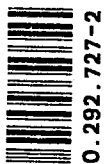


UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

**LOCALIZAÇÃO DE UNIDADES DE EDUCAÇÃO INFANTIL:
UMA APLICAÇÃO PARA CRECHES MUNICIPAIS DE FLORIANÓPOLIS**

DÉBORA DA SILVA LOBO

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA À
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PARA A OBTENÇÃO DO TÍTULO DE
MESTRE EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO



0.292.727-2



UFSC-BU

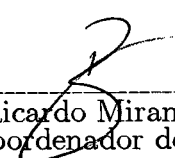
FLORIANÓPOLIS

1998

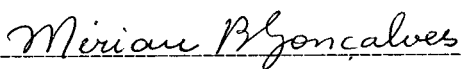
**LOCALIZAÇÃO DE UNIDADES DE EDUCAÇÃO INFANTIL:
UMA APLICAÇÃO PARA CRECHES MUNICIPAIS DE FLORIANÓPOLIS**

DÉBORA DA SILVA LOBO

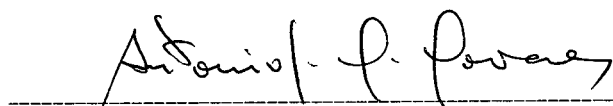
Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação.


Prof. Ricardo Miranda Barcia, PhD.
Coordenador do Programa

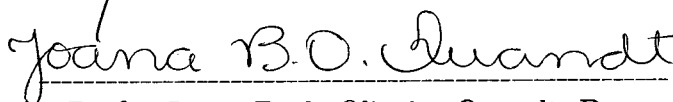
Banca Examinadora:



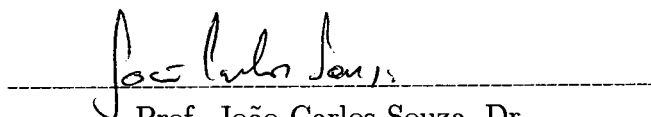
Prof. Mirian Buss Gonçalves, Dra.
Orientadora



Prof. Antônio Galvão N. Novaes, Dr.



Prof. Joana B. de Oliveira Quandt, Dra.



Prof. João Carlos Souza, Dr.

Florianópolis, 22 de junho de 1998.

*Aos que partiram,
meu pai e meus avós.*

AGRADECIMENTOS

À professora Mirian Buss Gonçalves pela orientação segura e dedicada e, principalmente, por ter acreditado em mim.

Ao professor João Carlos Souza pela disponibilidade e generosidade.

À professora Joana Benedita Quandt pelas sugestões enriquecedoras apresentadas.

Ao professor Antônio Galvão Novaes pela contribuição dada para a melhoria deste trabalho.

À CAPES que tornou este trabalho menos árduo ao fornecer um financiamento.

Aos professores e colegas do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção que muito enriqueceram meus conhecimentos. Em particular, à Elizabeth Karas que nos momentos difíceis e delicados muito me ajudou.

Aos amigos que de alguma forma estão presentes incentivando e torcendo.

Ao Pericles pelo incentivo, companhia, ajuda e, principalmente, pelo amor.

À minha família, meu alicerce e meu abrigo, pelo apoio e amor incondicionais.

À minha avó por não ter deixado de me proteger.

Ao meu pai, que ao lutar pela vida ao máximo, deixou um exemplo de força, de coragem e de esperança.

À Deus.

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| LISTA DE TABELAS | vii |
| LISTA DE FIGURAS..... | viii |
| RESUMO | ix |
| ABSTRACT..... | x |
| 1 INTRODUÇÃO | 1 |
| 1.1 Objetivos | 1 |
| 1.2 Motivação | 1 |
| 1.3 Histórico | 2 |
| 1.4 Importância | 3 |
| 1.5 Apresentação | 5 |
| 2 APRESENTAÇÃO DO SISTEMA EM FLORIANÓPOLIS | 7 |
| 2.1 Introdução | 7 |
| 2.2 Um pouco de Florianópolis | 7 |
| 2.2.1 Distrito de Florianópolis - Sede | 8 |
| 2.2.2 Distrito de Cachoeira de Bom Jesus | 9 |
| 2.2.3 Distrito de Canasvieiras | 9 |
| 2.2.4 Distrito de Ingleses do Rio Vermelho | 10 |
| 2.2.5 Distrito da Lagoa da Conceição | 11 |
| 2.2.6 Distrito de Pântano do Sul | 11 |
| 2.2.7 Distrito de Ratoles | 12 |
| 2.2.8 Distrito de Ribeirão da Ilha | 13 |
| 2.2.9 Distrito de Santo Antônio de Lisboa | 13 |
| 2.2.10 Distrito de São João do Rio Vermelho | 14 |
| 2.3 O sistema | 16 |
| 2.3.1 Apresentação | 16 |
| 2.3.2 Algumas Considerações | 17 |
| 3 PROBLEMAS DE LOCALIZAÇÃO | 22 |
| 3.1 Introdução | 22 |
| 3.2 Histórico | 22 |
| 3.3 Problemas de Mediana | 24 |
| 3.3.1 Formulação Matemática | 24 |
| 3.3.2 Alguns Trabalhos | 25 |
| 3.4 Problemas de Centro | 27 |
| 3.4.1 Formulação Matemática | 27 |
| 3.4.2 Alguns Trabalhos | 31 |
| 3.5 Problemas de Requisito ou de Exigência | 31 |
| 3.5.1 Formulação Matemática | 32 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 3.6 | Metodologia usada no trabalho: Problema de Cobertura de Conjuntos | 33 |
| 4 | APLICAÇÃO E RESULTADOS | 39 |
| 4.1 | Introdução | 39 |
| 4.2 | Obtenção dos dados | 39 |
| 4.3 | Resultados | 43 |
| 4.4 | Proposta para implementação | 59 |
| 4.4.1 | Índice de Necessidade | 59 |
| 4.4.2 | Indicação | 62 |
| 4.4.3 | Dimensionamento | 62 |
| 4.4.4 | Refinamento do resultado | 63 |
| 4.4.5 | Resultado final | 64 |
| 5 | RECOMENDAÇÕES E CONCLUSÃO | 67 |
| 5.1 | Recomendações | 67 |
| 5.2 | Conclusão | 68 |
| | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 70 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1.1: Dados sobre mulheres catarinenses | 4 |
| Tabela 2.1: Dados populacionais do distrito de Florianópolis | 8 |
| Tabela 2.2: Dados populacionais do distrito de Cachoeira de Bom Jesus | 9 |
| Tabela 2.3: Dados populacionais do distrito de Canasvieiras | 10 |
| Tabela 2.4: Dados populacionais do distrito de Ingleses do Rio Vermelho | 10 |
| Tabela 2.5: Dados populacionais do distrito da Lagoa da Conceição | 11 |
| Tabela 2.6: Dados populacionais do distrito do Pântano do Sul | 12 |
| Tabela 2.7: Dados populacionais do distrito de Rationes | 12 |
| Tabela 2.8: Dados populacionais do distrito de Ribeirão da Ilha | 13 |
| Tabela 2.9: Dados populacionais do distrito de Santo Antônio de Lisboa | 14 |
| Tabela 2.10: Dados populacionais do distrito de São João do Rio Vermelho | 14 |
| Tabela 2.11: Distribuição das unidades escolares | 16 |
| Tabela 2.12: Número de crianças atendidas nas unidades escolares | 16 |
| Tabela 2.13: Unidades escolares governamentais e não governamentais em 1996 | 17 |
| Tabela 2.14: Unidades escolares públicas com atendimento integral em 1996 | 18 |
| Tabela 2.15: Distribuição distrital das unidades municipais com horário integral | 19 |
| | |
| Tabela 4.1: Listagem das localidades utilizadas | 40 |
| Tabela 4.2: Listagem do resultado para uma distância máxima de 1,5 km | 44 |
| Tabela 4.3: Codificação do resultado para uma distância máxima de 1,5 km | 46 |
| Tabela 4.4: Listagem do resultado para uma distância máxima de 2,0 km | 50 |
| Tabela 4.5: Codificação do resultado para uma distância máxima de 2,0 km | 52 |
| Tabela 4.6: Listagem do resultado para uma distância máxima de 3,0 km | 55 |
| Tabela 4.7: Codificação do resultado para uma distância máxima de 3,0 km | 56 |
| Tabela 4.8: População total dos distritos | 60 |
| Tabela 4.9: População alfabetizada e não alfabetizada por distrito | 60 |
| Tabela 4.10: Chefes de família com até sete anos de estudo | 61 |
| Tabela 4.11: Chefes de família com renda até 5 salários-mínimos | 61 |
| Tabela 4.12: Distritos ordenados pelo índice de necessidade | 62 |
| Tabela 4.13: Listagem das localidades escolhidas e suas áreas de cobertura | 63 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 2.1: Município de Florianópolis com seus distritos administrativos | 15 |
| Figura 2.2: Distribuição espacial das creches municipais de Florianópolis | 20 |
| Figura 4.1: Distribuição espacial das localidades | 41 |
| Figura 4.2: Distribuição das creches municipais sobre as localidades utilizadas | 42 |
| Figura 4.3: Distribuição das alocações para uma distância máxima de 1,5 km | 47 |
| Figura 4.4: Ampliação do distrito sede para uma distância máxima de 1,5 km | 48 |
| Figura 4.5: Distribuição das alocações para uma distância máxima de 2,0 km | 43 |
| Figura 4.6: Ampliação do distrito sede para uma distância máxima de 2,0 km | 54 |
| Figura 4.7: Distribuição das alocações para uma distância máxima de 3,0 km | 57 |
| Figura 4.8: Ampliação do distrito sede para uma distância máxima de 3,0 km | 58 |
| Figura 4.9: Distribuição das unidades educacionais sugerida pelo trabalho | 65 |
| Figura 4.10: Ampliação do distrito sede para a distribuição sugerida pelo trabalho | 66 |

RESUMO

Neste trabalho apresenta-se um estudo sobre a localização espacial de unidades de educação infantil municipais, de tempo integral, com atendimento às crianças de zero a seis anos de idade em Florianópolis - SC. A metodologia de cobertura de conjuntos é apresentada e utilizada como ferramenta para encontrar as melhores localizações. Uma sugestão de implementação é feita com base num índice de necessidade desenvolvido a partir de dados sócio-econômicos das regiões.

ABSTRAC

This paper presents a study of spatial location of public nurses to children until six years old in Florianópolis - SC. The set covering problem is presented and is applied to determine the best location. A suggestion of implantation is presented using a necessary rate. It is calculated based on economical data.

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1 Objetivos

Neste trabalho tem-se o objetivo de apresentar um estudo referente às unidades de educação infantil, de caráter público, com atendimento às crianças na faixa etária de zero a seis anos de idade, no município de Florianópolis. Neste estudo inclui-se uma análise da distribuição espacial das unidades hoje existentes e - utilizando-se da metodologia matemática de problemas de cobertura de conjuntos - faz-se sugestões de novas localidades onde poderiam vir a ser instaladas. Estas sugestões são feitas com base em várias distâncias máximas a serem percorridas pelas crianças.

Além disto, com base na tese de Souza [1], uma adaptação do índice de risco é feita. Quantifica-se um índice de necessidade com base nos dados sócio-econômicos de cada distrito administrativo de Florianópolis. Este índice serve para auxílio na tomada de decisão quando da instalação de novas unidades escolares e constitui a base para a proposta de implementação apresentada neste trabalho.

1.2 Motivação

A idéia do trabalho surgiu porque constantemente encontram-se mulheres com dificuldades de onde deixarem seus filhos para poderem trabalhar. Este fato levou a pensar e pesquisar a estrutura social relacionada a mulheres e crianças.

Fatos ocorridos nas últimas décadas como a 'revolução sexual', a liberação feminina, o crescimento econômico, o ingresso em massa da mulher no mercado de trabalho, e tantas outras modificações que provocaram mudanças nos papéis, nos valores e nas necessidades sociais surgiram no decorrer da pesquisa.

Mulheres - em sua grande maioria - precisam estar liberadas de cuidados com filhos para integrarem a força de trabalho e exercerem alguma atividade remunerada. Outras precisam de sua liberação para exercerem atividades úteis socialmente, pois não se cuida mais exclusivamente dos interesses familiares. As mulheres que antes podiam contar com as parentes femininas para cuidarem de seus filhos já não têm mais esta opção. A quantidade de mulheres no mercado de trabalho cresceu em todas as faixas etárias [2], ou seja, as 'avós' e 'tias' também estão trabalhando. Surge a grande questão: 'onde ficarão as crianças?'.

A busca da resposta foi a mola-mestra deste trabalho. Aparecem então, como uma necessidade social básica, as unidades de educação infantil. Estas unidades devem atender às crianças a partir de alguns meses de idade e atendê-las em horário integral, uma vez que as leis trabalhistas deste país têm como uma de suas normas quarenta e quatro horas de jornada de trabalho semanal.

1.3 Histórico

Para chegar aos dias de hoje e ao atendimento às crianças em horário integral, foi preciso buscar as raízes da educação infantil.

Ao pesquisar a origem da educação infantil descobriu-se que em Roma no ano de 400 A.C. já havia a preocupação com a educação infantil, só que nesta época ainda era feita em casa. A educação infantil foi basicamente ministrada em casa até o início do século XIX. Somente em 1837 surge o primeiro jardim de infância, na Alemanha, criado por Froebel, pesquisador cujos princípios educacionais mantêm-se atuais e são usados largamente em muitas unidades educacionais. A partir deste, outros 'jardins' foram sendo criados na França, na Inglaterra, nos Estados Unidos da América. Na Itália surge - no início do século XX - o método de Maria Montessori que também muito foi usado na educação infantil [3]. Os 'jardins' tinham somente uma função educacional.

Quase que em paralelo aos 'jardins' surgem as creches. Primeiramente, com a Revolução Industrial apareceram as 'criadeiras'. Estas criadeiras retiravam as crianças das ruas enquanto as mães trabalhavam nas fábricas, e também guardavam filhos de relações não

oficiais. Só que as condições higiênicas eram precárias fazendo com que muitas crianças morressem. A primeira creche institucionalizada foi criada na França em 1844, com o objetivo de tirar as crianças das ruas e deixá-las em condições um pouco melhores. Surgem assim as creches que se difundem pela França, Inglaterra, EUA e Brasil [3]. As creches tinham somente uma função assistencialista.

A tradição brasileira atribuiu à creche uma função assistencialista e higienista enquanto a pré-escola teria uma função educacional [4]. Isto fez com que hoje muitos educadores não recomendem a utilização do termo creche, pois vêem nele uma carga pejorativa. É a idéia do 'depósito de crianças'. Esta conotação levou a adoção de termos os mais diversos como berçário, hotelzinho, escolinha, principalmente pelas unidades particulares, para designar uma creche [5].

Os educadores estão buscando sedimentar a educação infantil como algo importante para o desenvolvimento da criança. Seja o desenvolvimento motor, social, educacional, psicológico, nutricional, e outros. Ao desenvolver este trabalho, em momento algum, deixa-se de acreditar nestas funções da educação infantil. Este conjunto de funções será chamado de papel educacional.

Agora não se pode esquecer da questão motivadora do trabalho que é: 'onde ficarão as crianças?'. Acredita-se que as unidades de educação infantil além de seu papel educacional têm que cumprir um papel social. As unidades devem ser lugares em que as mães possam deixar seus filhos certas de que estarão sendo atendidos, estarão recebendo uma atenção completa. Com base nesta idéia desenvolveu-se este trabalho.

1.4 Importância

Para melhor entender a necessidade e a motivação para este trabalho optou-se por apresentar o desenvolvimento do número de mulheres economicamente ativas, com filhos e chefes de família. Eles dão idéia do volume e da mudança ocorridos nos últimos anos. Poderia optar-se por fazer uma análise dos dados de todo o país, mas como o trabalho vai ser aplicado para o caso específico do município de Florianópolis, tem-se então o desenvolvimento

para o estado de Santa Catarina,

Os números relativos à Santa Catarina nos últimos anos estão apresentados na tabela abaixo.

Tabela 1.1: Dados sobre mulheres catarinenses.

| Mulheres em SC | 1980 | 1992 | 1993 | 1995 |
|--|---------|---------|---------|-----------|
| +10 anos idade e economicamente ativas | 329.512 | 959.700 | 972.306 | 1.086.292 |
| +10 anos idade e chefes de família | 83.700 | 168.564 | 183.696 | 204.678 |
| +15 anos idade com filhos e econ. ativas | 151.119 | 607.245 | 645.275 | 720.959 |

Fonte: IBGE, PNAD 1980 [6], 1992 [7], 1993 [8], 1995 [9].

Observa-se que o número de mulheres no estado com filhos e economicamente ativas de 1992 para 1995 cresceu aproximadamente 18,5%. Considerando-se de 1980 [10] para 1995 o crescimento foi de 377%. Ao considerar-se o ano de 1970 o estado tinha 42.948 mulheres como chefes de família [11], o que representa um crescimento de 376% para o ano de 1995.

Os dados apresentados para o estado juntamente com estudos que mostram para o Brasil um declínio da incompatibilidade entre atividade econômica e casamento, e entre fecundidade e atividade econômica da mulher casada [2]; e também estudos que mostram que as mães - principalmente das classes pobres que estão no mercado de trabalho - sentem necessidade de unidades infantis onde possam deixar seus filhos para serem cuidados [12]; tudo isto solidifica e justifica a importância de se fazer um estudo sobre unidades de educação infantil.

Ainda pode-se ressaltar que a Constituição brasileira de 1988 [13] garante como dever do Estado o atendimento em creche e pré-escola às crianças de zero a seis anos, tendo os Municípios que atuarem prioritariamente na área de pré-escola e no ensino fundamental. Isto foi uma conquista conjunta de órgãos relacionados a mulheres e crianças [14]. Em seguida o Estatuto da Criança e do Adolescente ratifica em seu artigo 54, inciso IV o atendimento em creches e pré-escolas às crianças [15]. Por último, tem-se a nova Lei de Diretrizes e de Base da Educação [16] que ratifica a Constituição.

Os estados e municípios reformularam suas legislações e passaram a incluir esta garantia em suas constituições e leis orgânicas. No caso específico estudado aqui tanto a Lei Orgânica de Florianópolis [17], quanto a constituição de Santa Catarina [18] tratam do assunto. Asseguram como dever do município e do estado a garantia de atendimento e oferta de creches

e pré-escolas às crianças de zero a seis anos. Estas conquistas são um grande avanço para a melhoria da qualidade de vida tanto das mulheres quanto das crianças, e são resultados de lutas feministas de longos anos. Este embasamento legal fomentou mais interesse na pesquisa.

No desenvolvimento do trabalho considera-se como importantes os critérios de equidade, acessibilidade e eficiência [19]. Pretende-se usar um modelo que maximize a oportunidade de acesso coletivo, embora Bach [20] recomende, para o caso de crianças, a utilização de um modelo que maximize o uso das facilidades centrais ou que minimize o espaço percorrido coletivamente. Este modelo foi usado por Pizzolato e Silva [21] para a localização de escolas de ensino fundamental.

Especialistas da área consultados não aconselham a centralização das unidades de atendimento por vários fatores. A possibilidade elevada de acidentes no trânsito, colocando a vida da criança em risco, acrescida ao cansaço provocado pelo deslocamento e ao maior tempo gasto para o mesmo, além da exclusão da criança do seu meio social mais próximo, provocando diferenciações culturais, seriam os mais significativos. Com base nestas consultas foi feita a escolha da metodologia de cobertura de conjuntos, onde se estipula uma distância máxima que a criança deve percorrer.

1.5 Apresentação

No desenvolvimento do trabalho parte-se dos dados contidos no capítulo 2. Nele há a apresentação do município de Florianópolis, com informações sociais e geográficas, e também sobre seu sistema educacional.

O capítulo 3 apresenta algumas formulações matemáticas mais comuns de se tratar problemas de localização de facilidades. Um maior aprofundamento é feito para a metodologia de cobertura de conjuntos, pois foi a escolhida para o tratamento dos dados utilizados.

A metodologia desenvolvida no capítulo 3 pode ser usada para uma análise da localização de facilidades como creches, escolas, postos de saúde, farmácias, além de também dar como resposta quais as localidades que estão alocadas em cada facilidade a ser instalada.

No capítulo 4 tem-se a aplicação para o caso específico do município de Florianópolis, com seus resultados e uma proposta para implantação de unidades de educação infantil, considerando-se a necessidade mais urgente de algumas localidades. Isto foi calculado a partir de um índice de necessidade baseado em dados sócio-econômicos das regiões. O capítulo 5 apresenta conclusões, recomendações para trabalhos futuros. Por fim todo o material referenciado e consultado é apresentado.

CAPÍTULO 2

APRESENTAÇÃO DO SISTEMA EM FLORIANÓPOLIS

2.1 Introdução

Para apresentar o sistema de educação infantil de Florianópolis faz-se necessário uma pequena apresentação de Florianópolis como município. Suas divisões políticas e geográficas, assim como um pouco das tradições históricas de cada região são úteis para poder entender um pouco mais sobre a realidade atual delas. Como consequência direta tem-se uma melhor compreensão do quadro populacional, educacional e social das regiões. Isto vai permitir um melhor entendimento dos resultados obtidos neste trabalho e justificar as futuras ações sugeridas, ambos apresentados no capítulo 4.

