras para o local de implantação de equipamentos urbanos comunitários em municípios do estado de Santa Catarina.** Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013. 156 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.

MOREIRA, A. M. M. **Gerenciamento de resíduos de serviços de saúde: um desafio para unidades básicas de saúde.** Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012. 191 f.

MUNFORD, L. **A cidade na história: suas origens, transformações e perspectivas.** São Paulo: Martins Fontes, 1991.

MURAD, A. A. **Benchmarking the location of health centers at Jeddah city: a GIS approach.** Benchmarking: An International Journal, Vol 19, Nº 1, 2012, p. 93-108.

NDIAYE, M.; ALFARES, H. **Modeling health care facility location for moving population groups.** Computers & Operations Research, 35, 2008, p. 2154-2161.

OLIVEIRA, L. A.; MASCARÓ, J. J. **Análise da qualidade de vida urbana sob a ótica dos espaços públicos de lazer.** Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 7, n. 2, p. 59-69, abr./jun. 2007. Disponível

em: <http://seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/view/3737/2090>.
acesso em 14/04/2012.

ONU/HABITAT. **Estado de Las ciudades de América Latina y el Caribe 2012: Rumbo a una nueva transición urbana**. 2012.

Disponível em: <

http://www.onuhabitat.org/index.php?option=com_docman&task=doc_view&gid=816&tmpl=component&format=raw&Itemid=18> Acesso em: 29/30/2012.

PAULA, E. M. S.; SOUZA, M. J. N. **Lógica Fuzzy como técnica de apoio ao zoneamento ambiental**. XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, INPE, Florianópolis, 2007, p. 2979-2987.

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.

POSSELT, E. L.; FROZZA, R.; MOLZ, R. F. **Software Infuzzy 2011**, Programa de Mestrado em Sistemas e Processos Industriais - PPGSPI, UNISC, 2011. Disponível em <http://www.unisc.br/ppgspl>

PUPPI, I. C. **Estruturação sanitária das cidades**. Curitiba : Editora da Universidade Federal do Paraná, 1981.

QUINTERO, A.; KONARÉ, D.; PIERRE, S. **Prototyping an intelligent decision support system for improving urban infrastructures management**. European Journal of Operational Research, 162, 2005, p. 654-672.

RAMIREZ, M. L. **Donde localizar hospitales públicos. Las nuevas tecnologías - SIG - como herramientas de apoyo a la planificación territorial. Un caso de estudio aplicado a la Provincia del Chaco - Argentina**. Serie Geográfica, nº 10, 2002, p. 121-130.

ROCHA, J.; SOUSA, P. M.; TENEDÓRIO, J. A. **Geosimulação e análise espacial: redes neurais e autómatos celulares na previsão de alterações nos padrões de uso e ocupação do solo**. Inforgeo, 16/17, Lisboa, Edições Colibri, 2002, p. 123-137.

RODRIGUES, J. C.; SIMÃO, A.; ANTUNES, C. H. **A GIS-based multicriteria spatial decision support system for planning urban infrastructures**. Decision Support Systems, 51, 2011, p. 720-726.

RODRIGUES, J. C.; TRALHÃO, L.; ALMEIDA, L. A. **A bi-objective modeling approach applied to an urban semi-desirable facility location problem.** European Journal of Operational Research, 223, 2012 (a), p. 203-213.

_____. **Solvin a location-routing problem with a multiobjective approach: the design of urban evacuation plans.** Journal of Transport Geography, 22, 2012 (b), p. 206-218.

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.

ROLNIK, R. **O que é cidade.** 2ª Ed. São Paulo: Ed. Brasiliense, 1988

ROMANINI, A.; GELPI, A. **A Gestão dos Equipamentos Comunitários na Cidade de Passo Fundo/RS.** NUTAU, 2008.

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.

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.

SANTOS, A. A. **Configuração espacial da rede de atenção à saúde em cidades médias do Brasil e a efetivação da universalidade do acesso à saúde. Estudo de caso de Joinville - 1988 a 2004.** Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade de Brasília, Brasília, 2007. 110f.

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.

