

LUIZ AUGUSTO CHAIA

**APLICAÇÃO DE TÉCNICAS DA PESQUISA OPERACIONAL NA
TOMADA DE DECISÕES EM GESTÃO DE OBRAS PÚBLICAS**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Ciências, Curso de Pós-Graduação em Métodos Numéricos em Engenharia. Área de concentração em Programação Matemática, Setor de Tecnologia, Departamento de Construção Civil e Setor de Ciências Exatas, Departamento de Matemática da Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Sérgio Scheer, D. Sc.

Co-Orientadora: Maria Teresinha Arns Steiner, D. Eng.

CURITIBA

2004

TERMO DE APROVAÇÃO

Luiz Augusto Chaia

Aplicação de Técnicas da Pesquisa Operacional na Tomada de Decisões em Gestão de Obras Públicas

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre no Curso de Pós-Graduação em Métodos Numéricos em Engenharia – Área de Concentração em Programação Matemática, Setores de Tecnologia e de Ciências Exatas da Universidade Federal do Paraná, pela seguinte banca examinadora:



Orientador:

Prof. Sergio Scheer, D.Sc.
Centro de Estudos de Engenharia Civil / CESEC - UFPR



Prof^a Maria Teresinha Arns Steiner, D.Eng.
Departamento de Matemática - UFPR



Prof. Alcides Calsavara, Ph.D..
Programa de Pós-Graduação em Informática
Aplicada PPGIA- PUCPR

Curitiba, 18 de fevereiro de 2004.

AGRADECIMENTOS

- À minha esposa Rose e minha filha Anna, que aceitaram receber tão pouco neste período, pelo apoio e compreensão.
- Aos meus pais, Eugênio e Nadir, que se realizam nas conquistas de seus filhos.
- Aos meus irmãos, pelas orações e pelo apoio que nos impulsionaram.
- Ao professor Sérgio Scheer e à professora Maria Teresinha Arns Steiner, pela competente orientação, sem a qual esse trabalho não seria possível.
- Ao Prefeito de Guarapuava Vitor Hugo Ribeiro Burko que autorizou e apoiou este trabalho dentro e fora de sua área de atuação;
- Aos colegas de trabalho Adenilson Lustosa e Fábio Aragão que auxiliaram na obtenção e análise dos dados utilizados neste trabalho.
- Aos professores e colegas do curso pelos importantes ensinamentos e amizade.
- Aos colegas do CESEC, Eliseu e Maristela pelo carinho e atenção.
- Aos amigos Renato Gardin, Eliane Mexko e Eloi Myszka pelas horas que passamos nos grupos de estudos.
- À Prefeitura Municipal de Ponta Grossa, em especial os senhores Roland Rutyna e Marcos Francisco Soares Ferreira pela disposição em fornecer dados e informações que permearam este trabalho.

RESUMO

A cada ano que passa, os desafios da administração pública aumentam, na proporção em que os recursos tornam-se escassos. A receita financeira não cresce com a mesma intensidade das necessidades da população.

O administrador público deve então atingir um nível de eficiência cada vez maior. Reduzir gastos, aumentar as receitas e investir melhor, são premissas para uma administração saudável e voltada aos anseios populares.

Este trabalho visa propor uma alternativa composta da Metodologia do Orçamento Participativo (OP) com Tecnologia da Informação e Pesquisa Operacional, cujo objetivo é auxiliar o administrador público na gestão dos recursos destinados aos investimentos em obras públicas.

A metodologia proposta neste trabalho propõe na primeira fase uma abordagem tecnológica ao utilizar a Internet como um dos mecanismos coletores das sugestões populares no OP e o uso de algoritmos matemáticos para classificar essas sugestões de acordo com o retorno que cada obra pode dar baseando-se em pesos associados a temas como saúde, educação e outros.

Uma segunda fase do trabalho propõe a melhor localização para a instalação de obras públicas que forem sugeridas e priorizadas na primeira fase. Como delimitação do escopo deste trabalho, escolheu-se a localização de postos de saúde, por haver um esforço direcionado da administração pública na cidade de Guarapuava-PR, em implantar o conceito do Programa da Saúde da Família (PSF), que demandará a abertura de novas unidades a curto espaço de tempo.

A metodologia utilizada para a obtenção da solução da localização do tipo de obra em estudo, poderá ser ampliada para outros tipos de facilidades públicas, como escolas, creches, praças, quadras de esportes e outros, em trabalhos futuros.

ABSTRACT

Year after year the challenges of de Public administration increase in the proportion that the resources become scarce. The financial revenue doesn't grow with the same intensity of the population needs.

The public administrator then must reach an efficiency level larger and larger. Reducing expenses, increasing the revenues and investing better, are premises for a healthy administration and headed towards the popular longings.

This work aims to propose an alternative composed of Shearing Participative Budget Methodology (OP) with Technology of the Information and Operational Researches whose objective is to help out the public administrator in the resources administration addressed to public works investments.

The methodology proposed in this work suggests in the first phase a Technological approach using the Internet as one of the collecting mechanisms of the popular suggestions in OP and the use of mathematical algorithms to classify these suggestions according to the return that each work can give based on weights associated with themes such as health, education and other.

A second phase of the work proposes a better location for the installation of public works that are suggested and prioritized in the first phase. As an aim delimitation of this work, the location of health centers was chosen, for having an addressed effort of the public administration in the city of Guarapuava – Paraná, on implanting the concept of the Family Health Program, that will demand the opening of new units in a short period of time.

The methodology used for the solution obtaining of the location for the kind of work in study can be enlarged for other types of public facilities, in future works, such as schools, day nurseries, squares, sport courts and other.