Em seguida há a apresentação do sistema de educação de atendimento às crianças de zero a seis anos em Florianópolis. Estão envolvidas unidades educacionais dos três níveis governamentais e também particulares.

2.2 Informações sobre Florianópolis

Florianópolis é um município com uma parte insular, compreendida de toda a ilha de Santa Catarina, e uma parte continental. Sua divisão político-administrativa era constituída até o ano de 1996 por dez distritos, transformando-se então em doze distritos administrativos. Como toda cidade, Florianópolis possuía uma divisão de bairros, no entanto, era uma divisão unicamente de domínio da população. Em 1997 essa divisão foi oficializada pela Câmara Municipal de Vereadores passando Florianópolis a possuir legalmente bairros.

Nesse trabalho optou-se por usar a antiga divisão dos dez distritos por questões puramente práticas. Como o recenseamento populacional ocorre a cada dez anos, os dados utilizados no desenvolvimento do trabalho tiveram que ser do censo de 1990 [22], pois dados mais recentes não são completos. Por isso a opção por usar dez distritos administrativos foi feita. Sabe-se que um pouco da representatividade numérica é perdida, já que Florianópolis é uma cidade

que vem crescendo. Por outro lado o trabalho baseia-se mais em localização geográfica e menos em dimensionamento, aliviando um pouco a perda dos dados reais.

Apresenta-se um pouco do passado e do presente de cada um dos dez distritos administrativos de Florianópolis. As informações baseiam-se no guia feito por um órgão público municipal para divulgação da cidade [23], bem como as informações numéricas baseiam-se no censo de 1990 [22].

2.2.1 Distrito de Florianópolis - Sede

O distrito de Florianópolis foi o ponto de partida para o desenvolvimento da cidade. Desde 1651, sua fundação, este distrito tem toda a estrutura de núcleo urbano. Sua expansão - bem como dos demais distritos que depois vieram - ocorreu a partir da praça central com a igreja. Essa é uma característica marcante da colonização feita por açorianos e madeirenses. Muitas das construções históricas ainda resistem ao tempo e são uma lembrança arquitetônica do passado.

O distrito de Florianópolis possui hoje uma área de aproximadamente 62,7 km² na parte insular e de 12,1 km² na parte continental. Além dos serviços municipais encontram-se também muitos serviços federais e estaduais, uma vez que Florianópolis é a capital do estado de Santa Catarina. Por isso também o distrito possui um adensamento grande de bairros tanto na ilha quanto no continente e, em consequência direta, um contingente populacional grande.

O quadro abaixo mostra alguns dados populacionais do distrito de Florianópolis.

Tabela 2.1: Dados populacionais do distrito de Florianópolis - sede.

| Sede - Florianópolis | Distrito | Universo | % |
|------------------------|----------|----------|------|
| população total | 192075 | 255390 | 75.2 |
| população 0 a 6 anos | 24383 | 192075 | 13.0 |
| população alfabetizada | 160014 | 174932 | 91.0 |

fonte: IBGE, Censo de 1990 [22].

Uma breve explicação sobre o universo considerado faz-se necessário e serve para todos os distritos aqui apresentados. Como universo da população total do distrito considera-se a população total do município. Para a população de 0 a 6 anos, o universo constitui-se da população total do distrito. A população alfabetizada tem como universo a população do distrito com mais de sete anos de idade.

2.2.2 Distrito de Cachoeira de Bom Jesus

O distrito de Cachoeira de Bom Jesus desenvolveu-se em função do grande crescimento da localidade vizinha, o distrito de Canasvieiras. Esse desenvolvimento era baseado na agricultura, principalmente no cultivo de café.

O distrito de Cachoeira de Bom Jesus possui uma área de aproximadamente 29,6 km² e está em um estágio moderado de crescimento. Acredita-se que em pouco tempo esse distrito venha a sofrer mudanças urbanas substanciais devido a seu potencial turístico.

O quadro abaixo apresenta algumas características populacionais do distrito de Cachoeira de Bom Jesus.

Tabela 2.2: Dados populacionais do distrito de Cachoeira de Bom Jesus.

| Cachoeira de Bom Jesus | Distrito | Universo | % |
|------------------------|----------|----------|------|
| população total | 4509 | 255390 | 1.8 |
| população 0 a 6 anos | 719 | 4509 | 16.0 |
| população alfabetizada | 3296 | 3984 | 86.0 |

fonte: IBGE, Censo de 1990 [22].

2.2.3 Distrito de Canasvieiras

O distrito de Canasvieiras foi povoado na campanha de ocupação da Ilha de Santa Catarina e para lá foram muitos açorianos. Eles basearam a economia na agricultura, principalmente no cultivo de cana-de-açúcar e linho cânhamo; e na pesca, sendo o distrito uma destacada colônia de pescadores. É possível que a ocupação tenha sido muito mais remota, pois há vestígios arqueológicos indicando um sambaqui.

Hoje o distrito de Canasvieiras é um balneário muito desenvolvido. Possui uma infraestrutura urbana e de serviços que dão ao distrito um ar de mini-centro. Na alta temporada

há um aumento populacional devido aos seus atrativos turísticos.

O distrito possui uma área de aproximadamente 38,1 km² e algumas de suas características populacionais estão relacionadas no quadro abaixo.

Tabela 2.3: Dados populacionais do distrito de Canasvieiras.

| Canasvieiras | Distrito | Universo | % |
|------------------------|----------|----------|------|
| população total | 4092 | 255390 | 1.6 |
| população 0 a 6 anos | 588 | 4092 | 14.0 |
| população alfabetizada | 3172 | 3668 | 86.0 |

fonte: IBGE, Censo de 1990 [22].

2.2.4 Distrito de Ingleses do Rio Vermelho

O distrito de Ingleses é um dos locais da ilha que foi habitado por indígenas e por seus ancestrais. Nessa localidade encontrou-se grande número de inscrições rupestres.

Na colonização da ilha pelos açorianos a região teve sua economia baseada na pesca e nos serviços rurais. Devido a sua localização, no século XIX foi um posto de reconhecimento das embarcações que chegavam à Ilha de Santa Catarina. No início do século XX era uma região totalmente voltada para a pesca.

Hoje o distrito dos Ingleses é um balneário bastante urbanizado, com infra-estrutura para atender todo o fluxo turístico da alta temporada. Possui uma área de aproximadamente 23,3 km² e alguns dados populacionais estão apresentados abaixo.

Tabela 2.4: Dados populacionais do distrito de Ingleses do Rio Vermelho.

| Ingleses do Rio Vermelho | Distrito | Universo | % |
|--------------------------|----------|----------|------|
| população total | 5862 | 255390 | 2.3 |
| população 0 a 6 anos | 877 | 5862 | 15.0 |
| população alfabetizada | 4450 | 5206 | 85.0 |

fonte: IBGE, Censo de 1990 [22].

2.2.5 Distrito da Lagoa da Conceição

O distrito da Lagoa tem seu desenvolvimento associado ao do distrito de Florianópolis e também ao de Santo Antônio de Lisboa e ao de Ratoles. Já no século XVII existiam caminhos interligando esses lugares.

A ocupação deu-se, como em outros distritos, ao redor da igreja. Na região havia muitas culturas como milho, café, uva, feijão, amendoim, além de mandioca e cana-de-açúcar. Estes últimos eram beneficiados nos engenhos da região e transformados, respectivamente, em farinha e melado, açúcar e aguardente. Outra base econômica da região era a pesca que, como os produtos agrícolas, era comercializada com outras regiões. Deve-se também lembrar que a presença da mulher rendeira na região foi muito forte. O dinheiro proveniente da venda das rendas era bastante significativo para a economia doméstica. Hoje há uma preocupação de resgate da cultura das rendeiras entre a população feminina da região.

Ainda é possível encontrar algumas casas e engenhos típicos da época da ocupação. No entanto, a Lagoa é hoje uma área de expansão da cidade, por isto é um lugar bastante urbanizado. Sua área é de aproximadamente 93,3 km² e algumas das suas características estão mostradas abaixo.

Tabela 2.5: Dados populacionais do distrito da Lagoa da Conceição.

| Lagoa da Conceição | Distrito | Universo | % |
|------------------------|----------|----------|------|
| população total | 14794 | 255390 | 5.8 |
| população 0 a 6 anos | 2156 | 14794 | 15.0 |
| população alfabetizada | 11742 | 13240 | 89.0 |

fonte: IBGE, Censo de 1990 [22].

2.2.6 Distrito de Pântano do Sul

O distrito de Pântano do Sul começou a ser povoado no século XVII. Era lá que grandes embarcações paravam para carregar o óleo produzido na Armação de Baleias. A economia do distrito era baseada na pesca artesanal, até porque possuía poucas terras cultiváveis.

É de Pântano do Sul que vêm os registros arqueológicos mais antigos. O sambaqui encontrado na região data de aproximadamente 4500 anos.

Hoje o distrito de Pântano do Sul apresenta uma área de aproximadamente 40,9 km² e há muita atividade de turismo para veranistas, mas ainda é um núcleo representativo de pescadores. Algumas de suas características populacionais estão apresentadas no quadro abaixo.

Tabela 2.6: Dados populacionais do distrito do Pântano do Sul.

| Pântano do Sul | Distrito | Universo | % |
|------------------------|----------|----------|------|
| população total | 3961 | 255390 | 1.6 |
| população 0 a 6 anos | 622 | 3961 | 16.0 |
| população alfabetizada | 2959 | 3511 | 84.0 |

fonte: IBGE, Censo de 1990 [22].

2.2.7 Distrito de Ratoles

O distrito de Ratoles foi constituído como expansão do distrito sede de Florianópolis. Já no século XVII as terras de Ratoles eram cultivadas. Ratoles manteve como base a agricultura de subsistência.

Hoje o distrito de Ratoles possui aproximadamente 20,5 km² de área e a seguir estão mostradas algumas de suas características populacionais.

Tabela 2.7: Dados populacionais do distrito de Ratoles.

| Ratoles | Distrito | Universo | % |
|------------------------|----------|----------|------|
| população total | 1080 | 255390 | 0.4 |
| população 0 a 6 anos | 174 | 1080 | 16.0 |
| população alfabetizada | 786 | 956 | 82.0 |

fonte: IBGE, Censo de 1990 [22].

2.2.8 Distrito de Ribeirão da Ilha

O distrito de Ribeirão da Ilha foi uma frente de colonização açoriana. Sua organização espacial manteve as características da praça central com a igreja e as casas em volta. Sua base econômica era a agricultura, principalmente de mandioca, cana-de-açúcar, milho, feijão e café. Também havia engenhos para processamento e transformação da colheita em farinha, açúcar e aguardente.

Hoje Ribeirão da Ilha ainda tem um casario típico que guarda as lembranças da colonização açoriana. Esse conjunto arquitetônico apresenta um grande valor histórico. O distrito possui uma área de aproximadamente 67,1 km² e suas características populacionais estão no quadro abaixo.

Tabela 2.8: Dados populacionais do distrito de Ribeirão da Ilha.

| Ribeirão da Ilha | Distrito | Universo | % |
|------------------------|----------|----------|------|
| população total | 14228 | 255390 | 5.6 |
| população 0 a 6 anos | 2272 | 14228 | 16.0 |
| população alfabetizada | 10983 | 12645 | 87.0 |

fonte: IBGE, Censo de 1990 [22].

2.2.9 Distrito de Santo Antônio de Lisboa

O distrito de Santo Antônio de Lisboa é mais um que nasceu a partir da irradiação do distrito de Florianópolis. Por isso desenvolveu-se voltado para o mar, como Florianópolis. Sua base econômica foi a agricultura para subsistência e também para a troca com Florianópolis, Lagoa e Rationes. Lá também produziram-se panos de linho e algodão. Depois vieram os engenhos, mas o forte de Santo Antônio foi seu porto. Ele era o principal meio de ligação das comunidades do norte da ilha com o distrito de Florianópolis. Ao surgirem outras alternativas de transporte o porto decaiu e Santo Antônio de Lisboa teve que adaptar-se a nova situação.

Hoje Santo Antônio de Lisboa, como Ribeirão da Ilha, apresenta um conjunto arquitetônico de grande valor, representando a fase de colonização do litoral da ilha. A área do distrito é estimada em 30,1 km² e a seguir tem-se algumas características populacionais do distrito.

Tabela 2.9: Dados populacionais do distrito de Santo Antônio de Lisboa.

| Santo Antônio de Lisboa | Distrito | Universo | % |
|-------------------------|----------|----------|------|
| população total | 12925 | 255390 | 5.1 |
| população 0 a 6 anos | 2061 | 12925 | 16.0 |
| população alfabetizada | 10004 | 11486 | 87.0 |

fonte: IBGE, Censo de 1990 [22].

2.2.10 Distrito de São João do Rio Vermelho

A povoação do distrito de São João do Rio Vermelho deu-se pela ocupação de colonos vindos diretamente para o local e também pela expansão de colonos vindos da vizinha Lagoa da Conceição. A economia do distrito era baseada no cultivo de mandioca e amendoim, e na pesca artesanal.

Hoje há bem poucas lavouras e pouca pesca, seus habitantes optaram por trabalhar em outras localidades. A área do distrito é de aproximadamente 33,3 km² e suas características populacionais estão apresentadas a seguir.

Tabela 2.10: Dados populacionais do distrito de São João do Rio Vermelho.

| São João do Rio Vermelho | Distrito | Universo | % |
|--------------------------|----------|----------|------|
| população total | 1864 | 255390 | 0.7 |
| população 0 a 6 anos | 260 | 1864 | 14.0 |
| população alfabetizada | 1368 | 1679 | 81.0 |

fonte: IBGE, Censo de 1990 [22].

A figura 2.1 mostra o município de Florianópolis com seus dez distritos administrativos.

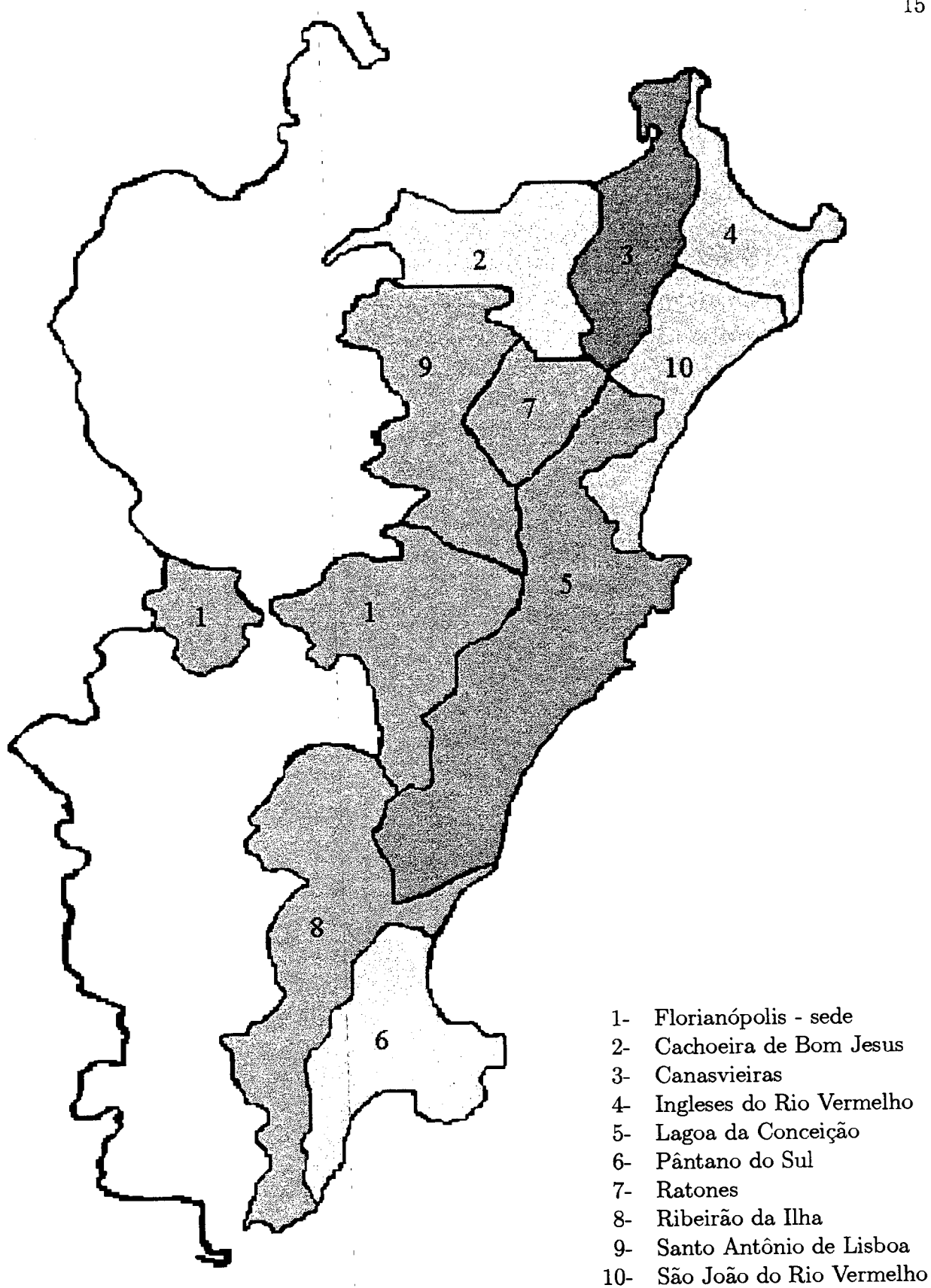


Figura 2.1: Município de Florianópolis com seus distritos administrativos

2.3 O sistema

2.3.1 Apresentação

O sistema de educação infantil no município de Florianópolis vem crescendo nos últimos anos. Isto nada mais é do que o reflexo da necessidade do mercado, pois há mais mulheres economicamente ativas, e também a conscientização crescente da importância da escola infantil na formação da criança.

Encontram-se unidades educacionais a nível federal, estadual e municipal, além das particulares. A tabela 2.11 apresenta a distribuição das unidades escolares com atendimento à criança de zero a seis anos para os anos letivos de 1980 [24], 1981 [25], 1995 [26] e 1996 [27]. A tabela 2.12 apresenta o número de crianças atendidas por estas unidades escolares nos respectivos anos.

Tabela 2.11: Distribuição das unidades escolares.

| Unidades Escolares | 1980 | 1981 | 1995 | 1996 |
|--------------------|------|------|------|------|
| Federal | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Estadual | 1 | 2 | 37 | 36 |
| Municipal | 5 | 6 | 54 | 55 |
| Particular | 51 | 46 | 63 | 66 |
| TOTAL | 58 | 55 | 155 | 158 |

fonte: Secretaria Estadual de Educação 80 [24], 81 [25], 95 [26], 96 [27].

Tabela 2.12: Número de crianças atendidas nas unidades escolares.

| Matrículas | 1980 | 1981 | 1995 | 1996 |
|------------|------|------|-------|-------|
| Federal | 19 | 41 | 274 | 180 |
| Estadual | 128 | 163 | 2715 | 2551 |
| Municipal | 465 | 581 | 4346 | 4184 |
| Particular | 5570 | 6464 | 7959 | 7301 |
| TOTAL | 6182 | 7249 | 15394 | 14216 |

fonte: Secretaria Estadual de Educação 80 [24], 81 [25], 95 [26], 96 [27].

Pode-se notar o crescimento considerável do número de unidades educacionais municipais e estaduais. Novamente, tem-se o reflexo das mudanças sociais e econômicas ocorridas nestes tempos. Ao comparar-se com dados do ano de 1962, onde havia quatro unidades de educação infantil atendendo a quinhentas crianças em Florianópolis [28], este crescimento é mais do que expressivo. Ele é o reflexo da mudança cultural ocorrida nestes anos.

No ano de 1996, além das unidades escolares, existiam também creches comunitárias - em número de dezesseis - mantidas por entidades religiosas, filantrópicas e associação de moradores com ajuda da prefeitura e do estado e, em alguns casos, com contribuição monetária dos familiares das crianças.

Para finalizar, a tabela 2.13 apresenta o número de unidades escolares, governamentais e não-governamentais, com atendimento à criança de zero a seis anos, em 1996.

Tabela 2.13: Unidades escolares governamentais e não-governamentais em 1996.

| | | |
|--------------------|--------------|----|
| GOVERNAMENTAIS | Federal | 1 |
| | Estadual | 36 |
| | Municipal | 55 |
| NÃO GOVERNAMENTAIS | Comunitárias | 16 |
| | Particulares | 66 |

fonte: Secretaria Estadual de Educação/SC [27].

2.3.2 Algumas Considerações

Neste momento para melhor delineamento e compreensão do trabalho devem ser feitas algumas considerações.

A motivação deste trabalho é a procura de uma resposta adequada para o problema da mulher que precisa deixar seus filhos pequenos, muitas vezes com poucos meses de idade, para que possam exercer uma atividade. Como o trabalho da mulher é, em geral, em tempo integral, se conclui que é necessário que existam unidades de educação infantil funcionando em tempo integral, e que atendem crianças desde os primeiros meses de vida.

Acredita-se que as famílias não devem ser oneradas de pagamentos de mensalidades

escolares, além do que, a grande maioria das famílias não possuem condições econômicas para tal. Isto direciona o trabalho para unidades escolares de caráter público.

Com base nestas duas considerações passa-se a ter um novo quadro das unidades escolares públicas em horário integral para o município de Florianópolis em 1996. Este novo quadro está descrito na tabela 2.14.