SANTOS, C. M.; SILVA, A. L. M.; SILVA, A. N. R.; PANICO, S. R. G. **Avaliando a localização dos postos de saúde em uma cidade**

média brasileira com auxílio de um SIG-T. Revista Engenharia Civil da Universidade do Minho, Portugal, nº 7, 2000, p. 47-58.

SANTOS, L. D. & MARTINS, I. A **Qualidade de Vida Urbana – O Caso da Cidade do Porto.** Investigação – Trabalhos em Curso – n.º 116, maio de 2002.

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.

SHAW, I. S.; SIMÕES, M. G. **Controle e Modelagem Fuzzy.** FAPESP, Editora Edgard Blücher Ltda, 1 ed., São Paulo, 1999.

SILVA, J. A. **Ordenação Constitucional da Cultura.** Malheiros Editores, São Paulo, 2001

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,

SINUANY-STERN, Z.; MEHREZ, A.; TAL, A.G.; SHEMUEL, B. **The location of a hospital in a rural region: the case of the Negev.** Location Science, Vol. 3. Nº. 4, 1995, p. 255-266.

SOUZA, J. C. **Logística humanitária - distribuição espacial de centrais de atendimento de emergência para populações atingidas por desastres naturais.** XXV ANPET - Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes - Belo Horizonte/MG, 2011, p. 274-285.

TEIXEIRA, J. C.; ANTUNES, A. P. **A hierarchical location model for public facility planning.** European Journal of Operational Research 185, 2008, p. 92–104.

TORRES, M. G. C. **El equipamiento urbano de la educación superior en la ZMCM.** Revista Gestión y Estrategia. 2000. Disponível em: <<http://www.azc.uam.mx-publicaciones-gestion-mm2>>. Acesso em: 25/04/2012.

UNGLERT, C. V. S. **O enfoque da acessibilidade no planejamento da localização e dimensão de serviços de saúde.** Revista Saúde Pública, São Paulo, Vol. 24, nº 6, 1990, p. 445-452.

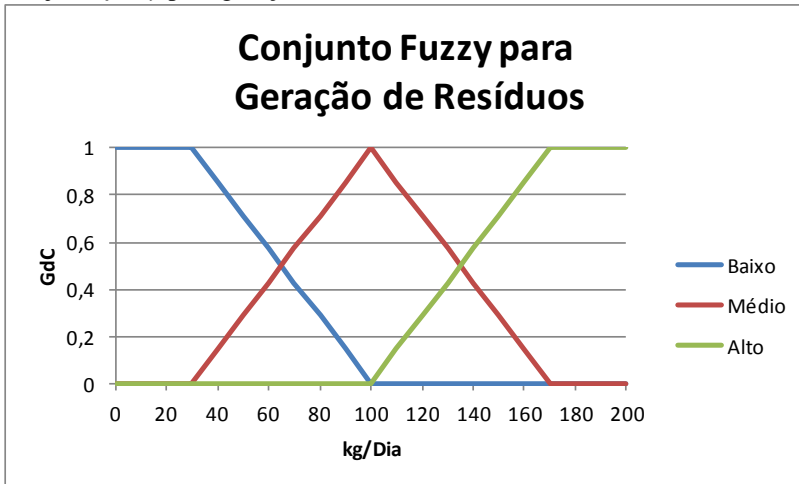
VEIGA, J. E. **A Ilusão do Brasil Urbano**. In: Revista Urbana. Instituto Light (RJ), 2002, p. 36-39

VILLAÇA, F. **A crise do planejamento urbano**. São Paulo em Perspectiva. São Paulo, Fundação Seade, v.9, n.2, 1995, p.45-51.

YEH, A. G.; CHOW, M. H. **An integrated GIS and location-allocation approach to public facilities planning - an example of open space planning**. Comput., Environ. and Urban Systems, vol. 20, nº 4/5, 1996, p. 339-350.