Tabela 2.14: Unidades escolares públicas com atendimento integral em 1996.

| | |
|-----------|----|
| Estadual | 5 |
| Municipal | 23 |
| Total | 28 |

fonte: Secretaria Estadual de Educação /SC [27].

A última consideração a ser feita diz respeito à lei 9.394/96 que é a nova Lei de Diretrizes e de Bases da Educação Nacional [16], também conhecida como Lei Darcy Ribeiro.

Esta lei promoveu algumas mudanças no cenário da educação infantil. Optou-se aqui por reproduzir alguns tópicos importantes para a educação infantil e, em consequência, para o delineamento do trabalho.

“Art. 4º O dever do Estado com educação escolar pública será efetivado mediante a garantia de:

IV atendimento gratuito em creches e pré-escolas às crianças de zero a seis anos de idade;

Art. 11 Os Municípios incumbir-se-ão de:

V oferecer a educação infantil em creches e pré-escolas...

Art. 87 É instituída a Década da Educação, a iniciar-se um ano após a publicação desta Lei.

§ 5º Serão conjugados todos os esforços objetivando a progressão das redes escolares públicas urbanas de ensino fundamental para o regime de escolas de tempo integral.

Art. 89 As creches e pré-escolas existentes ou que venham a ser criadas deverão, no prazo máximo de três anos, integrar-se ao respectivo sistema de ensino.”

Lei nº9.394/96

Como pode-se notar nos artigos transcritos acima, as unidades escolares públicas de atendimento à criança de zero a seis anos tornar-se-ão municipais. Para consolidar a consideração feita anteriormente de unidades de ensino de tempo integral, tem-se a orientação, da nova lei, de que o ensino fundamental também se transforme em tempo integral.

Então, optou-se neste trabalho em usar as unidades de educação infantil municipais de tempo integral como parâmetro. No ano de 1996, havia o número de vinte e três unidades distribuídas por alguns dos dez distritos administrativos como mostra a tabela 2.15, e distribuídas espacialmente como mostra a figura 2.2 a seguir.

Tabela 2.15: Distribuição distrital das unidades municipais com horário integral.

| DISTRITO | Número de Unidades |
|--------------------------|--------------------|
| Florianópolis - sede | 15 |
| Cachoeira de Bom Jesus | 1 |
| Canasvieiras | 1 |
| Ingleses do Rio Vermelho | 0 |
| Lagoa da Conceição | 1 |
| Pântano do Sul | 0 |
| Ratones | 0 |
| Ribeirão da Ilha | 3 |
| Santo Antônio de Lisboa | 1 |
| São João do Rio Vermelho | 1 |

fonte: Secretaria Municipal de Educação [29].

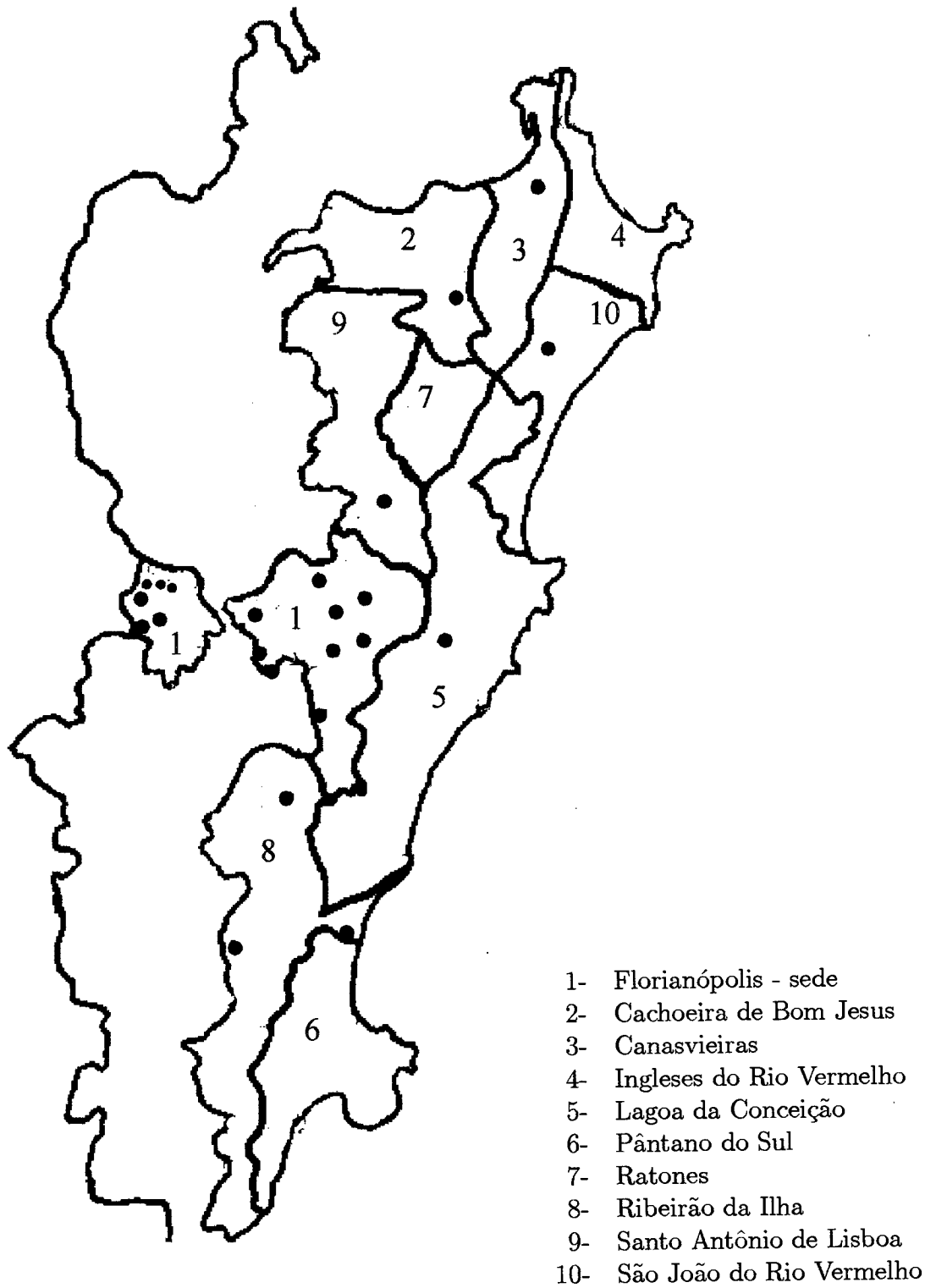


Figura 2.2: Distribuição espacial das creches municipais de Florianópolis.

Estas 23 unidades municipais de educação infantil atenderam a aproximadamente 1975 crianças no ano de 1996. Tomando-se o número total de crianças na idade de zero a seis anos que era de 34112 em 1990 [22], pode-se notar que o percentual de crianças atendidas é bastante baixo.

No município de Florianópolis está havendo uma grande expansão populacional nos últimos anos [30], principalmente pelo processo de migração. Isto torna a defasagem no número de crianças que deveriam ser atendidas ainda maior. Bem como é maior o número de mulheres no mercado de trabalho e, em consequência, a necessidade de atendimento às crianças.

Com base nos dados apresentados anteriormente, nota-se o quanto é necessário um planejamento da expansão do sistema de atendimento educacional às crianças de zero a seis anos. Este trabalho desenvolveu uma proposta de planejamento de expansão com base em problemas de localização. Toda a metodologia estudada e aplicada neste trabalho está apresentada no capítulo seguinte.

CAPÍTULO 3

PROBLEMAS DE LOCALIZAÇÃO

3.1 Introdução

Problemas de localização de facilidades dizem respeito a encontrar o lugar “ideal” para a implantação ou ampliação de uma determinada facilidade. A natureza da facilidade pode diferir em essência, podendo-se ter serviços emergenciais ou serviços de rotina. Os objetivos de cada tipo de serviço não são os mesmos, então as formas de tratá-los, por consequência, são diferentes.

Neste trabalho apresenta-se um enfoque maior para os serviços de rotina. Sugere-se o trabalho de Souza [1] para um aprofundamento em serviços emergenciais. O breve histórico apresentado a seguir também pode servir como um embasamento para problemas de localização em geral.

3.2 Histórico

Há registros de estudiosos nos séculos XVII, XVIII e XIX buscando encontrar o ponto de distância mínima até outros pontos conhecidos [31]. No entanto o histórico dos problemas de localização apresenta o trabalho de Alfred Weber como o pioneiro da era moderna. Ele publicou seu trabalho em 1909, em alemão, que foi traduzido para o inglês vinte anos depois [32]. Este trabalho visava a localização de uma indústria buscando a minimização dos custos de transporte da matéria prima e também dos custos até o mercado consumidor. Somente a partir da década de 60, com o avanço da computação e da programação matemática, é que este tipo de problema passou a ser amplamente focalizado.

Um dos pioneiros a trabalhar com problemas de localização e alocação de facilidades foi Leon Cooper [31] [33] [34]. Seu primeiro trabalho [31] apresenta um método matemático para encontrar a melhor solução para o problema de localização das facilidades. São determinados além da localização, o número de facilidades a serem instaladas bem como a cobertura das

soluções encontradas. Por cobertura entende-se a área de abrangência de cada facilidade instalada, ou seja, o conjunto de localidades alocadas a cada facilidade.

Outro trabalho da década de 60 é de Teitz e Bart [35]. Eles investigaram as possibilidades de se encontrar a mediana de um grafo ponderado, propondo então um método com bons resultados em comparação com os que até então tinham sido realizados. Ainda nesta década há trabalhos como o de Roth [36] que propõe um algoritmo computacional para a solução de problemas de cobertura; ou o de Garfinkel e Nemhauser [37] que propõe um algoritmo para encontrar as soluções ótimas considerando os distritos e a população de cada um deles.

Há ainda trabalhos como o de ReVelle et al. [38] que mostrou a necessidade de formas diferentes para se trabalhar com localização de facilidades públicas ou privadas, devido a dificuldade de quantificar monetariamente valores sociais; ou o trabalho de ReVelle e Swain [39] sobre localização de facilidades centrais.

Na década de 70 também houve muita produção. Há trabalhos como de Wesolowsky e Love [40] que usava distância retangular para encontrar a localização de novas facilidades, considerando a já existência de outras; ou o de Toregas et al. [41] que buscava a localização de facilidades emergenciais usando cobertura de conjuntos.

Os trabalhos anteriores são bastante clássicos. É quase que obrigatória a referência a algum deles em trabalhos de localização de facilidades. Pode-se dizer que são os pilares de sustentação para o desenvolvimento e as formas de trabalho diversas que se seguiram para este tipo de problema.

Muitos outros ainda da década de 70 podem ser citados. Entre eles o trabalho de Walker [42] para a localização de postos de bombeiros usando cobertura de conjuntos; ou o de Wagner e Falkson [43] que considera a função de demanda como sendo elástica para localizar facilidades públicas; o trabalho de Davies e Thomas discorre sobre o mesmo assunto [44].

O passar dos anos vai provocando mudanças de comportamento e nisto pode-se incluir uma maior conscientização da necessidade de igualdade social. Como fruto desta conscientização surgiram trabalhos como o de McAllister [45] que buscava quantificar a equidade e a eficiência visando um melhor planejamento na localização das facilidades públicas, tema

também desenvolvido no trabalho de Morrill e Symons [46]; ou ainda o trabalho de Bach [20] que apresenta uma classificação dos modelos matemáticos de localização dependendo do tipo de facilidade a ser instalada, mas considerando os conceitos de oportunidade e acessibilidade.

No decorrer das décadas de 80 e 90 outros trabalhos também foram desenvolvidos aproveitando cada vez mais os recursos computacionais disponíveis, que permitiram uma resolução de problemas de grande porte, como o de Beasley [47]; e utilizando-se de algoritmos genéticos para resolver os problemas de localização, como o trabalho de Beasley e Chu [48].

O presente trabalho vai apresentar algumas formulações matemáticas mais comuns de se tratar os problemas de localização, tais como problemas de mediana, problemas de centro, problemas de requisito ou exigência, ou problema de cobertura de conjuntos. Um pouco mais sobre cada uma destas formulações está apresentada a seguir.

3.3 Problemas de Mediana

Os problemas de mediana consistem em encontrar a localização para um número específico e pré-determinado de facilidades a serem instaladas. O objetivo é a minimização da distância média percorrida até a facilidade, ou do custo médio de viagem, ou do tempo médio de viagem.

3.3.1 Formulação Matemática

Para trabalhar com medianas deve-se considerar um grafo não direcionado $G(N, A)$ com n nós. Toma-se um inteiro p e escolhe-se um conjunto de p pontos do grafo, indicado por X_p . Indica-se por $d(X_p, j)$ a distância mínima entre qualquer elemento de X_p e o nó j do grafo G . Ou seja,

$$d(X_p, j) = \text{Min}_{x_i \in X_p} d(x_i, j).$$

Um conjunto X_p^* de pontos do grafo G é dito um conjunto de p -medianas de G se para todo $X_p \in G$ tem-se:

$$J(X_p^*) \leq J(X_p)$$

onde,

$$J(X_p) = \sum_{j=1}^n h_j d(X_p, j)$$

A variável h_j representa um peso atribuído ao nó j e pode representar, por exemplo, a demanda deste nó.

Um resultado conhecido como Teorema de Hakimi é um facilitador para problemas de mediana. O teorema garante, para o problema clássico de mediana, a existência de pelo menos um conjunto de p -medianas nos nós do grafo G [49].

Este resultado ajuda os planejadores pois pode limitar o número de facilidades aos nós, trabalhando-se em conjuntos discretos e, muitas vezes, estes nós representam distritos, cidades ou povoados com interesses na implantação ou não dos serviços, facilitando a quantificação dos dados.

Um maior aprofundamento sobre problemas de mediana pode ser encontrado em Larson e Odoni [49] ou nos trabalhos citados a seguir.

3.3.2 Alguns Trabalhos

Um trabalho de Beguin et al. [50] trata da localização de bibliotecas públicas usando a metodologia de p -mediana. O trabalho faz duas avaliações usando esta metodologia. O modelo é aplicado considerando-se a distribuição espacial correspondente aos setores censitários e cada setor representado por um ponto i , com população total igual a do setor; e ainda considerando-se a demanda como sendo flexível dependendo de um número de variáveis explicatórias. Para as duas formas aplicou-se o modelo de p -mediana e concluiu-se que a mudança na distribuição da demanda faz variar pouco a localização dos resultados.

Um trabalho de Hodgson [51] visa a localização-alocação de facilidades para pessoas que saem de casa para o trabalho e precisam passar por elas. Como exemplo, tem-se pais que deixam filhos em suas atividades antes de seguirem para trabalhar. O autor busca minimizar o custo/tempo de viagem em excesso nas jornadas diárias. O autor usa os dados de viagens inter e intrazonais de tráfego nos horários de pico, bem como dados censitários sobre famílias, número de crianças e pais trabalhando. A metodologia usada é a da p -mediana.

Uma aplicação do trabalho - feita na cidade de Edmonton, Canadá - é descrita. Os resultados apresentados demonstram uma tendência à centralização das facilidades na área central da cidade justificada pelo grande número de pessoas que lá trabalham e pela facilidade de acesso.

Um trabalho de Fraga da Silva e Pizzolato [21] trata da localização de escolas nas áreas urbanas, principalmente em áreas em via de urbanização, na cidade de Nova Iguaçu-RJ. O trabalho transformou os setores censitários da área estudada em vértices formando então um grafo, com as ligações entre as localidades sendo as arestas. Usando a metodologia de p-mediana buscou-se encontrar os vértices onde deveriam haver escolas de modo a minimizar o deslocamento total dos estudantes. O trabalho concluiu que as escolas existentes estão mal localizadas, havendo áreas bastante deficitárias e faz uma sugestão de localidades para a implantação de escolas.

Um outro trabalho ainda de Fraga da Silva e Pizzolato [52] feito com base nos mesmos princípios metodológicos anteriores é aplicado ao município de Nilópolis-RJ. A solução encontrada propõe a criação de microregiões e em cada uma delas deve haver pelo menos uma escola. Este número de escolas deve variar conforme a quantidade de crianças a serem atendidas em cada microregião e a capacidade da escola.

Um trabalho de Gomes da Silva e Pizzolato [53] faz a avaliação espacial e a capacidade de oferta de vagas de escolas públicas de 1^o grau no município de Niterói-RJ. Foram usados os setores censitários, que transformados em vértices com pesos equivalentes a população em idade escolar, serviram para montar o grafo com os arcos representando as distâncias entre cada vértice. Com este quadro usou-se o modelo de p-mediana para minimizar a distância percorrida pelo conjunto de alunos de cada escola. O trabalho conclui que a rede escolar de Niterói está bem dimensionada e satisfatoriamente distribuída espacialmente.

O trabalho feito por Lima [54] como dissertação de mestrado trata de localizar centros de saúde especializados e é aplicado ao estado de Santa Catarina. O objetivo é minimizar a distância média a ser percorrida pela população e para tal é usada a metodologia de p-mediana. São consideradas dezoito cidades como possíveis candidatas a receberem os centros

especializados. Primeiramente foram escolhidas oito cidades, dentre as dezoito possíveis, para receberem os centros especializados. O trabalho apresenta então a alocação das outras cidades a estes centros. O trabalho ainda sugere, para um primeiro momento, a implantação de apenas cinco destes centros e demonstra a alocação das cidades a eles.

3.4 Problemas de Centro

Problemas de centro consistem em encontrar a melhor localização para um número específico de facilidades a serem instaladas. O objetivo é minimizar a distância máxima a ser percorrida até as facilidades.

Este tipo de metodologia é muito usada quando busca-se instalar um serviço emergencial, seja ele um hospital, um posto policial ou de bombeiros, uma vez que minimiza o pior caso. Em contrapartida, esta metodologia apresenta resultados mais onerosos, já que considera comunidades distantes ou isoladas, por exemplo. Infelizmente, em países em fase de desenvolvimento a justiça social está bastante distante e os recursos disponíveis são poucos, implicando na pouca utilização do método na prática.

3.4.1 Formulação Matemática

Para problemas de centro a formulação matemática pode ser feita considerando-se uma região plana e contínua, ou através de grafos usando então o plano discreto. Uma breve idéia de cada uma destas formulações é apresentada a seguir e foram baseadas no livro de Novaes [55].

Ponto Central

Tem-se um plano contínuo com alguns pontos pré-determinados que podem representar comunidades, e busca-se encontrar a melhor localização neste plano para a implantação de uma facilidade. Para isto é preciso representar neste plano um sistema de coordenadas que pode ser o sistema euclidiano ou o sistema retangular.

A localização deste ponto central vai então depender dos pontos existentes e dos pesos ponderados que cada um recebe. Como exemplificação a seguir tem-se uma representação

gráfica de alguns pontos P_i .

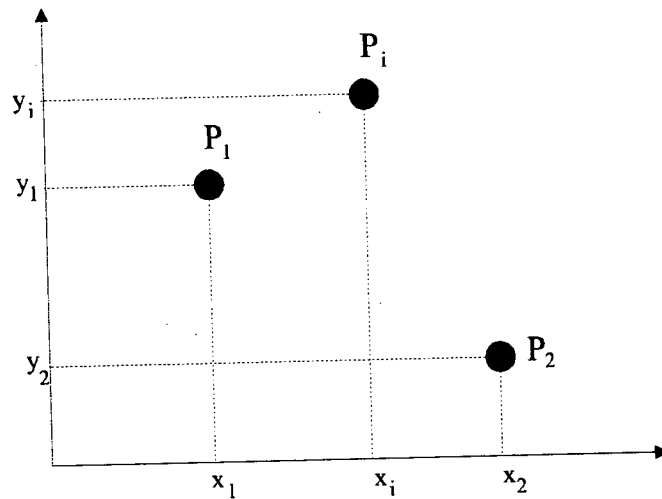


Fig. 3.1: Representação gráfica de alguns pontos.

Busca-se encontrar as coordenadas de um ponto central $PC(x, y)$. Usando-se a *métrica euclidiana* tem-se que o centro euclidiano vai ser dado minimizando-se a soma das distâncias ponderadas deste ponto central aos outros pontos, ou seja,

$$\min f(x, y) = \sum_i p_i \overline{DE}_i$$

onde, $\overline{DE}_i = \sqrt{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2}$.

Derivando-se a equação em relação a cada variável e igualando-se a zero chegam-se as coordenadas do ponto central escritas como:

$$x = \frac{\sum_i p_i x_i / \overline{DE}_i}{\sum_i p_i / \overline{DE}_i}$$

$$y = \frac{\sum_i p_i y_i / \overline{DE}_i}{\sum_i p_i / \overline{DE}_i}$$

Tem-se um sistema de equações não lineares. É necessário um método numérico para resolvê-lo iterativamente. Em geral, são feitas iterações até atingir a diferença entre dois resultados sucessivos tão pequena quanto se queira.

Outra forma de resolver o problema do ponto central é usando a *métrica retangular*.

Tomando-se os mesmos pontos P_i 's da figura 3.1, busca-se encontrar as coordenadas de $PC(x, y)$. A nova função de distância entre os pontos é dada pela seguinte fórmula:

$$f(x, y) = \sum_i p_i (|x - x_i| + |y - y_i|)$$

ou,

$$f(x, y) = \sum_i p_i |x - x_i| + \sum_i p_i |y - y_i|$$

Uma vez que os dois termos da função $f(x, y)$ são independentes, pode-se encontrar os mínimos separadamente para cada variável. Isto é,

$$\min f_1(x) = \sum_i p_i |x - x_i|$$

$$\min f_2(y) = \sum_i p_i |y - y_i|$$

Para resolver estas equações sugere-se a utilização de algum método de otimização. O método da seção áurea ou o método de Fibonacci são bastante usados e podem ser encontrados no livro de Bazaraa [56], ou no livro de Novaes [57].

Usando Grafos

Para resolver problemas de localização de centros pode-se usar grafos. Normalmente os arcos representam as ligações rodoviárias e os nós as comunidades. Como simplificação apresenta-se aqui a busca da localização dos centros somente nos nós do grafo. Esta apresentação está baseada no livro de Christofides [58] onde é possível encontrar mais detalhes sobre a metodologia.

Considerando o grafo $G(A, N)$ com cada nó x_i tendo seu respectivo peso p_i , monta-se uma matriz de distância entre os nós,

$$D [G] = [d(x_i, x_j)],$$

onde $d(x_i, x_j)$ = distância do nó x_i até o nó x_j .

A partir da matriz $D [G]$ obtém-se as matrizes D' e D'' definidas por:

$$D' = [p_j d(x_i, x_j)]$$

$$D'' = [p_j d(x_j, x_i)].$$

Também define-se $s_o(x_i)$ como a *out-separação* do nó x_i , e $s_t(x_i)$ como a *in-separação* do nó x_i :

$$s_o(x_i) = \max_j (p_j d(x_i, x_j))$$

$$s_t(x_i) = \max_j (p_j d(x_j, x_i)).$$

Encontrando-se estes dois conjuntos pode-se determinar a localização do *out-centro* ou do *in-centro* que dependem do tipo de facilidade a ser instalada. Para facilidades que a população precisa se deslocar até elas, como hospitais, usa-se o in-centro; para facilidades que atendem as comunidades, como bombeiros, usa-se o out-centro.

O out-centro fica localizado no nó x_o^* tal que,

$$s_o(x_o^*) = \min_i (s_o(x_i)).$$

O in-centro fica localizado no nó x_t^* tal que,

$$s_t(x_t^*) = \min_i (s_t(x_i)).$$

Quando busca-se instalar mais de uma facilidade de cada vez, ou seja, procura-se a localização para múltiplos centros (p-centros) existem algoritmos desenvolvidos para tal. Um deles está apresentado no livro de Christofides [58]. Alguns trabalhos sobre a metodologia de centros são citados a seguir.

3.4.2 Alguns Trabalhos

O trabalho de ReVelle e Swain [39] é um dos primeiros sobre a localização de facilidade central. Ele apresenta uma pequena retrospectiva dos trabalhos feitos sobre localização de facilidades desenvolvidos naquela década. O trabalho desenvolve a formulação matemática, usando programação linear, para a determinação dos pontos ótimos para as facilidades numa rede.

O trabalho de Christofides e Viola [59] apresenta um algoritmo para resolver problemas de localização de serviços emergenciais como localização de bombeiros, hospitais, polícia, ambulância, e outros. O algoritmo apresentado no trabalho é uma forma iterativa de resolver problemas de p-centro absoluto, ou seja, aqueles em que os centros podem estar localizados nos vértices ou nas arestas do grafo. Segundo os autores, este algoritmo é computacionalmente eficiente para resolver problemas de grande porte com grafos.

O trabalho de Minieka [60] apresenta uma descrição bastante detalhada dos passos a serem seguidos quando busca-se encontrar soluções para problemas de localização de facilidades sobre um grafo. Há descrição para a busca de solução de 1-centro e p-centros gerais e absolutos, bem como de medianas.

O trabalho de Gonçalves et al. [61] usa a metodologia de ponto central para encontrar a localização de um silo em uma determinada região agrícola. Neste trabalho ainda é utilizada a metodologia de p-mediana para otimizar o número de silos regionais da cooperativa estudada.

3.5 Problemas de Requisito ou de Exigência

Os problemas de exigência são aqueles em que alguma característica tem que ser respeitada, a qual foi estabelecida por alguma lei ou pelo senso comum. A resolução do problema busca encontrar o menor número de facilidades a serem instaladas, bem como suas localizações, de modo que as características sejam satisfeitas [49].

Como exemplo, tem-se uma lei americana de 1973 que estipula em 95% o número de chamadas de emergência que devem ser atendidas em até 30 minutos, se feitas em áreas rurais; ou em até 10 minutos, se em áreas urbanas [62]. Se houvesse uma lei similar no Brasil seria então necessário determinar os locais onde deveriam haver postos de socorro, de

tal forma que o limite máximo de tempo de atendimento fosse respeitado.

3.5.1 Formulação Matemática

Uma forma de resolver problemas de exigência é usar problema de p -centro iterativamente. Começa-se resolvendo o problema para 1-centro e testa-se a satisfação da exigência. Incrementa-se uma unidade ao número de facilidades a serem alocadas até que a exigência seja satisfeita.

Pode-se escrever esta idéia na forma do seguinte algoritmo:

- Passo 1: Faça $p = 1$.
- Passo 2: Resolva o problema de p -centro.
- Passo 3: Teste a satisfação da exigência
 - Caso seja satisfeita, pare. Tem-se p facilidades alocadas.
 - Caso contrário vá para o passo 4.
- Passo 4: Faça $p = p + 1$.
 - Retorne para o passo 2.

Um trabalho de Jarvis, Stevenson e Willemain [63] foi feito para descobrir a alocação de ambulâncias numa zona rural próximo ao Rio Ohio, EUA. Este trabalho foi feito em partes, com cada uma delas tendo um objetivo a ser cumprido. O primeiro diz respeito às normas mínimas do sistema de saúde local, o segundo à minimização do tempo de resposta aos chamados. Determinaram inicialmente o número adequado de ambulâncias que deveriam ser utilizadas, mas havia ainda uma exigência a ser respeitada: as ambulâncias não podiam atravessar o rio para fazerem os atendimentos. Numa segunda etapa é que encontraram as localidades para o estabelecimento das ambulâncias. Este trabalho é um exemplo de aplicação de problemas de exigência.

Matematicamente também é possível resolver problemas de exigência usando a metodologia de problema de cobertura de conjuntos. Esta é uma outra forma bastante usada para resolver problemas de localização de facilidades. Problema de cobertura de conjuntos foi a metodologia escolhida para o desenvolvimento deste trabalho. Sua apresentação está descrita a seguir.

3.6 Metodologia usada no trabalho: Problema de Cobertura de Conjuntos

Problema de cobertura de conjuntos é uma outra forma de resolver problemas de localização de facilidades. Nela também há exigências a serem respeitadas, e busca-se encontrar o menor número de facilidades que cubram todos os pontos de demanda.

Tem-se uma rede G e dois conjuntos de pontos sobre esta rede, X_m e Y_n :

$$X_m = \{x_1, x_2, \dots, x_m\}$$

$$Y_n = \{y_1, y_2, \dots, y_n\}$$

onde Y_n corresponde aos pontos geradores de demanda e X_m aos pontos candidatos a receberem uma facilidade. Os conjuntos X_m e Y_n podem ter pontos coincidentes e eventualmente serem iguais.

Pode-se montar uma matriz de distâncias mínimas entre os pontos de X_m e Y_n ,

$$D = [d(i, j)]$$

onde $d(i, j)$ é a distância mínima entre x_i e y_j .

Assume-se que deva existir uma distância máxima a ser respeitada, λ , entre os pontos de demanda Y_n e as facilidades a serem alocadas X_m . A partir disto tem-se que um ponto de demanda pode ou não ser *coberto* por uma facilidade, dependendo da distância entre eles. Matematicamente pode-se representar por:

$$\begin{cases} d(i, j) \leq \lambda & \Rightarrow x_i \text{ cobre } y_j \\ d(i, j) > \lambda & \Rightarrow x_i \text{ não cobre } y_j. \end{cases}$$

Com estes elementos chega-se a uma nova matriz, chamada de *matriz de cobertura*

$$A = [a(i, j)]$$

definida da seguinte forma:

$$a_{i,j} = \begin{cases} 1, & \text{se } d(i,j) \leq \lambda \\ 0, & \text{se } d(i,j) > \lambda. \end{cases}$$

Tem-se, então, que encontrar o menor número de elementos de X_m de forma que todos os elementos de Y_n sejam cobertos. Para isso pode-se seguir o caminho da redução da matriz de cobertura usando o chamado *algoritmo de redução* apresentado tanto em Larson e Odoni [49], quanto em Christofides [58].

O algoritmo pode ser escrito da seguinte forma:

Passo 1

Se na matriz de cobertura $A = [a(i,j)]$ existir pelo menos uma coluna constituída somente de zeros, então pare. Não há solução viável.

Em linguagem matemática,

$$\exists j' \text{ tal que } a(i,j') = 0 \forall i = 1, \dots, m \Rightarrow \text{pare.}$$

Passo 2

Se na matriz $A = [a(i,j)]$ existir uma coluna j' com um único elemento 1, posicionado na linha i^* , então inclui-se o x_{i^*} correspondente à linha na solução e elimina-se da matriz a linha i^* e todas as colunas que possuírem 1 nesta linha.

Matematicamente tem-se,

$$\exists j' \text{ tal que } \exists! i^* \text{ com } a(i^*, j') = 1$$

$$\Rightarrow \begin{cases} \text{inclua } x_{i^*} \text{ na solução} \\ \text{elimine a linha } i^* \\ \text{elimine todas as colunas com 1 na linha } i^*. \end{cases}$$

Passo 3

Se existir uma linha i'' tal que todas as suas entradas são menores ou iguais as entradas correspondentes de uma outra linha i' , então elimina-se a linha i'' .

Em linguagem matemática,

$$a(i'', j) \leq a(i', j), \forall j = 1, \dots, n \Rightarrow \text{elimine a linha } i''.$$

Passo 4

Se existir uma coluna j'' tal que todas as suas entradas são maiores ou iguais as entradas correspondentes de uma outra coluna j' , então elimina-se a coluna j'' .

Em linguagem matemática,

$$a(i, j'') \geq a(i, j'), \forall i = 1, \dots, m \Rightarrow \text{elimine a coluna } j''.$$

Passo 5

Repete-se os passos de 2 a 4 até que: $\left\{ \begin{array}{l} \text{a) matriz de cobertura esteja vazia; ou} \\ \text{b) não haja alteração na matriz em duas iterações} \\ \text{consecutivas.} \end{array} \right.$

Caso o algoritmo pare porque a matriz de cobertura ficou vazia, então obteve-se a solução completa com o menor número de facilidades a serem alocadas, bem como suas localizações.

Caso a matriz fique inalterada, a solução não está completa. É preciso alocar os pontos que sobraram. A solução pode ser obtida por inspeção, quando trabalha-se com problemas de pequeno porte, ou podem ser usados algoritmos mais sofisticados.

Um Exemplo

Para melhor compreensão deste algoritmo tem-se um exemplo.

A seguir estão representadas as distâncias entre sete pontos geradores de demanda, denotados por Y1 a Y7, e sete pontos candidatos potenciais, X1 a X7, a receberem uma unidade de serviço que atenderão aos pontos de demanda. As distâncias estão expressas em quilômetros sendo 2,0 km a distância máxima que a população deve percorrer até a unidade de serviço.

| | Y1 | Y2 | Y3 | Y4 | Y5 | Y6 | Y7 |
|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| X1 | 1.3 | 4.0 | 3.2 | 1.5 | 0.9 | 2.3 | 1.7 |
| X2 | 2.4 | 1.9 | 4.3 | 5.2 | 2.1 | 3.4 | 2.7 |
| X3 | 3.5 | 2.9 | 1.3 | 1.0 | 0.6 | 0.3 | 3.1 |
| X4 | 5.2 | 2.8 | 1.7 | 4.0 | 0.2 | 3.2 | 2.2 |
| X5 | 5.6 | 6.1 | 1.6 | 3.3 | 1.4 | 0.6 | 0.8 |
| X6 | 1.8 | 3.2 | 1.1 | 1.5 | 0.8 | 2.2 | 3.8 |
| X7 | 0.8 | 2.5 | 6.0 | 4.1 | 2.3 | 1.4 | 0.6 |

A partir destas distâncias é possível escrever a matriz de cobertura $A = [a(i, j)]$, sendo $\lambda = 2.0$.

$$a_{i,j} = \begin{cases} 1, & \text{se } d(i, j) \leq 2.0 \\ 0, & \text{se } d(i, j) > 2.0 \end{cases}$$

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

Com a matriz de cobertura pode-se dizer quais pontos geradores de demanda Y_j são cobertos por cada ponto candidato X_i . Por exemplo, pode-se notar que o ponto candidato X_6 cobre os pontos geradores de demanda Y_1, Y_3, Y_4 e Y_5 . O mesmo pode-se observar para todos os outros pontos X_i .

A partir desta matriz de cobertura é possível aplicar o algoritmo de redução fazendo a aplicação de cada um dos passos descritos.

PASSO 1: Não existe coluna constituída somente de zeros. Portanto, há solução viável.

PASSO 2: A coluna 2 apresenta um único elemento 1 na linha 2. Então, elimina-se a coluna 2 e a linha 2, e o ponto X_2 é incluído na solução. Tem-se uma nova matriz A :

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

PASSO 3: A linha 3 tem todas as suas entradas menores ou iguais as entradas da linha 4, podendo então ser eliminada. Tem-se uma nova matriz A :

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

PASSO 4: A coluna 4 tem todas as suas entradas maiores ou iguais as entradas da coluna 2. Logo pode ser eliminada, ficando-se com uma nova matriz A :

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

PASSO 5: Partindo desta nova matriz A aplica-se novamente os passos de 2 a 4. Constata-se que a matriz A anterior fica inalterada. É preciso alocar as comunidades que sobraram. O problema é de pequeno porte e pode ser resolvido por inspeção. Observando-se a matriz é possível constatar que escolhendo as linhas 1 e 2 que correspondem as candidatas $X1$ e $X3$ todas as localidades de demanda ficariam cobertas. Também poderiam ser escolhidas as linhas 3 e 4 que correspondem a $X5$ e $X6$, outras combinações ainda são possíveis. Quando resolve-se o problema de pequeno porte por inspeção, às vezes, pode-se encontrar mais de uma solução viável. Um conjunto solução seria $X1, X2$ e $X3$.

No entanto se a matriz que ficasse inalterada fosse de maior porte, seria preciso resolver o problema de outra forma. Uma maneira, muito comumente encontrada nos trabalhos de cobertura de conjuntos, é usar programação linear.

O problema escrito na forma de programação linear fica o seguinte:

$$\begin{aligned} & \text{Minimizar } \sum_{i=1}^m c_i x_i \\ & \text{sujeito a } \sum_{i=1}^m a_{ji} x_i \geq 1 \quad \text{para } j = 1, \dots, n \\ & \quad \quad \quad x_i = 0 \text{ ou } 1 \quad \text{para } i = 1, \dots, m \end{aligned}$$

onde $a_{ji} = 0$ ou 1 (da matriz de cobertura)
 $c_i > 0$ (custo ou penalidade pela instalação da facilidade em x_i).

Alguns esclarecimentos sobre o problema podem ser feitos:

- a função objetivo $\sum_{i=1}^m c_i x_i$ a ser minimizada representa o número total de localidades x_i que receberão uma facilidade, considerando-se um custo c_i de cada uma. Neste trabalho utilizou-se um mesmo custo, igual a um, para todas as localidades;

- na primeira restrição aparece a transposta da matriz de cobertura, $A = [a(i, j)]$, pois aqui as localidades candidatas devem estar nas colunas para serem trabalhadas. Nesta restrição está assegurado que todas as localidades geradoras de demanda serão cobertas por pelo menos uma facilidade;

- na segunda restrição tem-se que uma localidade candidata a receber uma facilidade pode ou não vir a recebê-la.

A resolução para problemas escritos na forma de programação linear pode acontecer de maneiras diversas. Neste trabalho usa-se o *método simplex* [64], muito difundido em Pesquisa Operacional.

Para o desenvolvimento metodológico deste trabalho um programa em linguagem *FORTRAN 77* foi feito. Este programa partiu de uma matriz de distâncias entre localidades candidatas a receberem uma unidade de serviço, que coincidiam com as localidades de demanda, e estão apresentadas no próximo capítulo. Esta matriz de distâncias foi então transformada numa matriz de cobertura, sendo em seguida aplicado o algoritmo de redução.

Optou-se por aplicar várias distâncias máximas para o problema, como também está apresentado no capítulo seguinte, e em algumas delas não se chegou a solução final de imediato. Foi então necessário escrever o problema de forma que pudesse ser resolvido pelo método simplex. Utilizou-se um programa feito em linguagem *GAMS 2.05 (General Algebraic Modeling System Compilation)*, para se obter uma solução completa.

A aplicação da metodologia para o município de Florianópolis - bem como os resultados obtidos - estão apresentados no capítulo seguinte.

CAPÍTULO 4

APLICAÇÃO E RESULTADOS

4.1 Introdução

Como foi apresentado no decorrer deste trabalho, o objetivo é estudar a localização das unidades de educação infantil municipais para crianças de zero a seis anos, bem como sugerir novas localidades onde elas poderiam vir a ser instaladas.

Este capítulo apresenta a aplicação para o município de Florianópolis, e com base nos resultados obtidos faz-se algumas considerações.

4.2 Obtenção dos dados

Para aplicar a metodologia de cobertura de conjuntos são necessárias localidades geradoras de demanda e outras candidatas a receberem uma unidade de serviço; e também as distâncias entre elas. Muita dificuldade foi encontrada para a obtenção destes dados, uma vez que os órgãos públicos não mantêm arquivados este tipo de informação. Optou-se por dados utilizados em trabalhos desenvolvidos anteriormente neste programa de pós graduação.

A obtenção das distâncias foi feita por medição direta nos marcadores de quilometragem dos carros de serviço da CELESC (Companhia de Energia Elétrica de Santa Catarina). Isto pode provocar leves distorções na visualização dos resultados do trabalho, já que o centro de uma localidade para os operadores da CELESC pode não coincidir com o centro geográfico da mesma. Cabe ressaltar que as localidades apresentadas estão servidas por energia elétrica e as distâncias entre elas são reais, ou seja, foram obtidas através de vias de tráfego.

Optou-se por considerar todas as localidades como geradoras de demanda e como candidatas. trabalhou-se num total de 84 localidades distribuídas pelo município de Florianópolis.

A tabela 4.1 apresenta a listagem destas localidades que estão apresentadas espacialmente na figura 4.1. Na figura 4.2, as vinte e três creches municipais citadas no capítulo 2 estão distribuídas pelas localidades que serão utilizadas.