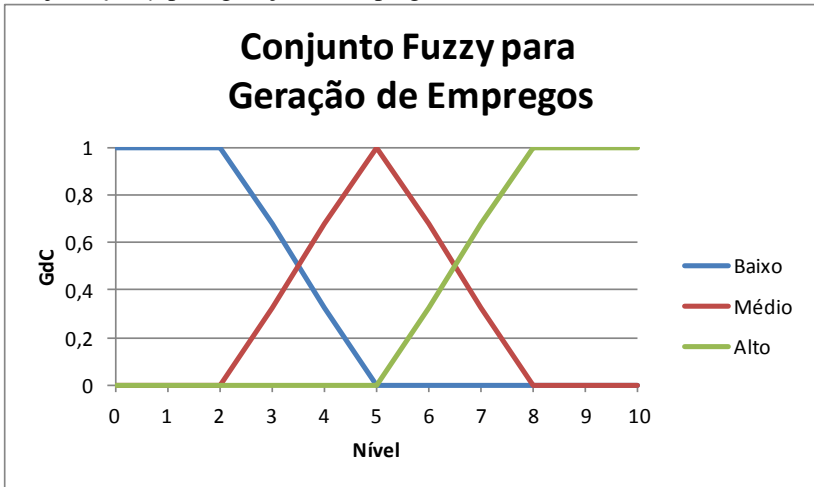
APÊNDICE A - Conjuntos *Fuzzy* das variáveis apresentadas na arquitetura do modelo proposto

Conjunto *fuzzy* para geração de resíduos



Conjunto *fuzzy* para custo do empreendimento



Conjunto *fuzzy* para geração de empregosConjunto *fuzzy* para densidade populacional

APÊNDICE B - Questionário sugerido para avaliação de alternativas de localização para implantação de novas UBS a ser apresentado para os usuários, portanto para obter valores para as variáveis qualitativas

1. Impacto biótico

Considerando que a implantação de uma nova unidade básica de saúde neste local irá gerar impactos no ciclo de vida dos animais da região, seus hábitos e costumes, assim como a flora também podem sofrer alteração, principalmente quanto ao desmatamento, que grau você atribui para a alternativa apresentada, numa escala de zero a dez, com relação a interferência deste impacto se a nova unidade fosse implantada neste local?

2. Sustentabilidade

Considerando que existem novas técnicas de construção e que no contexto de implantação de empreendimentos e com base nas alternativas apresentadas, observando isso para um momento presente e pensando no bem das futuras gerações, que grau você atribui para a alternativa apresentada, numa escala de zero a dez, com relação a sustentabilidade se a nova unidade fosse implantada neste local?

3. Atratividade

Considerando que existem diferentes locais para implantação de novas unidades e que cada local apresenta um atrativo diferente, que grau você atribui para a alternativa apresentada, numa escala de zero a dez, com relação quão atrativo o local se apresenta para você

4. Eficiência

Considerando que os recursos investidos pelo poder público devem ser corretamente aplicados em favor do atendimento da população e que a oferta dos serviços de saúde nas unidades básicas é muito importante para garantir a prevenção de doenças, que grau de expectativa você atribui para a alternativa apresentada, numa escala de zero a dez.

5. Satisfação

Considerando que a implantação de uma nova UBS tende a diminuir o tempo de espera para atendimento e que cada local apresenta vantagens e desvantagens, do seu ponto de vista qual o seu grau de satisfação, numa escala de zero a dez, se a nova for implantada neste local?

APÊNDICE C - Blocos de inferência para a arquitetura do modelo fuzzy proposto

1. Base de regras e fatores de certeza para o bloco de inferência 1

Regra	SE			ENTÃO	Fator de Certeza (FC)
	Geração Resíduos	Impacto biótico	Sustentabilidade	Grau Ambiental	
1	Baixa	Baixa	Baixa	Médio	0,8
2	Baixa	Baixa	Média	Alto	0,7
3	Baixa	Baixa	Alta	Alto	1,0
4	Baixa	Média	Baixa	Médio	0,7
5	Baixa	Média	Média	Médio	0,9
6	Baixa	Média	Alta	Médio	0,8
7	Baixa	Alta	Baixa	Baixo	0,9
8	Baixa	Alta	Média	Baixo	0,7
9	Baixa	Alta	Alta	Médio	0,7
10	Média	Baixa	Baixa	Baixo	0,8
11	Média	Baixa	Média	Médio	0,8
12	Média	Baixa	Alta	Alto	0,8
13	Média	Média	Baixa	Baixo	0,7
14	Média	Média	Média	Médio	1,0
15	Média	Média	Alta	Alto	0,7
16	Média	Alta	Baixa	Baixo	0,8
17	Média	Alta	Média	Baixo	0,9
18	Média	Alta	Alta	Médio	0,8
19	Alta	Baixa	Baixa	Baixo	0,9
20	Alta	Baixa	Média	Baixo	0,7
21	Alta	Baixa	Alta	Médio	0,9
22	Alta	Média	Baixa	Baixo	0,7
23	Alta	Média	Média	Médio	0,7
24	Alta	Média	Alta	Alto	0,7
25	Alta	Alta	Baixa	Baixo	1,0
26	Alta	Alta	Média	Baixo	0,9
27	Alta	Alta	Alta	Médio	0,8