Tabela 4.1 Listagem das localidades utilizadas.

| | | | | | |
|----|--|----|--|----|--------------------------------|
| 1 | Santinho | 31 | PONTE Ilha | 61 | Praia Mole |
| 2 | Aranhas | 32 | PONTE Continente | 62 | Barra da Lagoa |
| 3 | Inglese | 33 | Estreito | 63 | Rio Vermelho |
| 4 | Capivari dos Inglese | 34 | Balneário | 64 | Canto da Lagoa |
| 5 | Vargem do Bom Jesus (Morro do Maurício) | 35 | Canto | 65 | Costeira do Pirajubaé |
| 6 | Praia Brava | 36 | Jd Atlantico | 66 | Carianos Lot. Santos Dumond |
| 7 | Ponta das Canas | 37 | Coloninha Bairro Fátima | 67 | Aeroporto |
| 8 | Cach. Bom Jesus | 38 | Procasa | 68 | Base |
| 9 | Vargem Grande | 39 | Pasto do Gado Vila São João Sapé | 69 | Tapera |
| 10 | Canasvieiras | 40 | Morro da Caixa d'Água | 70 | Ribeirão |
| 11 | Praia do Jurerê | 41 | Coqueiros Praia da Saudade Praia do Meio | 71 | Costeira do Ribeirão |
| 12 | Jurerê Internacional | 42 | Morro do Geraldo Capoeiras | 72 | Caiaçangaçu |
| 13 | Praia do Forte | 43 | Itaguaçu Praia das Palmeiras Jd Itaguaçu | 73 | Taperinha |
| 14 | Vargem Pequena | 44 | Abraão | 74 | Caieira da Barra do Sul |
| 15 | Praia da Daniela | 45 | Bom Abrigo | 75 | Alto Ribierão |
| 16 | TREVO Ratones Daniela Jurerê | 46 | Prainha | 76 | Morro das Pedras |
| 17 | Ratones | 47 | José Mendes | 77 | Armação |
| 18 | Sambaqui | 48 | Vila Operária Caieira Saco Limões | 78 | Sertão do Ribierão |
| 19 | Barra Sambaqui | 49 | Saco Limões | 79 | Costa de Dentro |
| 20 | Sto Antonio Lisboa | 50 | Carvoeira Lot. Tercasa | 80 | Açores |
| 21 | Cacupé | 51 | Pantanal | 81 | Solidão |
| 22 | TREVO Saco Grande II | 52 | Trindade | 82 | Pântano do Sul |
| 23 | Monte Verde Saco Gde II | 53 | Córrego Grande | 83 | Campeche |
| 24 | TREVO Saco Gdel Saco Gde II | 54 | Sta Mônica | 84 | Rio Tavares |
| 25 | Saco Grande I | 55 | Itacorubi | | |
| 26 | TREVO Itacorubi | 56 | Anchieta | | |
| 27 | Penitenciária | 57 | São Jorge | | |
| 28 | Pedra Grande Agronomica | 58 | TREVO Subida Lagoa | | |
| 29 | Subida Morro da Cruz | 59 | Lagoa | | |
| 30 | Centro | 60 | Joaquina | | |

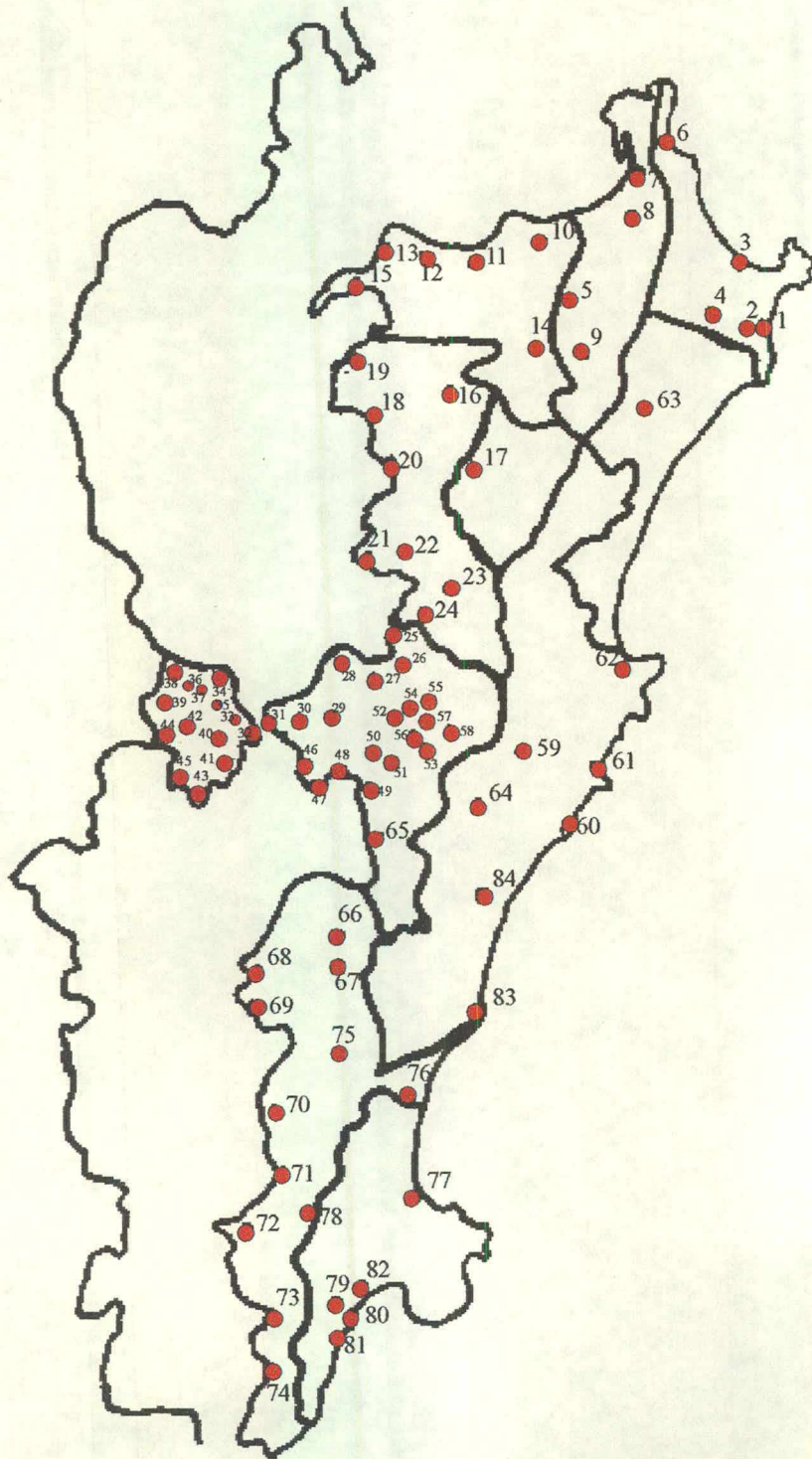


Figura 4.1 Distribuição espacial das localidades.

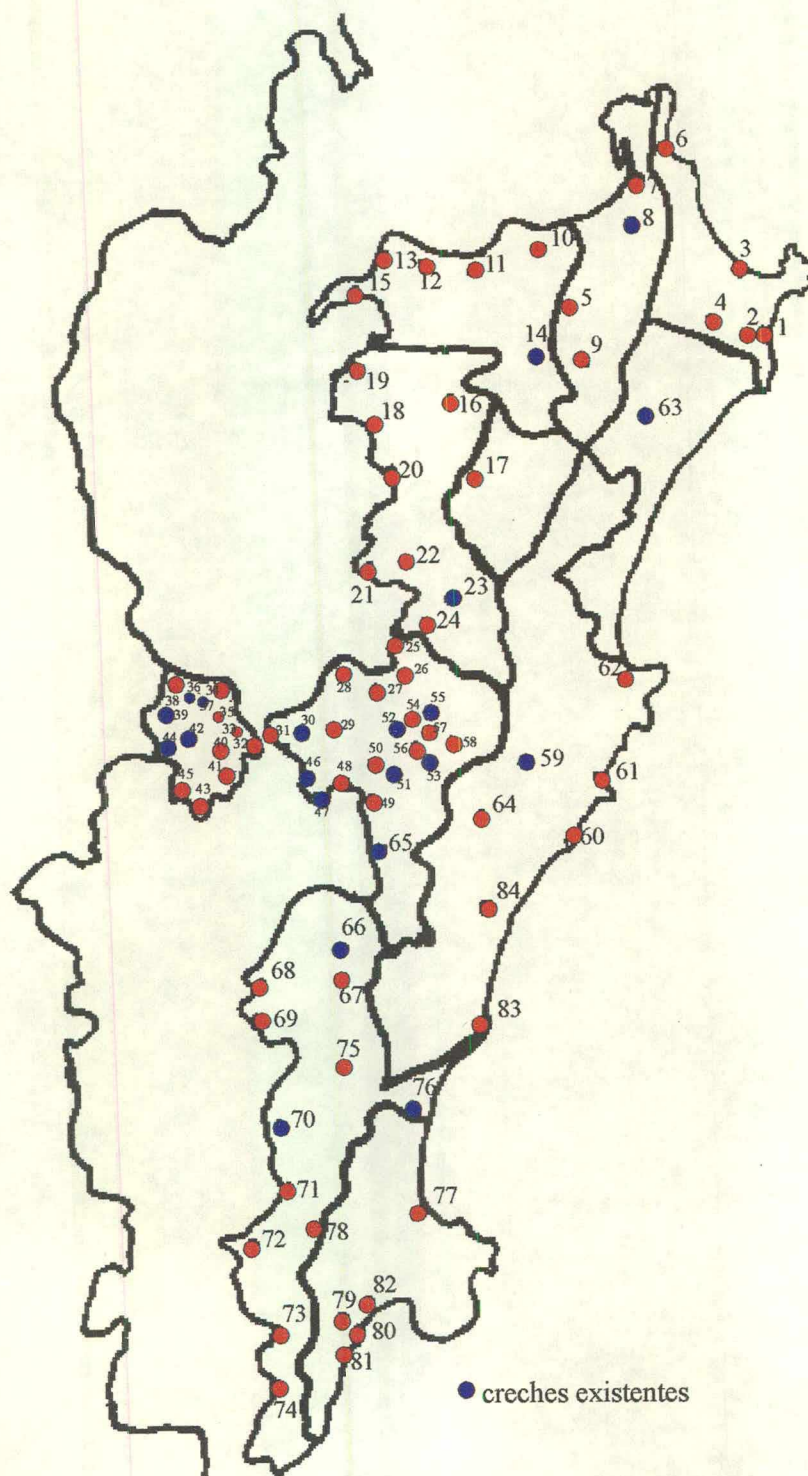


Figura 4.2 Distribuição das creches municipais sobre as localidades utilizadas.

4.3 Resultados

Para a aplicação da metodologia de cobertura de conjuntos é preciso uma distância máxima que deve ser respeitada. Para a rede escolar no Brasil é usual adotar nos planejamentos as distâncias de 1,5 km para áreas urbanas e 3,0 km para áreas rurais [65]. Nos EUA, estas distâncias são em média 2,0km [66].

Com base nestas distâncias optou-se por fazer várias aplicações da metodologia desenvolvida usando-as como distância máxima. Cada uma proporcionou resultados diferentes, inclusive para algumas delas foi preciso além do algoritmo de redução, a aplicação do método simplex para a obtenção da solução completa. A seguir tem-se os resultados obtidos para cada uma destas distâncias.

Distância Máxima de 1,5 km

Ao aplicar a metodologia para uma distância máxima de 1,5 km, obteve-se que das 84 localidades candidatas, 59 deveriam receber uma unidade educacional. Para esta distância foi suficiente a aplicação do algoritmo de redução para se obter a solução completa.

A tabela 4.2 apresenta a listagem das 59 localidades, bem como as outras a elas alocadas, e a tabela 4.3 apresenta estas mesmas facilidades codificadas. Pode-se notar que uma mesma localidade pode estar alocada a mais de uma facilidade. A figura 4.3 apresenta o resultado espacial obtido, sendo os casos de mais de uma alocação escolhidos por inspeção, e a figura 4.4 apresenta uma ampliação do distrito sede. Convencionou-se que as localidades com unidade educacional são os quadrados e as a elas alocadas são os círculos de mesma cor.

Nesta aplicação a localidade 32: Ponte - Continente recebe uma unidade educacional e cobre a localidade 31: Ponte - Ilha. Cabe aqui um pequeno esclarecimento. Florianópolis possui uma parte insular e outra continental, havendo como barreira natural de viagem a baía. Neste trabalho optou-se que localidades do continente não seriam cobertas por facilidades localizadas na ilha, e vice-versa, pois seria preciso a utilização de meios de transporte, já que fazer a travessia da ponte à pé é inconveniente. No entanto, a localidade 31: Ponte - Ilha não é uma geradora de demanda, ela está presente como um instrumento auxiliar. Então sua alocação à localidade 32 é puramente figurativa. Esta, por sua vez, apresenta-se como uma geradora de demanda em fase de expansão, pois existem muitos condomínios ali.

Tabela 4.2: Listagem do resultado para uma distância máxima de 1,5 km.

| Localidades recebendo Facilidade | Localidades Alocadas a estas Facilidades |
|---|---|
| Aranhas | Santinho / Aranhas / Ingleses |
| Ingleses | Aranhas / Ingleses / Capivari dos dos Ingleses |
| Vargem do Bom Jesus | Vargem do Bom Jesus |
| Ponta das Canas | Praia Brava / Ponta das Canas |
| Cach. Bom Jesus | Cach. Bom Jesus |
| Vargem Grande | Vargem Grande |
| Canasvieiras | Canasvieiras |
| Praia do Jurerê | Praia do Jurerê |
| Jurerê Internacional | Jurerê Internacional |
| Praia do Forte | Praia do Forte |
| Vargem Pequena | Vargem Pequena |
| Praia da Daniela | Praia da Daniela |
| TREVO | TREVO |
| Ratones, Daniela, Jurerê | Ratones, Daniela, Jurerê |
| Ratones | Ratones |
| Barra Sambaqui | Barra Sambaqui / Sambaqui |
| Sto Antonio Lisboa | Sto Antonio Lisboa |
| Cacupé | Cacupé |
| TREVO | TREVO |
| Saco Grande II | Saco Grande II |
| TREVO | |
| Saco Gde I e II | Monte Verde, Saco Gde II / TREVO Saco Gde I e II |
| Saco Grande I | Saco Grande I |
| TREVO | |
| Itacorubi | TREVO Itacorubi / Penitenciária |
| Pedra Grande | Pedra Grande |
| Agronomica | Agronomica |
| Ponte | |
| Continente | Ponte Ilha / PonteContinente |
| Jd Atlantico | Jd Atlantico |
| Coloninha | Estreito, BalneárioCanto / Coloninha, Bairro de Fátima |
| Bairro Fátima | / Pasto do Gado, Vila São João, Sapé |
| Procasa | Procasa |
| Morro da Caixa d'Água | Estreito / Morro da Caixa d'Água / Morro do Geraldo, Capoeiras |
| Itaguaçu | |
| Praia das Palmeiras | Coqueiros, Praia da Saudade Praia do Meio / Itaguaçu, Pr Palmeiras, Jd Itaguaçu / Abraão / Bom Abrigo |
| Jd Itaguaçu | |
| Prainha | Subida Morro da Cruz, Centro / Prainha / José Mendes |

| | |
|-------------------------|---|
| Saco Limões | José Mendes, Vila Operária / Caieira S. Limões, Saco dos Limões |
| Pantanal | Pantanal |
| Trindade | Carvoeira, Lot. Tercasa / Trindade |
| Anchieta | Córrego / Sta Mônica / Anchieta |
| São Jorge | Sta Mônica / Itacorubi / São Jorge / Trevo Subida Lagoa |
| Lagoa | Lagoa |
| Joaquina | Joaquina |
| Praia Mole | Praia Mole |
| Barra da Lagoa | Barra da Lagoa |
| Rio Vermelho | Rio Vermelho |
| Canto da Lagoa | Canto da Lagoa |
| Costeira do Pirajubaé | Costeira do Pirajubaé |
| Aeroporto | Carianos, Lot. Santos Dumond / Aeroporto |
| Base | Base |
| Tapera | Tapera |
| Ribeirão | Ribeirão |
| Costeira do Ribeirão | Costeira do Ribeirão |
| Caiacangaçu | Caiacangaçu |
| Taperinha | Taperinha |
| Caieira da Barra do Sul | Caieira da Barra do Sul |
| Alto Ribierão | Alto Ribierão |
| Morro das Pedras | Morro das Pedras |
| Armação | Armação |
| Sertão do Ribierão | Sertão do Ribierão |
| Costa de Dentro | Costa de Dentro |
| Açores | Açores |
| Solidão | Solidão |
| Pântano do Sul | Pântano do Sul |
| Campeche | Campeche |
| Rio Tavares | Rio Tavares |

Tabela 4.3: Codificação do resultado para uma distância máxima de 1,5 km.

| Facilidade | Localidades Cobertas | | | | |
|------------|----------------------|----|----|----|----|
| 2 | 1 | 2 | 3 | | |
| 3 | 2 | 3 | 4 | | |
| 5 | 5 | | | | |
| 7 | 6 | 7 | | | |
| 8 | 8 | | | | |
| 9 | 9 | | | | |
| 10 | 10 | | | | |
| 11 | 11 | | | | |
| 12 | 12 | | | | |
| 13 | 13 | | | | |
| 14 | 14 | | | | |
| 15 | 15 | | | | |
| 16 | 16 | | | | |
| 17 | 17 | | | | |
| 19 | 18 | 19 | | | |
| 20 | 20 | | | | |
| 21 | 21 | | | | |
| 22 | 22 | | | | |
| 24 | 23 | 24 | | | |
| 25 | 25 | | | | |
| 26 | 26 | 27 | | | |
| 28 | 28 | | | | |
| 32 | 31 | 32 | | | |
| 36 | 36 | | | | |
| 37 | 33 | 34 | 35 | 37 | 39 |
| 38 | 38 | | | | |
| 40 | 33 | 40 | 42 | | |
| 43 | 41 | 43 | 44 | 45 | |
| 46 | 29 | 30 | 46 | 47 | |
| 49 | 47 | 48 | 49 | | |
| 51 | 51 | | | | |
| 52 | 50 | 52 | | | |
| 56 | 53 | 54 | 56 | | |
| 57 | 54 | 55 | 57 | 58 | |
| 59 | 59 | | | | |
| 60 | 60 | | | | |
| 61 | 61 | | | | |
| 62 | 62 | | | | |
| 63 | 63 | | | | |
| 64 | 64 | | | | |
| 65 | 65 | | | | |
| 67 | 66 | 67 | | | |
| 68 | 68 | | | | |
| 69 | 69 | | | | |
| 70 | 70 | | | | |
| 71 | 71 | | | | |
| 72 | 72 | | | | |
| 73 | 73 | | | | |
| 74 | 74 | | | | |
| 75 | 75 | | | | |
| 76 | 76 | | | | |
| 77 | 77 | | | | |
| 78 | 78 | | | | |
| 79 | 79 | | | | |
| 80 | 80 | | | | |
| 81 | 81 | | | | |
| 82 | 82 | | | | |
| 83 | 83 | | | | |
| 84 | 84 | | | | |

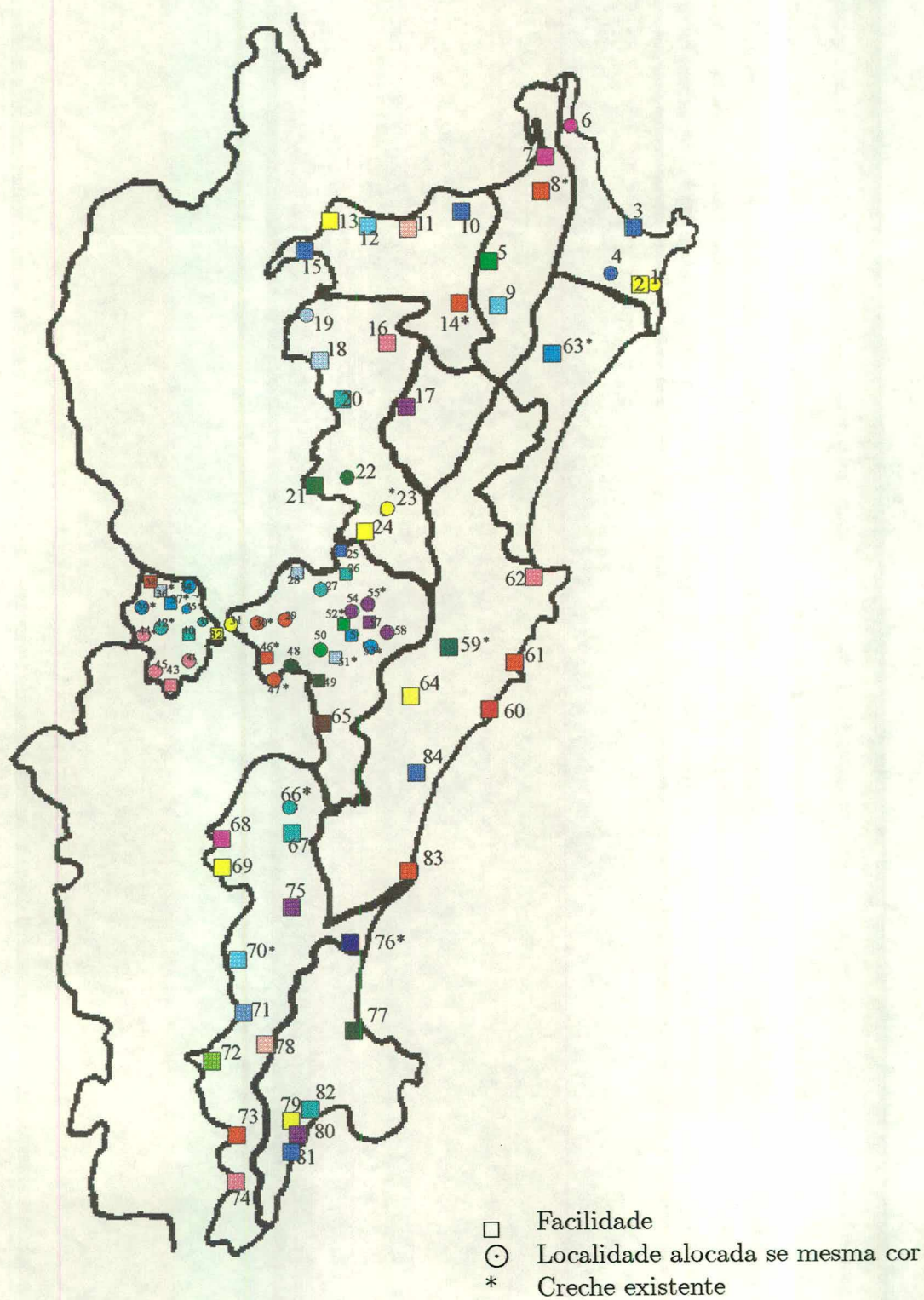


Figura 4.3: Distribuição das alocações para uma distância máxima de 1,5 km.