2. Base de regras e fatores de certeza para o bloco de inferência 2

Regra	SE				ENTÃO	Fator de Certeza (FC)
	Custo	Geração Empregos	Renda Média	Densidade Populacional	Grau Econômico	
1	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa	Médio	0,7
2	Baixa	Baixa	Baixa	Média	Médio	0,8
3	Baixa	Baixa	Baixa	Alta	Alto	0,7
4	Baixa	Baixa	Média	Baixa	Baixo	0,6
5	Baixa	Baixa	Média	Média	Médio	0,5
6	Baixa	Baixa	Média	Alta	Médio	0,7
7	Baixa	Baixa	Alta	Baixa	Baixo	0,7
8	Baixa	Baixa	Alta	Média	Médio	0,6
9	Baixa	Baixa	Alta	Alta	Médio	0,5
10	Baixa	Média	Baixa	Baixa	Alto	0,5
11	Baixa	Média	Baixa	Média	Alto	0,6
12	Baixa	Média	Baixa	Alta	Alto	0,9
13	Baixa	Média	Média	Baixa	Baixo	0,6
14	Baixa	Média	Média	Média	Médio	0,9
15	Baixa	Média	Média	Alta	Alto	0,7
16	Baixa	Média	Alta	Baixa	Baixo	0,8
17	Baixa	Média	Alta	Média	Baixo	0,6
18	Baixa	Média	Alta	Alta	Médio	0,5
19	Baixa	Alta	Baixa	Baixa	Alto	0,6
20	Baixa	Alta	Baixa	Média	Alto	0,8
21	Baixa	Alta	Baixa	Alta	Alto	1,0
22	Baixa	Alta	Média	Baixa	Médio	0,7
23	Baixa	Alta	Média	Média	Alto	0,6
24	Baixa	Alta	Média	Alta	Alto	0,8
25	Baixa	Alta	Alta	Baixa	Médio	0,5
26	Baixa	Alta	Alta	Média	Médio	0,7
27	Baixa	Alta	Alta	Alta	Alto	0,5
28	Média	Baixa	Baixa	Baixa	Baixo	0,7
29	Média	Baixa	Baixa	Média	Baixo	0,8
30	Média	Baixa	Baixa	Alta	Médio	0,8
31	Média	Baixa	Média	Baixa	Baixo	0,8
32	Média	Baixa	Média	Média	Médio	0,7
33	Média	Baixa	Média	Alta	Médio	0,8
34	Média	Baixa	Alta	Baixa	Baixo	0,7
35	Média	Baixa	Alta	Média	Baixo	0,8
36	Média	Baixa	Alta	Alta	Baixo	0,5
37	Média	Média	Baixa	Baixa	Baixo	0,6
38	Média	Média	Baixa	Média	Médio	0,8
39	Média	Média	Baixa	Alta	Médio	0,9
40	Média	Média	Média	Baixa	Baixo	0,7