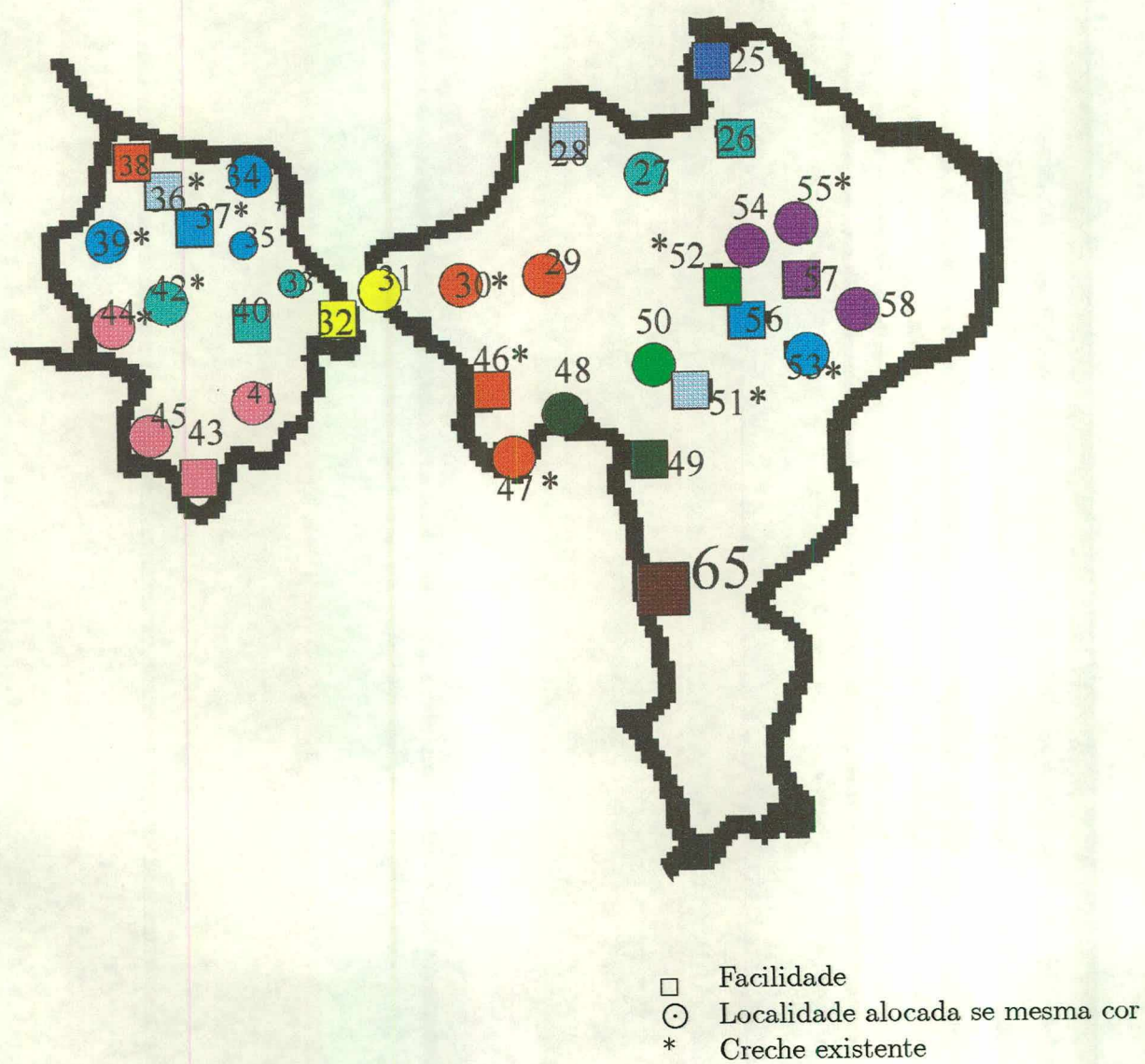


Figura 4.4: Ampliação do distrito sede para uma distância máxima de 1,5 km.

Distância Máxima de 2,0 km

Ao aplicar a metodologia para uma distância máxima de 2,0 km, obteve-se que das 84 localidades candidatas, 50 devem receber uma unidade educacional. Para esta distância a aplicação do algoritmo de redução não foi suficiente para se obter a solução completa, sendo necessária a aplicação do método simplex para tal.

A tabela 4.4 apresenta a listagem das 50 localidades, bem como as outras a elas alocadas, e a tabela 4.5 apresenta estas mesmas localidades codificadas. Pode-se notar que uma mesma localidade pode estar alocada a mais de uma facilidade. A figura 4.5 apresenta o resultado espacial obtido, sendo os casos de mais de uma alocação escolhidos por inspeção, e a figura 4.6 apresenta uma ampliação do distrito sede. Convencionou-se que as localidades com unidade educacional são os quadrados e as a elas alocadas são os círculos de mesma cor.

Distância Máxima de 3,0 km

Ao aplicar a metodologia para uma distância máxima de 3,0 km, obteve-se que das 84 localidades candidatas, 34 devem receber uma unidade educacional. Para esta distância a aplicação do algoritmo de redução não foi suficiente para se obter a solução completa, sendo necessária a aplicação do método simplex para tal.

A tabela 4.6 apresenta a listagem das 34 localidades, bem como as outras a elas alocadas, e a tabela 4.7 apresenta estas mesmas localidades codificadas. Pode-se notar que uma mesma localidade pode estar alocada a mais de uma facilidade. A figura 4.7 apresenta o resultado espacial obtido, sendo os casos de mais de uma alocação escolhidos por inspeção, e a figura 4.8 apresenta uma ampliação do distrito sede. Convencionou-se que as localidades com unidade educacional são os quadrados e as a elas alocadas são os círculos de mesma cor.

Tabela 4.4: Listagem do resultado para uma distância máxima de 2,0 km.

| Localidades recebendo Facilidade | Facilidades Alocadas a estas Facilidades |
|--|---|
| Aranhas | Santinho / Aranhas / Ingleses |
| Ingleses | Aranhas / Ingleses / Capivari dos Ingleses |
| Vargem do Bom Jesus (Morro do Maurício) | Vargem do Bom Jesus (Morro do Maurício) |
| Ponta das Canas | Praia Brava / Ponta das Canas |
| Cach. Bom Jesus | Cach. Bom Jesus |
| Vargem Grande | Vargem Grande |
| Canasvieiras | Canasvieiras |
| Praia do Jurerê | Praia do Jurerê |
| Jurerê Internacional | Jurerê Internacional |
| Praia do Forte | Praia do Forte |
| Vargem Pequena | Vargem Pequena |
| Praia da Daniela | Praia da Daniela |
| TREVO Ratones Daniela Jurerê | TREVO Ratones Daniela Jurerê |
| Ratones | Ratones |
| Sambaqui | Sambaqui / Barra de Sambaqui / Sto. Antônio de Lisboa |
| TREVO Saco Grande II | Cacupé / TREVO Saco Grande II |
| TREVO Saco GdeI Saco Gde II | Monte Verde, Saco Gde II / TREVO Saco Gde I e II / Saco Gde I |
| Penitenciária | TREVO Itacorubi / Penitenciária / Pedra Gde, Agronomica |
| Estreito | Estreito / Balneário / Canto / Coloninha, Bairro de Fátima / Morro da Caixa d'Água / Morro do Geraldo, Capoeiras |
| Procasa | Jd Atlantico / Procasa / Pasto do Gado, Vila S. João, Sapé |
| Coqueiros Praia da Saudade Praia do Meio | Ponte Continente / Coqueiros, Praia da Saudade, Praia do Meio / Morro do Geraldo / Itaguaçu, Praia das Palmeiras, Jd Itaguaçu |
| Itaguaçu Praia das Palmeiras Jd Itaguaçu | Coqueiros, Pr Saudade, Pr Meio / Itaguaçu, Pr. Palmeiras, Jd Itaguaçu / Abraão / Bom Abrigo |
| Prainha | Subida Morro da Cruz / Centro / Ponte Ilha / Prainha / José Mendes |
| Saco dos Limões | José Mendes / Vila Operária, Caieira do Saco dos Limões / Saco dos Limões / Carvoeira, Lot. Tercasa / Pantanal |
| Córrego grande | Trindade / Corrego Gde / Anchieta / Trevo Subida da Lagoa |

| | |
|-------------------------|---|
| Itacorubi | Sta Monica / Itacorubi / São Jorge /Trevo Subida da Lagoa |
| Lagoa | Lagoa |
| Joaquina | Joaquina |
| Praia Mole | Praia Mole |
| Barra da Lagoa | Barra da Lagoa |
| Rio Vermelho | Rio Vermelho |
| Canto da Lagoa | Canto da Lagoa |
| Costeira do Pirajubaé | Costeira do Pirajubaé |
| Aeroporto | Carianos, Lot. Santos Dumond / Aeroporto |
| Tapera | Base / Tapera |
| Ribeirão | Ribeirão |
| Costeira do Ribeirão | Costeira do Ribeirão |
| Caiacangaçu | Caiacangaçu |
| Taperinha | Taperinha |
| Caieira da Barra do Sul | Caieira da Barra do Sul |
| Alto Ribierão | Alto Ribierão |
| Morro das Pedras | Morro das Pedras |
| Armação | Armação |
| Sertão do Ribierão | Sertão do Ribierão |
| Costa de Dentro | Costa de Dentro |
| Açores | Açores |
| Solidão | Solidão |
| Pântano do Sul | Pântano do Sul |
| Campeche | Campeche |
| Rio Tavares | Rio Tavares |

Tabela 4.5: Codificação do resultado para uma distância máxima de 2,0 km.

| Facilidade | Localidades cobertas | | | | | |
|------------|----------------------|----|----|----|----|----|
| 2 | 1 | 2 | 3 | | | |
| 3 | 2 | 3 | 4 | | | |
| 5 | 5 | | | | | |
| 7 | 6 | 7 | | | | |
| 8 | 8 | | | | | |
| 9 | 9 | | | | | |
| 10 | 10 | | | | | |
| 11 | 11 | | | | | |
| 12 | 12 | | | | | |
| 13 | 13 | | | | | |
| 14 | 14 | | | | | |
| 15 | 15 | | | | | |
| 16 | 16 | | | | | |
| 17 | 17 | | | | | |
| 18 | 18 | 19 | 20 | | | |
| 22 | 21 | 22 | | | | |
| 24 | 23 | 24 | 25 | | | |
| 27 | 26 | 27 | 28 | | | |
| 33 | 33 | 34 | 35 | 37 | 40 | 42 |
| 38 | 36 | 38 | 39 | | | |
| 41 | 32 | 41 | 42 | 43 | | |
| 43 | 41 | 43 | 44 | 45 | | |
| 46 | 29 | 30 | 31 | 46 | 47 | |
| 49 | 47 | 48 | 49 | 50 | 51 | |
| 53 | 52 | 53 | 56 | 58 | | |
| 55 | 54 | 55 | 57 | 58 | | |
| 59 | 59 | | | | | |
| 60 | 60 | | | | | |
| 61 | 61 | | | | | |
| 62 | 62 | | | | | |
| 63 | 63 | | | | | |
| 64 | 64 | | | | | |
| 65 | 65 | | | | | |
| 67 | 66 | 67 | | | | |
| 69 | 68 | 69 | | | | |
| 70 | 70 | | | | | |
| 71 | 71 | | | | | |
| 72 | 72 | | | | | |
| 73 | 73 | | | | | |
| 74 | 74 | | | | | |
| 75 | 75 | | | | | |
| 76 | 76 | | | | | |
| 77 | 77 | | | | | |
| 78 | 78 | | | | | |
| 79 | 79 | | | | | |
| 80 | 80 | | | | | |
| 81 | 81 | | | | | |
| 82 | 82 | | | | | |
| 83 | 83 | | | | | |
| 84 | 84 | | | | | |

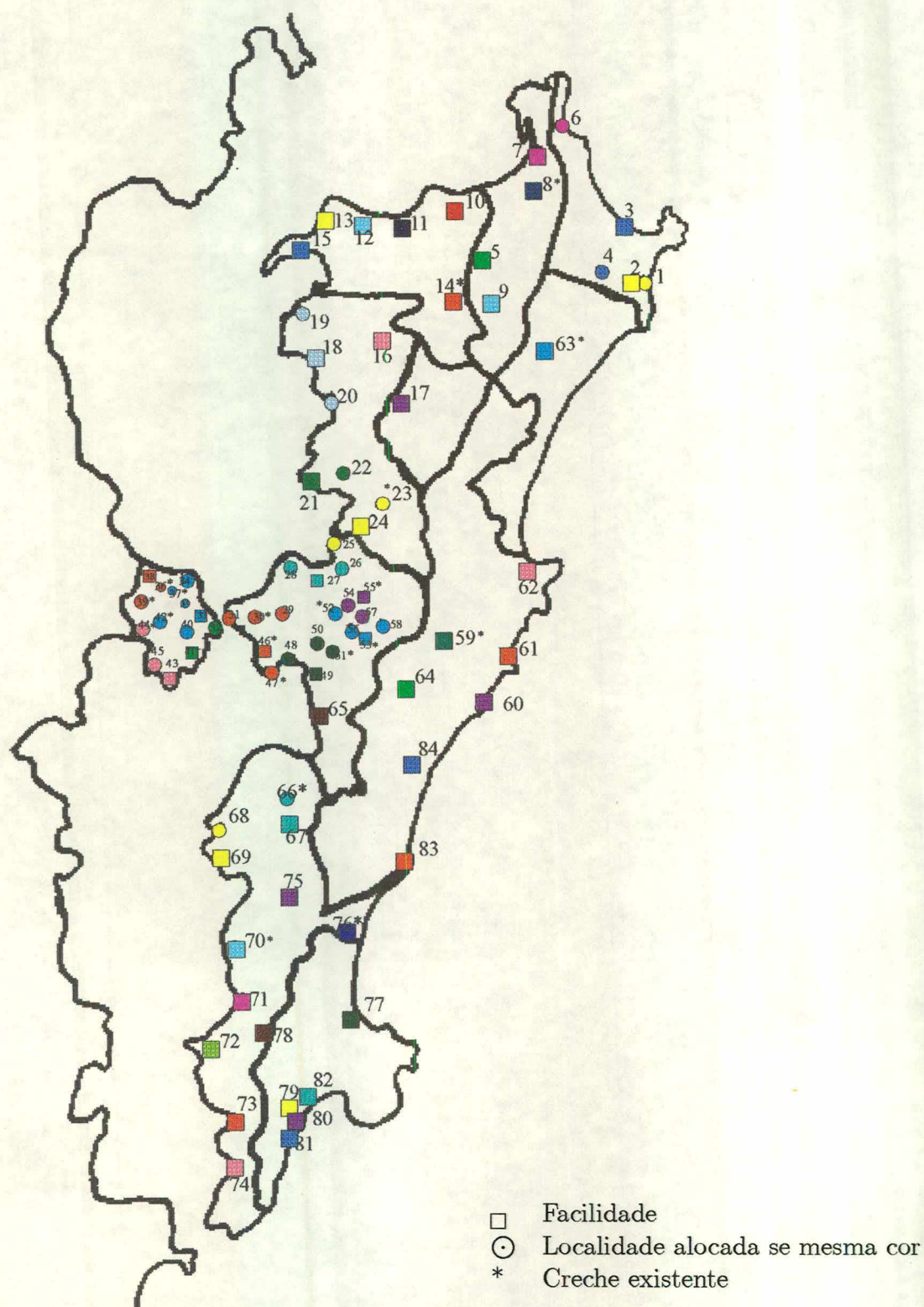
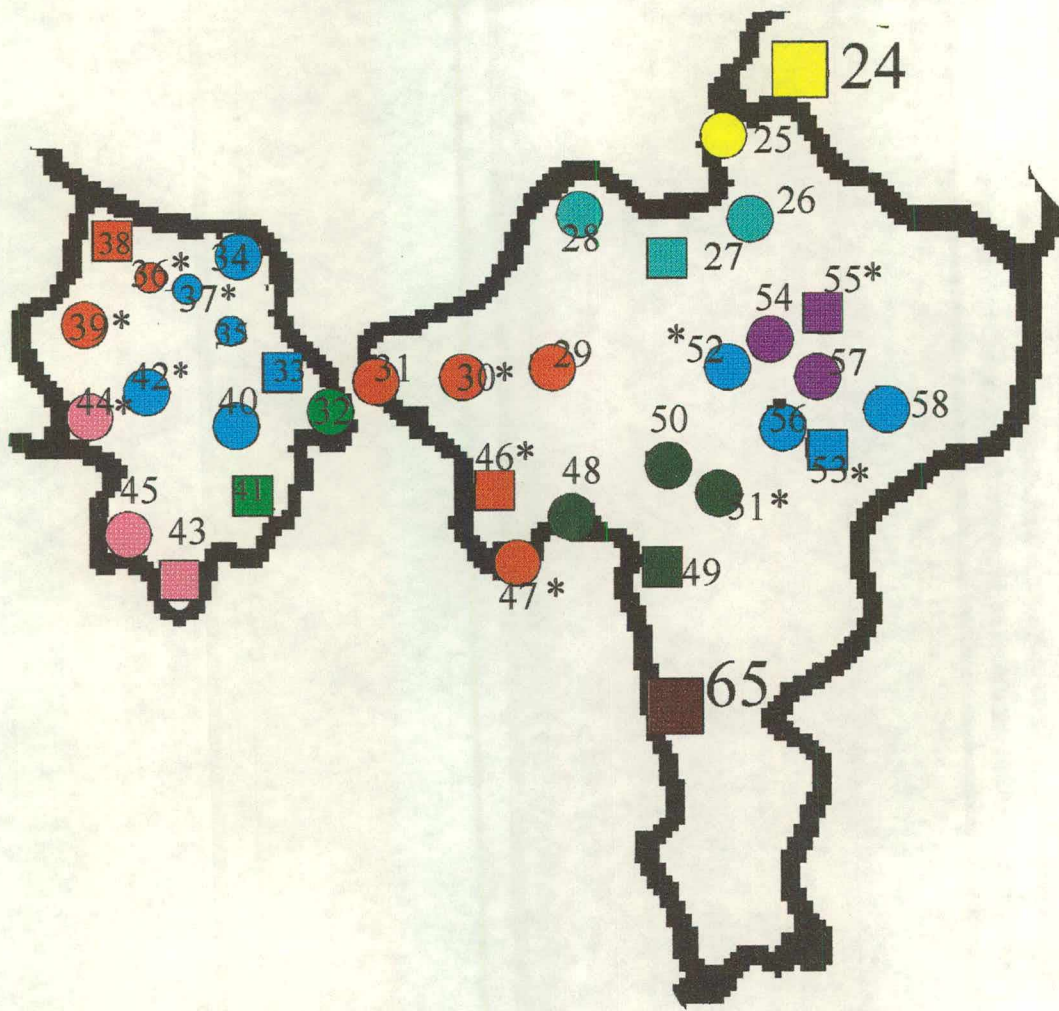


Figura 4.5: Distribuição das alocações para uma distância máxima de 2,0 km.



- Facilidade
- Localidade alocada se mesma cor
- * Creche existente

Figura 4.6: Ampliação do distrito sede para uma distância máxima de 2,0 km.

Tabela 4.6: Listagem do resultado para uma distância máxima de 3,0 km.

| Localidade recebendo Facilidade | Facilidades Alocadas a estas Facilidades |
|--|---|
| Ingleses | Santinho / Aranhas / Ingleses / Capivari dos Ingleses |
| Vargem do Bom Jesus (Morro do Maurício) | Vargem do Bom Jesus (Morro do Maurício) |
| Ponta das Canas | Praia Brava / Ponta das Canas |
| Cach. Bom Jesus | Cach. Bom Jesus |
| Vargem Grande | Vargem Grande / Canasvieiras |
| Jurerê Internacional | Pr. Jurere / Jurerê Internacional / Pr. Forte |
| Praia da Daniela | Praia da Daniela |
| TREVO Ratonés Daniela Jurerê | Vargem Pequena / TREVO Ratonés, Daniela, Jurerê / Ratonés |
| Sto Antonio Lisboa | Sambaqui / Barra de Sambaqui / Sto. Antonio de Lisboa / Trevo Saco Gde II |
| TREVO Saco Grande II | Sto Antonio de Lisboa / Cacupé / Trevo Saco Gde II/ Monte Verde, Saco Gde II / Trevo Saco Gde I e II |
| TREVO Itacorubi | Monte Verde, Saco Gde II / Trevo Saco Gde I e II / Saco Gde I / Trevo Itacorubi / Penitenciária / Pedra Gde, Agronomica |
| Coloninha Bairro de Fátima | Estreito / Balneário / Canto / Jd Atlântico / Coloninha, Bairro de Fátima / Procasa / Pasto do gado, Vila São João, Sapé |
| Morro da Caixa d'Água | Ponte Ilha / Ponte Continente / Estreito / Balneário / Canto / Coloninha, Bairro de Fátima / Morro da Caixa d'Água /Coqueiros, Pr Saudade, Pr. Meio / Morro Geraldo, Capoeiras / Abraão |
| Coqueiros Praia da Saudade Praia do Meio | Ponte Continente / Morro da caixa d'Água / Coqueiros, Pr. Saudade, Pr Meio / Morro do Geraldo, Capoeiras / Itaguaçu, Pr Palmeiras, Jd Itaguaçu / Bom Abrigo |
| Prainha | Subida Morro da Cruz / Centro / Ponte Ilha / Prainha / José Mendes / Saco dos Limões |
| Pantanal | Vila Operária, Caieira Saco dos Limões / Saco dos Limões / Carvoeira, Lot. Tercasa / Pantanal / Trindade / Corrégo Gde / Costeira do Pirajubaé |
| Itacorubi | Trindade / Córrego Gde / Sta Monica / Itacorubi / Anchieta / São Jorge / Trevo Subida da Lagoa |
| Lagoa | Lagoa |
| Joaquina | Joaquina |
| Barra da Lagoa | Praia Mole / Barra da Lagoa |
| Rio Vermelho | Rio Vermelho |
| Canto da Lagoa | Canto da Lagoa |
| Aeroporto | Carianos / Aeroporto |
| Tapera | Base / Tapera |
| Ribieirão | Ribieirão |
| Caiacangaçu | Costeira do Ribieirão / Caiacangaçu / Taperinha |
| Taperinha | Caicangaçu / Taperinha / Caieira da Barra do Sul |
| Morro das Pedras | Alto Ribierão / Morro das Pedras |
| Armação | Armação |
| Sertão do Ribieirão | Sertão do Ribieirão |
| Costa de Dentro | Costa de Dentro |
| Açores | Açores / Solidão / Pântano do Sul |
| Campeche | Campeche |
| Rio Tavares | Rio Tavares |

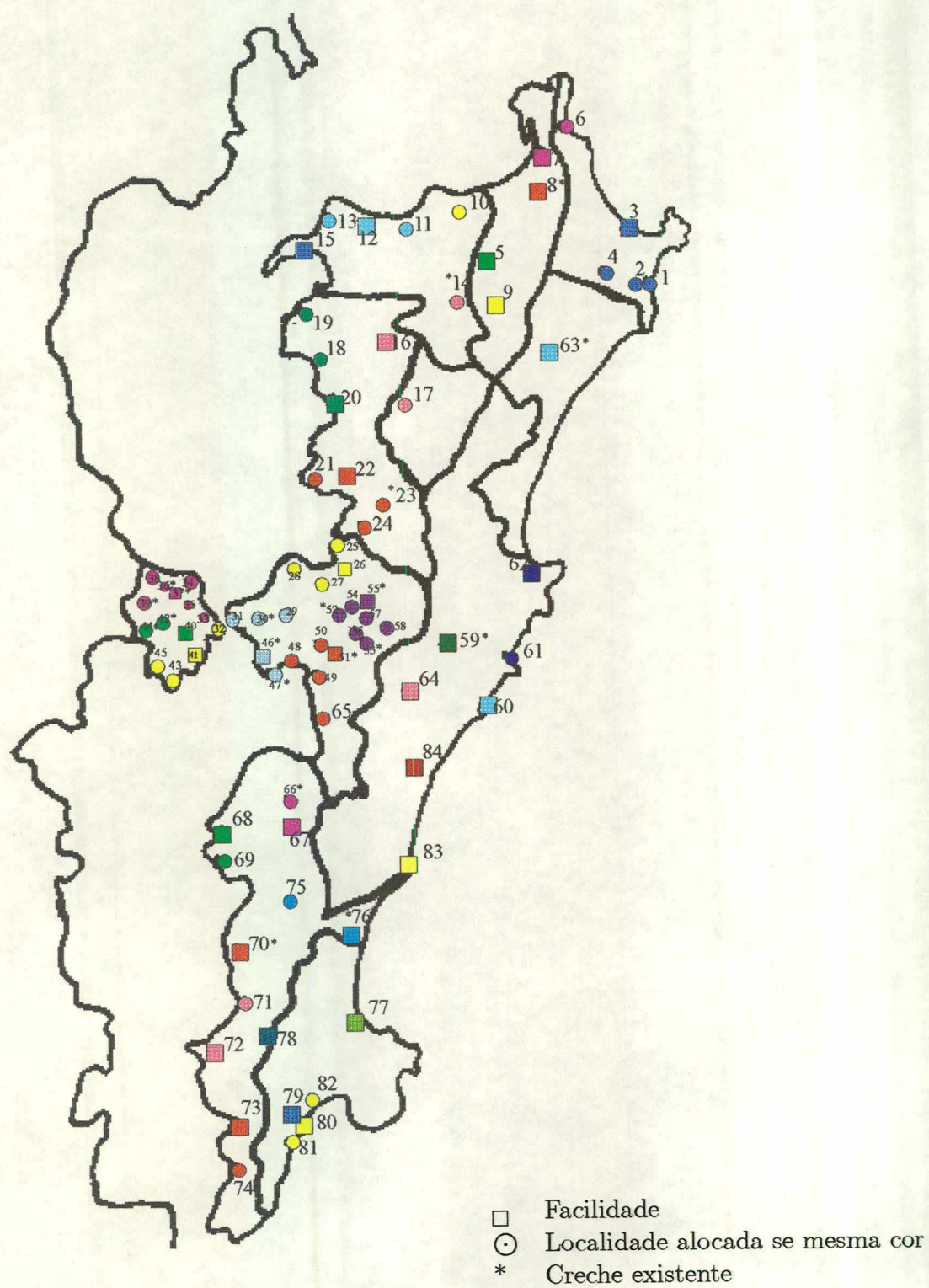


Figura 4.7: Distribuição das alocações para uma distância máxima de 3,0 km.

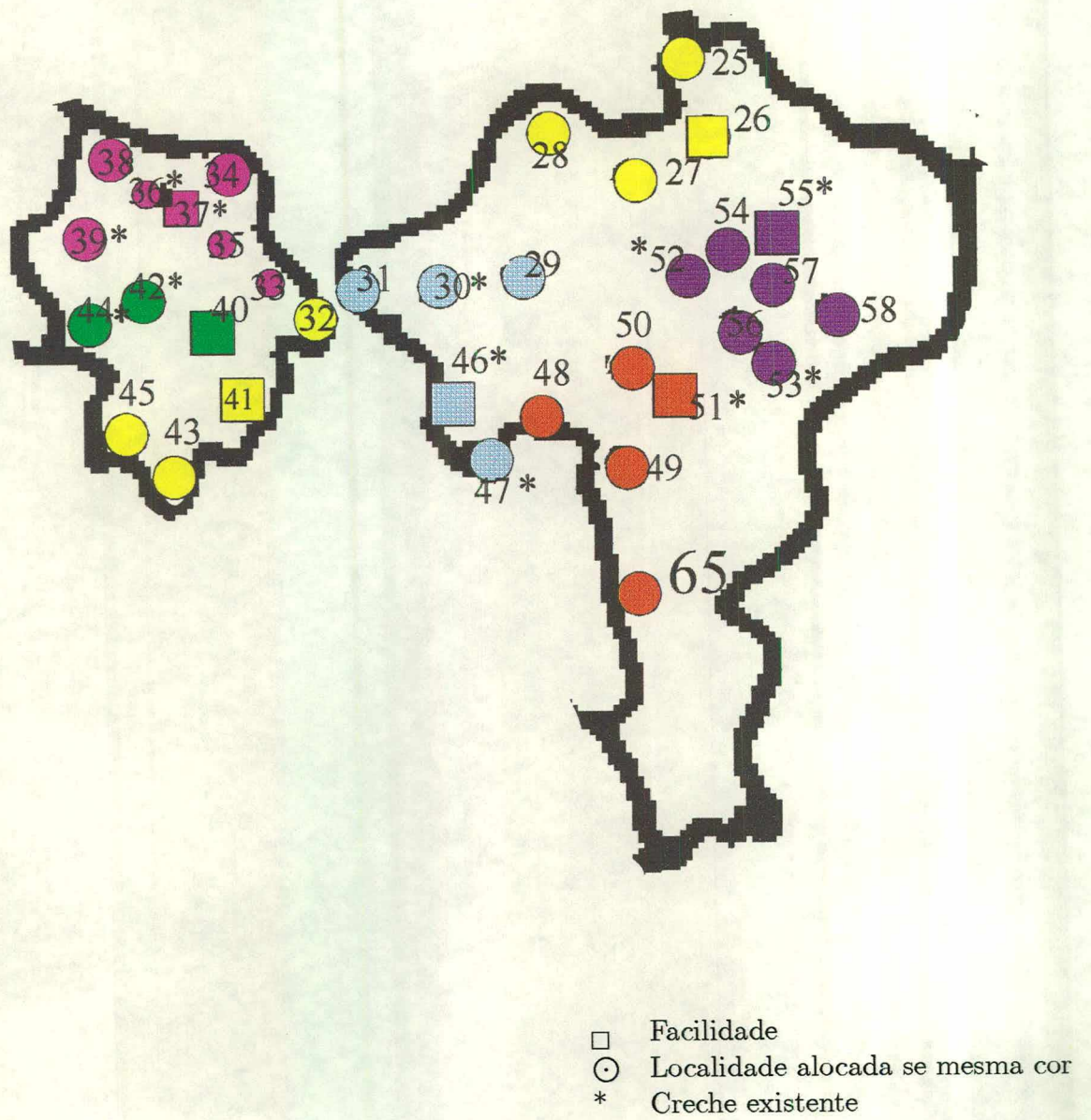


Figura 4.8: Ampliação do distrito sede para uma distância máxima de 3,0 km.

Aplicou-se também a metodologia para distâncias de 4,0 km obtendo 25 unidades de educação a serem estabelecidas; e de 5,0 km que obteve como resultado 19 localidades para receberem unidades educacionais. O objetivo era descobrir em qual intervalo está o número de creches municipais em funcionamento. Se as 23 unidades educacionais que existem hoje estivessem bem distribuídas espacialmente, então a população estaria se deslocando no máximo 4,2 km. No entanto elas estão concentradas no distrito sede, havendo inclusive distritos sem nenhuma unidade educacional. Isto provoca uma total distorção na distância máxima que a população de diferentes localidades percorre.

4.4 Proposta para implementação

Vale aqui lembrar que o município de Florianópolis está localizado na região sul do Brasil, uma área que faz frio, às vezes muito frio, boa parte do ano. Isto é um fator de risco para a saúde das crianças que a ele ficam expostas por muito tempo. Além disso, para os responsáveis o deslocamento por longas distâncias com a criança ao colo também é um fator complicador, não só pelo cansaço, como também pelo mal que pode causar à saúde.

Com base nos resultados obtidos para as várias distâncias experimentadas; no senso comum dos planejadores educacionais brasileiros; e principalmente, nas características do município de Florianópolis, sugere-se que a distância máxima adota pelas autoridades florianopolitanas ao fazer um planejamento para expansão do sistema seja de 1,5 km.

Como a implantação de novas unidades educacionais se dá de forma gradativa, pensou-se qual seria o melhor critério a ser adotado na escolha das primeiras. Concluiu-se que deveria haver um fator de comparação da necessidade de cada localidade. Chegou-se, então, na idéia de um índice de necessidade que está desenvolvido a seguir.

4.4.1 Índice de Necessidade

Uma adaptação da idéia do índice de risco, apresentado no trabalho de Souza [1], foi feita, transformando-o em um *índice de necessidade*. A intenção primeira era fazer o cálculo para cada uma das localidades, utilizadas como potenciais candidatas a receberem uma unidade educacional, usando os dados sócio-econômicos delas. Novamente encontrou-se o problema de levantamento de informações. Não há dados registrados para as comunidades isoladamente. Então, mais uma vez, adaptou-se o trabalho aos dados existentes, implicando

no cálculo do índice de necessidade para cada um dos dez distritos administrativos.

As informações utilizadas basearam-se na população de cada distrito; no número de pessoas não alfabetizadas; no número de chefes de família com menos de sete anos de estudo; e no número de chefes de família com renda de até cinco salários mínimos. Estas informações estão apresentadas nas tabelas 4.8, 4.8, 4.10 e 4.11 a seguir.

Tabela 4.8: População total dos distritos.

| Distrito | População | Proporção |
|---------------------------|-----------|-----------|
| Florianópolis | 192075 | 0.752 |
| Cachoeira de Bom Jesus | 4509 | 0.018 |
| Canasvieiras | 4092 | 0.016 |
| Inglesees do Rio Vermelho | 5862 | 0.023 |
| Lagoa da Conceição | 14794 | 0.058 |
| Pântano do Sul | 3961 | 0.016 |
| Ratones | 1080 | 0.004 |
| Ribeirão da Ilha | 14228 | 0.056 |
| Santo Antônio de Lisboa | 12925 | 0.051 |
| São João do Rio Vermelho | 1864 | 0.007 |

fonte: IBGE [22].

A proporção baseia-se na população total do município de Florianópolis, que é de 255390, segundo o censo de 1990 [22].

Tabela 4.9: População alfabetizada e não alfabetizada por distrito.

| Distrito | Alfabetizados | Total | Proporção | Analfabetos |
|---------------------------|---------------|--------|-----------|-------------|
| Florianópolis | 160014 | 174932 | 0.91 | 0.09 |
| Cachoeira de Bom Jesus | 3296 | 3984 | 0.83 | 0.17 |
| Canasvieiras | 3172 | 3668 | 0.86 | 0.14 |
| Inglesees do Rio Vermelho | 4450 | 5206 | 0.85 | 0.15 |
| Lagoa da Conceição | 11742 | 13240 | 0.89 | 0.11 |
| Pântano do Sul | 2959 | 3511 | 0.84 | 0.16 |
| Ratones | 786 | 956 | 0.82 | 0.18 |
| Ribeirão da Ilha | 10983 | 12645 | 0.87 | 0.13 |
| Santo Antônio de Lisboa | 10004 | 11486 | 0.87 | 0.13 |
| São João do Rio Vermelho | 1368 | 1679 | 0.81 | 0.19 |

fonte: IBGE [22].

A população total que é tomada como base para o cálculo da proporção diz respeito as pessoas que deveriam estar alfabetizadas, ou seja, todos com mais de sete anos de idade.

Tabela 4.10: Chefes de família com até sete anos de estudo.

| Distrito | Chefes até 7 anos estudo | Total | Proporção |
|---------------------------|--------------------------|-------|-----------|
| Florianópolis | 17021 | 52194 | 0.33 |
| Cachoeira de Bom Jesus | 860 | 1103 | 0.78 |
| Canasvieiras | 669 | 1092 | 0.61 |
| Inglesees do Rio Vermelho | 1013 | 1570 | 0.65 |
| Lagoa da Conceição | 1859 | 3977 | 0.47 |
| Pântano do Sul | 610 | 1093 | 0.56 |
| Ratones | 206 | 257 | 0.80 |
| Ribeirão da Ilha | 1914 | 3517 | 0.54 |
| Santo Antônio de Lisboa | 1633 | 3172 | 0.51 |
| São João do Rio Vermelho | 327 | 450 | 0.73 |

fonte: IBGE [22].

Tabela 4.11: Chefes de família com renda até 5 salários mínimos.

| Distrito | Chefes até 5 SM | Total | Proporção |
|---------------------------|-----------------|-------|-----------|
| Florianópolis | 28297 | 52194 | 0.54 |
| Cachoeira de Bom Jesus | 1019 | 1103 | 0.92 |
| Canasvieiras | 870 | 1092 | 0.80 |
| Inglesees do Rio Vermelho | 11313 | 1570 | 0.84 |
| Lagoa da Conceição | 2805 | 3977 | 0.71 |
| Pântano do Sul | 921 | 1093 | 0.84 |
| Ratones | 237 | 257 | 0.92 |
| Ribeirão da Ilha | 2665 | 3517 | 0.76 |
| Santo Antônio de Lisboa | 2503 | 3172 | 0.79 |
| São João do Rio Vermelho | 411 | 450 | 0.91 |

fonte: IBGE [22].

O número total no qual estão baseadas as proporções das tabelas 4.10 e 4.11 é o número total de domicílios de cada distrito.

Para o cálculo do índice de necessidade escolheu-se fazer a multiplicação das proporções de cada distrito relativas ao número de analfabetos, aos chefes de família com até sete anos de estudo e até cinco salários mínimos de renda. Como resultado tem-se os números apresentados na tabela 4.9, com os distritos já ordenados em função do índice de necessidade.

Tabela 4.12: Distritos ordenados pelo índice de necessidade.

| Distrito | Índice |
|--------------------------|--------|
| Ratones | 0.131 |
| Cachoeira de Bom Jesus | 0.124 |
| São João do Rio Vermelho | 0.123 |
| Ingleses do Rio Vermelho | 0.078 |
| Pântano do Sul | 0.074 |
| Canasvieiras | 0.066 |
| Ribeirão da Ilha | 0.054 |
| Santo Antônio de Lisboa | 0.052 |
| Lagoa da Conceição | 0.037 |
| Florianópolis | 0.015 |

4.4.2 Indicação

Pode-se notar que os distritos de Ratones, Cachoeira de Bom Jesus e São João do Rio Vermelho são bastante necessitados. Voltando-se ao capítulo 2, pode-se notar que estes três distritos têm pouca representatividade, principalmente econômica. Indica-se que estes distritos sejam olhados com atenção, principalmente o distrito de Ratones. Ele não possui nenhuma unidade de atendimento às crianças na faixa de zero a seis anos em horário integral, nem unidades de atendimento a estas crianças em horário parcial. O trabalho é naturalmente guiado a apontar este distrito como o mais necessitado.

Caberia ainda indicar como uma boa opção de começo de implantação de novas unidades, a utilização do espaço físico já existente das unidades de atendimento em horário parcial. Após as necessárias adaptações, elas poderiam ser transformadas em horário integral, com opção de horário parcial para os responsáveis que assim o preferirem.

Dentro desta idéia caberiam todos os outros distritos administrativos, pois, com excessão de Ratones, todos possuem unidades educacionais de tempo parcial, inclusive Cachoeira de Bom Jesus e São João do Rio Vermelho.

4.4.3 Dimensionamento

É preciso ainda tratar do número de crianças que cada unidade educacional deve receber. Este trabalho não se aprofunda no dimensionamento das unidades, mas sugere com base no

livro de Rizzo [67], que a relação de custo ótimo ocorre quando são atendidas 144 crianças, pois existe um número fixo de profissionais que devem ter em qualquer creche independente do número de crianças.

Consultando a tabela 4.8, é possível observar que o distrito de Florianópolis possui mais de 75% da população total do município, sendo que 13% são de crianças de zero a seis anos. Este número é extremamente significativo, sugerindo que o número de unidades escolares deva ser bem elevado. Um refinamento dos resultados obtidos com a distância máxima de 1,5 km pode ser desenvolvido.

4.4.4 Refinamento do resultado

Como a densidade populacional do distrito sede - Florianópolis é elevada, e é sugerido um número de 144 crianças em cada unidade escolar, pode-se melhorar os resultados para este distrito, já que serão necessárias muitas outras localidades para a satisfação do número de crianças a serem atendidas.

Optou-se por um refinamento dos resultados obtidos com a distância de 1,5 km para o distrito sede. Aplicou-se a metodologia usando uma distância máxima de 0,8 km. Como resultado obteve-se que das 35 localidades candidatas a receberem uma unidade, 28 a recebem. Praticamente todas as localidades cobrem somente elas mesmas. Apenas cinco recebem outras localidades alocadas a si, e estão listadas a seguir na tabela 4.13.

Tabela 4.13: Listagem das localidades escolhidas e suas áreas de cobertura.

| Localidade | Cobertura |
|----------------|--|
| Canto | Estreito / Balneário / Canto / Coloninha |
| Bom Abrigo | Abraão / Bom Abrigo |
| Saco dos Limes | V. Operária / Saco dos Limões |
| Itacorubi | Sta Mônica / Itacorubi |
| Anchieta | Córrego Grande / Anchieta |

4.4.5 Resultado final

O trabalho sugere que para todos os distritos, com exceção do sede - Florianópolis, seja adotada a distância máxima de 1,5 km a ser percorrida pela população até atingir uma unidade escolar de atendimento às crianças na faixa de zero a seis anos. Para o distrito sede, é sugerida a distância de 0,8 km. A visualização destas sugestões está apresentada na figura 4.9, com uma ampliação do distrito na figura 4.10.

Muitos outros caminhos podem ser seguidos, seja por atitude política, ou por pesquisa científica. Alguns deles estão apresentados como sugestão no capítulo seguinte.