2. Base de regras e fatores de certeza para o bloco de inferência 2 -
continuação

Regra	SE				ENTÃO	Fator de Certeza (FC)
	Custo	Geração Empregos	Renda Média	Densidade Populacional	Grau Econômico	
41	Média	Média	Média	Média	Médio	1,0
42	Média	Média	Média	Alta	Médio	0,8
43	Média	Média	Alta	Baixa	Baixo	0,8
44	Média	Média	Alta	Média	Médio	0,5
45	Média	Média	Alta	Alta	Medio	0,8
46	Média	Alta	Baixa	Baixa	Médio	0,7
47	Média	Alta	Baixa	Média	Alto	0,5
48	Média	Alta	Baixa	Alta	Alto	0,8
49	Média	Alta	Média	Baixa	Baixo	0,8
50	Média	Alta	Média	Média	Médio	0,8
51	Média	Alta	Média	Alta	Alto	0,7
52	Média	Alta	Alta	Baixa	Baixo	0,5
53	Média	Alta	Alta	Média	Médio	0,6
54	Média	Alta	Alta	Alta	Alto	0,6
55	Alta	Baixa	Baixa	Baixa	Baixo	0,8
56	Alta	Baixa	Baixa	Média	Baixo	0,6
57	Alta	Baixa	Baixa	Alta	Médio	0,7
58	Alta	Baixa	Média	Baixa	Baixo	0,9
59	Alta	Baixa	Média	Média	Baixo	0,5
60	Alta	Baixa	Média	Alta	Médio	0,8
61	Alta	Baixa	Alta	Baixa	Baixo	1,0
62	Alta	Baixa	Alta	Média	Baixo	0,8
63	Alta	Baixa	Alta	Alta	Baixo	0,6
64	Alta	Média	Baixa	Baixa	Baixo	0,8
65	Alta	Média	Baixa	Média	Médio	0,8
66	Alta	Média	Baixa	Alta	Baixo	0,9
67	Alta	Média	Média	Baixa	Baixo	0,7
68	Alta	Média	Média	Média	Médio	0,7
69	Alta	Média	Média	Alta	Médio	0,9
70	Alta	Média	Alta	Baixa	Baixo	0,8
71	Alta	Média	Alta	Média	Médio	0,6
72	Alta	Média	Alta	Alta	Médio	0,7
73	Alta	Alta	Baixa	Baixa	Baixo	0,6
74	Alta	Alta	Baixa	Média	Médio	0,6
75	Alta	Alta	Baixa	Alta	Alto	0,7
76	Alta	Alta	Média	Baixa	Baixo	0,8
77	Alta	Alta	Média	Média	Médio	0,8
78	Alta	Alta	Média	Alta	Médio	0,5
79	Alta	Alta	Alta	Baixa	Baixo	0,8
80	Alta	Alta	Alta	Média	Baixo	0,6
81	Alta	Alta	Alta	Alta	Médio	0,8

3. Base de regras e fatores de certeza para o bloco de inferência 4

Regra	SE			ENTÃO	Fator de Certeza (FC)
	Grau Ambiental	Grau Econômico	Grau Social	Grau Alternativa	
1	Baixa	Baixa	Baixa	Baixo	1,0
2	Baixa	Baixa	Média	Baixo	0,9
3	Baixa	Baixa	Alta	Baixo	0,8
4	Baixa	Média	Baixa	Baixo	0,7
5	Baixa	Média	Média	Médio	0,8
6	Baixa	Média	Alta	Médio	0,8
7	Baixa	Alta	Baixa	Médio	0,7
8	Baixa	Alta	Média	Baixo	0,7
9	Baixa	Alta	Alta	Alto	0,8
10	Média	Baixa	Baixa	Baixo	0,8
11	Média	Baixa	Média	Baixo	0,7
12	Média	Baixa	Alta	Médio	0,7
13	Média	Média	Baixa	Médio	0,8
14	Média	Média	Média	Médio	1,0
15	Média	Média	Alta	Alto	0,8
16	Média	Alta	Baixa	Médio	0,8
17	Média	Alta	Média	Médio	0,9
18	Média	Alta	Alta	Alto	0,8
19	Alta	Baixa	Baixa	Baixo	0,7
20	Alta	Baixa	Média	Médio	0,8
21	Alta	Baixa	Alta	Médio	0,8
22	Alta	Média	Baixa	Baixo	0,7
23	Alta	Média	Média	Médio	0,9
24	Alta	Média	Alta	Alto	0,8
25	Alta	Alta	Baixa	Médio	0,7
26	Alta	Alta	Média	Alto	0,9
27	Alta	Alta	Alta	Alto	1,0