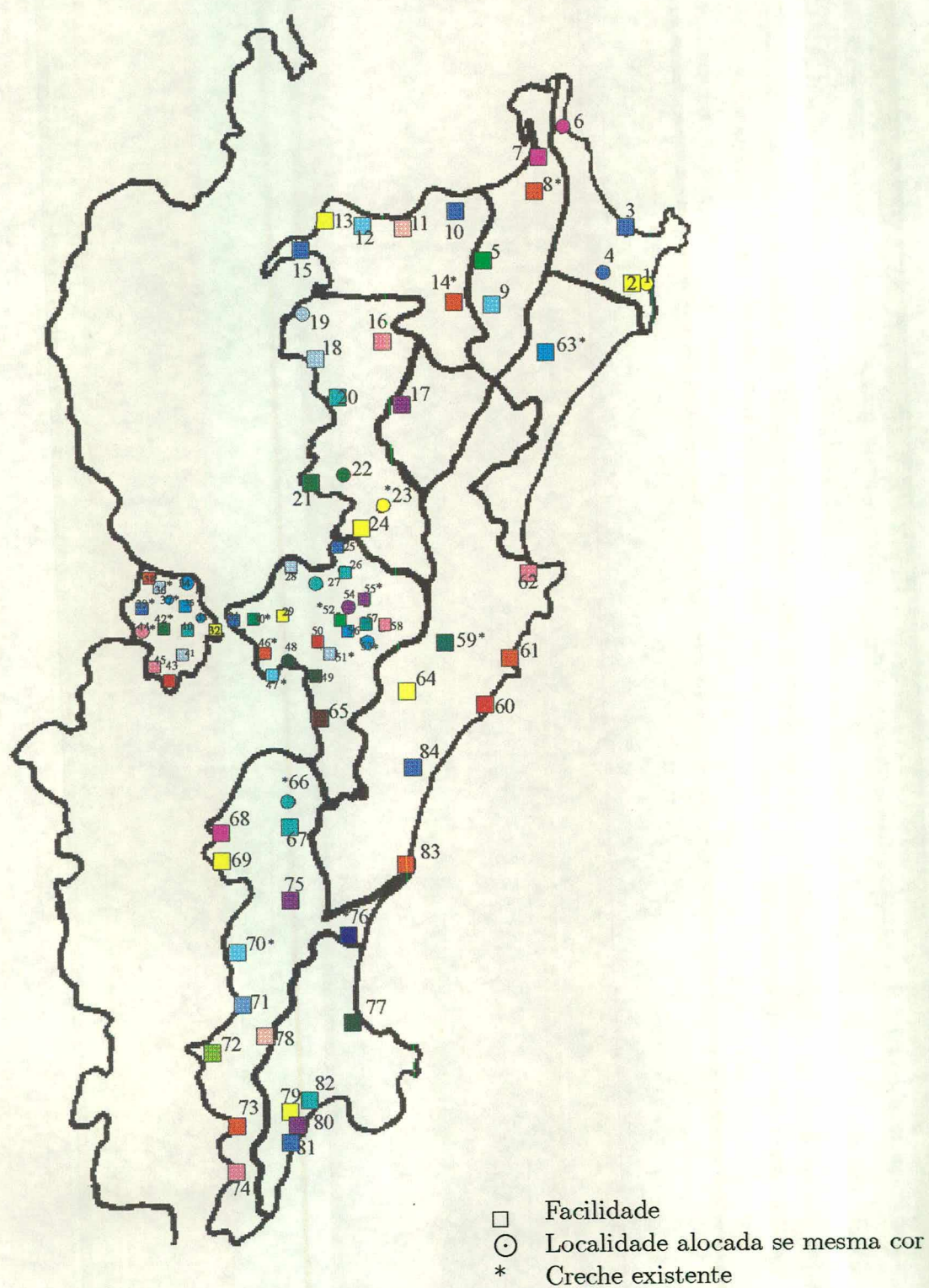


Figura 4.9: Distribuição das unidades educacionais sugerida pelo trabalho.

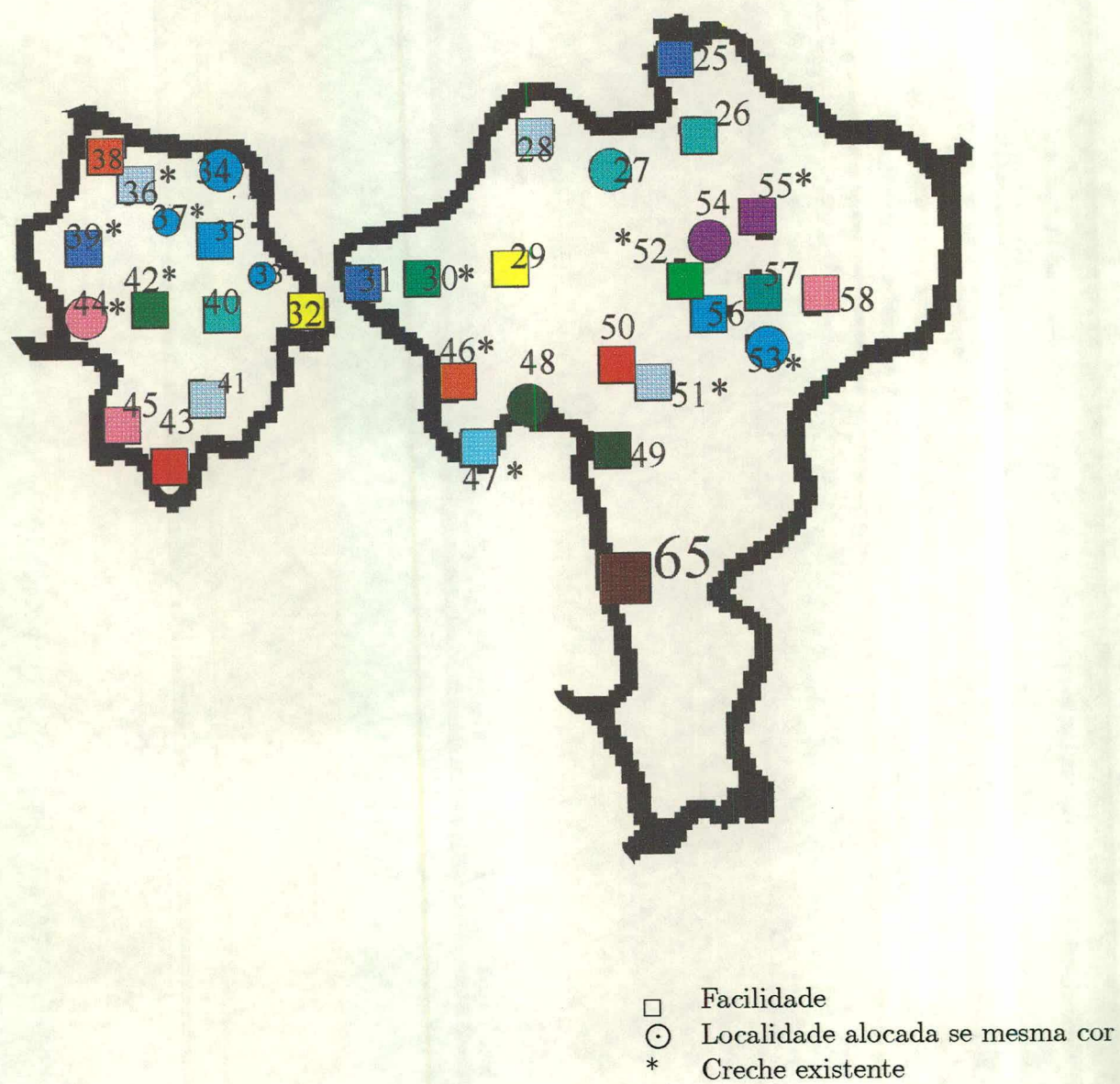


Figura 4.10: Ampliação do distrito sede para a distribuição sugerida.

CAPÍTULO 5

RECOMENDAÇÕES E CONCLUSÃO

5.1 Recomendações

Outros caminhos de pesquisa podem ser seguidos, diferentemente do adotado neste trabalho, mas todos objetivando a melhoria dos serviços públicos oferecidos à população. Alguns deles estão citados a seguir e deixados como idéia para novos trabalhos.

Plano contínuo

A utilização do espaço contínuo é uma outra forma de pensar na localização de unidades de serviço. Nele não há somente as localidades candidatas, mas todos os pontos das vias de ligação também são potenciais candidatos.

Formas diferentes podem ser usadas para resolver problemas no plano contínuo. Uma delas está apresentada a seguir como mais um caminho.

Algoritmo Genético

Algoritmo genético vem sendo muito utilizado para resolver problemas de otimização, usando cobertura de conjuntos ou não. O trabalho de Beasley e Chu [48], ou o de AlSutan et al. [68], ou o trabalho de Wilson [69], ou ainda o de Lorena e Lopes [70] baseiam-se em algoritmo genético para resolver problema de cobertura de conjuntos. Eles são alguns exemplos de um dos caminhos que estão sendo seguidos para resolver este tipo de problema.

Não basta resolver matematicamente os problemas e decidir qual é a melhor solução. É preciso saber o que pensa o usuário do serviço que está sendo estudado e pode vir a ser modificado ou implementado. Para isso algumas técnicas podem ser utilizadas, uma delas está sugerida a seguir.

Preferência Declarada

Preferência declarada é uma forma que vem sendo utilizada em vários meios para medir a reação ou a opinião das pessoas a respeito de um produto ou serviço. A grande vantagem deste método é a possibilidade de trabalhar com hipóteses ainda não existentes.

Em particular para a continuação deste trabalho, preferência declarada pode ser uma ferramenta fundamental. Ela pode ajudar a medir o interesse das comunidades na implantação de unidades educacionais de tempo integral nos lugares onde já existem unidades de tempo parcial.

É a possibilidade de trazer para a pesquisa científica a opinião das pessoas que estarão envolvidas de fato no contexto do estudo.

Outra forma de fazer isto é a interação com pesquisadores da área social. Eles têm muito mais facilidade de lidarem com as comunidades envolvidas e de ouvir suas opiniões do que os pesquisadores da área técnica. Uma interação com estes profissionais pode ser de grande valia para o enriquecimento do trabalho.

5.2 Conclusão

O quadro social do Brasil faz com que se pense muito sobre os rumos da pesquisa científica de todas as áreas. Afinal, a tomada de decisão, quando bem baseada, pode com poucos recursos provocar mudanças significativas na vida de pessoas.

No Brasil, a mortalidade infantil ainda é muito alta, atitudes simples como água encanada e esgoto provocam efeito positivo na saúde dessas crianças, e principalmente unidades de educação que as atendam, em substituição aos cuidados de suas mães que estão no mercado de trabalho [12], podem transformar significativamente este quadro.

A necessidade de implantação de unidades educacionais que atendam crianças a partir dos primeiros meses é grande em todo o país. É preciso que se tenha vontade política para tal. No município de Florianópolis não é diferente, em algumas áreas é bastante urgente a criação destas unidades, como foi visto anteriormente.

Neste ponto julga-se que este trabalho deu sua contribuição com um alerta para a má distribuição das unidades educacionais existentes no município, e principalmente, sugerindo lugares e caminhos para as novas implementações. Além de deixar a possibilidade da utilização da metodologia para a análise de outros serviços.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] SOUZA, J. C. *Dimensionamento, localização e escalonamento de serviços de atendimento emergencial*. Florianópolis, 1996. Tese de doutorado - Engenharia de Produção, UFSC.
- [2] WAJNMAN, S.; RIOS-NETO, E. L. A Participação feminina na população economicamente ativa no Brasil: alternativas para projeções de níveis e padrões. *Pesquisa e Planejamento Economico*, v. 24, n.2, p. 203-234, 1994.
- [3] RIZZO, Gilda. *Educação Pré-Escolar*. 6ª ed. Rio de Janeiro: Francisco Alves, 1989.
- [4] SÃO PAULO (SP) Secretaria do Menor. *Creche, Pré-escola / Secretaria do Menor*. São Paulo: Secretaria, 1990. p.13-16.
- [5] BARROSO, C. *Mulher, Sociedade e Estado no Brasil*. São Paulo: Brasiliense: UNICEF, 1982.
- [6] FUNDAÇÃO IBGE. *Pesquisa Nacional por Amostra Domiciliar de 1980*. IBGE, Departamento de Emprego e Rendimento. Rio de Janeiro: IBGE, 1981.
- [7] _____. *Pesquisa Nacional por Amostra Domiciliar de 1992*. IBGE, Departamento de Emprego e Rendimento. Rio de Janeiro: IBGE, 1993.
- [8] _____. *Pesquisa Nacional por Amostra Domiciliar de 1993*. IBGE, Departamento de Emprego e Rendimento. Rio de Janeiro: IBGE, 1994.
- [9] _____. *Pesquisa Nacional por Amostra Domiciliar de 1995*. IBGE, Departamento de Emprego e Rendimento. Rio de Janeiro: IBGE, 1996.
- [10] _____. *Censo Demográfico: famílias e domicílios / Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística*. Rio de Janeiro: IBGE, 1983. 26v. (IX Recenseamento Geral do Brasil. v.1; t.6)
- [11] _____. *Censo demográfico: Santa Catarina / Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística*. Rio de Janeiro: IBGE, 1973. (VIII Recenseamento Geral do Brasil-1970. v1; t.20)

- [12] KASSOUF, A. L. A demanda de saúde infantil no Brasil por região e setor. *Pesquisa e Planejamento Economico*, v. 24, n. 2, p. 235-260, 1994.
- [13] BRASIL. *Constituição: República Federativa do Brasil, 1988*. Editora Brasiliense: Brasília, 1989.
- [14] CAMPOS, M. M.; ROSEMBERG, F.; FERREIRA, I. *Creches e Pré-Escolas no Brasil*. São Paulo: Cortez: Fundação Carlos Chagas, 1993.
- [15] BRASIL. Ministério da Saúde. *Estatuto da Criança e do Adolescente*. Brasília: Ministério da Criança/Projeto Minha Gente, 1991.
- [16] BRASIL. Lei no 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, 20 de dezembro de 1996.
- [17] FLORIANÓPOLIS, *Lei orgânica do município de Florianópolis*. Florianópolis: Câmara Municipal de Vereadores, 1990.
- [18] SANTA CATARINA, *Constituição, 1989*. Constituição do Estado de Santa Catarina. Florianópolis, Assembléia Legislativa: IOESC, 1989.
- [19] MAYHEW, L.; LEONARDI, G. Equity, efficiency, and accessibility in urban and regional health-care systems. *Environment and Planning A*, volume 14, número 11, p. 1479-1507, 1982
- [20] BACH, L. Locational models for systems of private and public facilities based on concepts of accesibility and access opportunity. *Environment and Planning A*, volume 12, p. 301-320, 1980.
- [21] PIZZOLATO, N; SILVA, H. B. Proposta Metodológica de Localização de Escolas : Estudo do caso de Nova Iguaçu. *Pesquisa Operacional*, volume 14, número 2, pp. 1-14, 1993.
- [22] FUNDAÇÃO IBGE. Censo demográfico 1991: resultados do universo relativos às características da população e dos domicílios. V23 Santa Catarina. Rio de Janeiro: IBGE, 1991.
- [23] IPUF. Guia Florianópolis. Florianópolis: EDEME, IPUF, 1992.
- [24] SANTA CATARINA. Secretaria da Educação. *Boletim Informativo*, ano II, número 4.

Unidade de Documentação e Informática, 1981.

- [25] SANTA CATARINA. Secretaria da Educação. *Dados Estatísticos e educacionais: pré-escola, 1º e 2º graus*. Unidade de Documentação e Informática, 1981.
- [26] SANTA CATARINA. *Relatórios Cadastral de Unidades Escolares: Pré-Escolar 1995*. SEED/DIRP/GEINF, 1996.
- [27] SANTA CATARINA. *Cadastro Geral do Ensino Pré-Escolar - 1996*. SEED/DIRP/GEINF, 1997.
- [28] SANTA CATARINA. *O ensino em Santa Catarina*. Departamento Estadual de Estatística. mimeo, 1964.
- [29] FLORIANÓPOLIS. *Lista das Unidades Escolares da Rede Municipal de Ensino*. Secretaria Municipal de Educação: mimeo, 1997.
- [30] IBGE. *Contagem de População 1996: resultados relativos a sexo da população e situação da unidade domiciliar*. Rio de Janeiro: IBGE, 1997.
- [31] COOPER, L. Location-Allocation Problems. *Operations Research*, v.11, n.3, p. 331-343, 1963.
- [32] WEBER, A. *Über den Standort der Industrien*, Tübingen. Traduzido para o inglês como *Alfred Weber's Theory of the Location of Industries*, por C. J. Friedrich (1929), University of Chicago Press.
- [33] COOPER, L. Heuristics Methods for Location-Allocation Problems, *SIAM Review*, v. 6, p. 37-53, 1964.
- [34] _____. Solutions of Generalized Locational Equilibrium Models. *J. Regional Science*, v. 7, p. 1-18, 1967.
- [35] TEITZ, M.; BART, P. Heuristics Methods for estimating the generalized vertex median of a weighted graph. *Operations Research*, v. 16, n. 5, p. 955-961, 1968.
- [36] ROTH, R. Computer Solution to Minimum-Cover Problems. *Operations Research*, v.17, p. 455-465, 1969.

- [37] GARFINKEL, R. S.; NEMHAUSER, G. L. Optimal political districting by implicit enumeration techniques. *Management Science*, v. 16, n. 8, p. B-495-508, 1970.
- [38] REVELLE, C.; MARKS, D.; LIEBMAN, J. An analysis of private and public sector location models. *Management Science*, v. 16, n. 11, p. 692-715, 1970.
- [39] REVELLE, C.; SWAIN, R. Central Facilities Location. *Geographical Analysis*, v. 2, n. 1, p. 30-42, 1970.
- [40] WESOLOWSKY, G.; LOVE, R. The optimal location of new facilities using rectangular distances. *Operations Research*, v. 19, n. 1, p. 124-130, 1971.
- [41] TOREGAS, C.; SWAIN, R.; REVELLE, C. et al. The location of emergency service facilities. *Operations Research*, v. 22, n. 6, p. 1363-1373, 1974.
- [42] WALKER, W. Using the Set-Covering Problem to Assign Fire Companies to Fire Houses. *Operations Research*, v. 22, n. 2, p. 275-277, 1974.
- [43] WAGNER, J.; FALKSON, L. The Optimal Nodal Location of Public Facilities with Price-Sensitive Demand. *Geographical Analysis*, v. 7, n. 1, p. 69-83, 1975.
- [44] DAVIES, O.; THOMAS, E. Facilities Location with Changing Demand Levels. *Geographical Analysis*, v. 8, n. 4, p. 376-393, 1976.
- [45] MCALLISTER, D. Equity and Efficiency in Public Facility Location. *Geographical Analysis*, v. 8, n. 1, p. 47-63, 1976.
- [46] MORRILL, R.; SYMONS, J. Efficiency and Equity Aspects of Optimum Location. *Geographical Analysis*, v. 9, n. 3, p. 215-225, 1977.
- [47] BEASLEY, J. E. An algorithm for set covering problem. *European Journal of Operational Research*, v. 31, p. 85-93, 1987.
- [48] BEASLEY, J. E.; CHU, P. C. A genetic algorithm for set covering problem. *European Journal of Operational Research*, v. 94, p. 392-404, 1996.
- [49] LARSON, R. C.; ODoni, A. R. *Urban Operations Research*. New Jersey: Prentice-Hall, 1981.

- [50] BEGUIN, H.; THOMAS, I.; VANDENBUSSCHE, D. Weight variations within a set of demand points, and location-allocation issues: a case study of public libraries. *Environment and Planning A*, v.24, p.1769-1779, 1992.
- [51] HODGSON, M. J. The location of public facilities intermediate to the journey to work. *European Journal of Operational Research*, v. 6, p. 199-204, 1981.
- [52] SILVA, H. F.; PIZZOLATO, N. The location of public schools: evaluation of practical experiences. *International Transactions in Operational Research*, v. 4, n.1, p. 13-22, 1997.
- [53] SILVA, G. G.; PIZZOLATO, N. Avaliação gerencial da localização da rede de ensino público de Niterói - RJ. *Ensaio*, v. 4, n. 11, p. 129-142, abr./jun. 1996.
- [54] LIMA, F. *Distribuição espacial de serviços especializados de saúde*. Florianópolis, 1996. Dissertação de mestrado - Engenharia de Produção, UFSC.
- [55] NOVAES, A. G. *Sistemas Logísticos: Transporte, Armazenagem e Distribuição Física de Produtos*. São Paulo: Edgard Blücher, 1989.
- [56] BAZARAA, M.; SHETTY, C. M. *Nonlinear programming: theory and algorithms*. Nova Iorque: John Wiley & Sons, 1979.
- [57] NOVAES, A. G. *Métodos de Otimização: aplicação aos transportes*. São Paulo: Edgard Blücher: TRANSESP, 1978.
- [58] CHRISTOFIDES, N. *Graph Theory: an algorithmic approach*. London: Academic Press, 1975.
- [59] CHRISTOFIDES, Nicos; VIOLA, Peter. The optimum location of multicentrs on a graph. *Operations Research Quartely*, v. 22, n. 2, p. 145-154, 1971.
- [60] MINIEKA, Edward. The Center and Medians of a Graph. *Operations Research*, v. 25, n. 4, p. 641-650, 1977.
- [61] GONÇALVES, M.; SOUZA, J.C.; SELINKE, F. Localização de silos de uma cooperativa agrícola: um estudo de caso. *Anais do X ANPET Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes*. Brasília, v.1, p.351-360, 1996.

- [62] BALL, M. O.; LIN, F. L. A reliability model applied to emergency service vehicle location. *Operations Research*, v. 41, n. 1, p. 18-36, 1993.
- [63] JARVIS, J. P.; STEVENSON, K. A.; WILLEMAIN, T. R. *A Simple Procedure for the Allocation of Ambulances in Semirural Areas*. Cambridge: MIT Operations Research Center, 1975.
- [64] WAGNER, H. *Pesquisa Operacional*. São Paulo: Prentice Hall do Brasil, 1988.
- [65] ARANTES, C. *Mapeamento Escolar*. Curso de microplanejamento educacional do 1º grau em áreas urbanas. Projeto BRA/86/002, PNUD, SENEBC/MEC, Brasília, maio 1991.
- [66] THORNTWHAITE, S. *School Transport: the comprehensive guide*. TAS Publication: Inglaterra, 1994.
- [67] RIZZO, G. *Creche: organização, montagem e funcionamento*. 3ª ed. Rio de Janeiro: Francisco Alves Editora, 1991.
- [68] ALSUTAN, K.S.; HUSSAW, M. F.; NIZAMI, J. S. A genetic algorithm for set covering problem. *Journal of Operational Research Society*, v.47, p. 702-709, 1996.
- [69] WILSON, J.M. A genetic algorithm for generalised assignment problem. *Journal of Operational Research Society*, v.48, p. 804-809, 1997.
- [70] LORENA, L.; LOPES, F. Genetic algorithms applied to computationally difficult set covering problems. *Journal of Operational Research Society*, v.48, p. 440-445, 1997.