SUMÁRIO

CAPÍTULO I.....	1
1. Introdução.....	1
1.1. Origem do Trabalho	1
1.2. Objetivo do Trabalho.....	2
1.3. Importância do Trabalho	2
1.4. Limitações do Trabalho.....	3
1.5. Estrutura do Trabalho.....	4
CAPÍTULO II.....	6
2. Descrição do Problema.....	6
2.1. Gestão Participativa.....	6
2.2. O Projeto Planejamento Comunitário.....	6
2.3. Orçamento Participativo.....	7
2.4. Metodologia do Orçamento Participativo	8
CAPÍTULO III	10
3. Revisão da Literatura.....	10
3.1. A Lei de Responsabilidade Fiscal e o Orçamento Participativo	10
3.1.1. Plano Plurianual.....	11
3.1.2. Lei de Diretrizes Orçamentárias	11
3.1.3. Lei Orçamentária Anual	13
3.2. Ciência da Administração	13
3.3. Teoria Matemática da Administração	15
3.3.1. Programação Linear.....	16
3.4. Distribuição de Recursos e o Problema de Designação	18
3.5. O Problema de Localização de Instalações	19
3.6. Sistemas de Informações Geográficas.....	20
CAPÍTULO IV	23
4. A Implementação Metodológica	23

4.1.	Introdução.....	23
4.2.	Fluxo de Atividades.....	23
4.3.	A Implementação do <i>Software</i>	27
4.3.1.	O Acesso à Tecnologia.....	28
4.3.2.	A Escolha da Tecnologia.....	29
4.3.3.	A Aplicação.....	31
CAPÍTULO V.....		35
5.	O Problema de Priorização das Demandas.....	35
5.1.	O Modelo de Decisão.....	35
5.2.	Uma Simulação do Modelo.....	36
CAPÍTULO VI.....		41
6.	O Problema de Localização de Facilidades.....	41
6.1.	Caracterização do Município de Guarapuava	41
6.2.	O Estudo do Problema de Localização.....	45
6.2.1.	Distância entre dois pontos.....	48
6.2.2.	Ajustes Populacionais na Distribuição dos Setores Censitários.....	48
6.2.3.	As Soluções dos Modelos.....	49
CAPÍTULO VII.....		58
7.	Conclusões e Sugestões para Trabalhos Futuros.....	58
7.1.	Resultados	58
7.2.	Conclusões.....	59
7.3.	Sugestões para Trabalhos Futuros.....	60
ANEXO I - Esquema Geral do Processo do OP.....		62
ANEXO II – Mapa de Distribuição Predial.....		63
ANEXO III – Distribuição conforme Modelo I		64
ANEXO IV – Distribuição conforme Modelo II.....		65
ANEXO V – Distribuição conforme Modelo III.....		66
ANEXO VI – Distribuição conforme Situação Atual		67
ANEXO VIII – Um exemplo para a aplicação do modelo de p-mediana		70

Glossário.....	78
Referências	81

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 - Exemplo de gráfico de Gantt.....	14
Figura 3.2 - Exemplo de diagrama PERT/CPM.....	14
Figura 4.1 – Coleta de sugestões	24
Figura 4.2 - Análise de novas obras por geoprocessamento	25
Figura 4.3 - Pré-processamento das demandas	25
Figura 4.4 - Classificação das demandas factíveis	26
Figura 4.5 - Discussão e elaboração da lei	26
Figura 4.6 - Fluxo OP original	27
Figura 4.7- Novo fluxo para o OP	28
Figura 6.1 - Contorno do município.....	43
Figura 6.2 - Localização de Guarapuava.....	44
Figura 6.3 - Localização das unidades de saúde do distrito sede.....	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Evolução de experiências de OP no Brasil	7
Tabela 3.1 – Teoria das decisões.....	16
Tabela 4.1 - <i>Softwares</i> candidatos.....	29
Tabela 4.2: Tabelas do sistema.....	33
Tabela 5.1 – Simulação de sugestões para uma região	38
Tabela 6.1 – Distribuição populacional – Micro-região e distritos.....	42
Tabela 6.2 – População por bairros do Distrito Sede em Guarapuava.....	43
Tabela 6.3 - Carga de trabalho nas unidades de saúde.....	45
Tabela 6.4 - Solução do Modelo I.....	52
Tabela 6.5 - Solução do Modelo II.....	54
Tabela 6.6 - Solução do Modelo III	55
Tabela 6.7 - Comparação entre os modelos	55
Tabela 6.8 - Atual distribuição dos setores	57
Tabela 7.1 - Comparação dos resultados.....	58

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

FPM	▪ Fundo de Participação dos Municípios
GIS	▪ <i>Geographic Information System</i>
IBGE	▪ Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
LDO	▪ Lei das Diretrizes Orçamentárias
LOA	▪ Lei Orçamentária Anual
LRF	▪ Lei de Responsabilidade Fiscal (Lei complementar nº 101 de 04/05/2000)
OP	▪ Orçamento Participativo
PD	▪ Programação Dinâmica
PHP	▪ Personal Home Page
PL	▪ Programação Linear
PO	▪ Pesquisa Operacional
PPA	▪ Plano Plurianual
PSF	▪ Programa Saúde da Família
RCL	▪ Receita Corrente Líquida
SAD	▪ Sistema de Apoio a Decisão
SIG	▪ Sistema de Informações Geográficas

CAPÍTULO I

1. INTRODUÇÃO

1.1. Origem do Trabalho

Anualmente, principalmente no segundo semestre de cada ano, são mostradas pela mídia as grandes dificuldades financeiras pelas quais passam as administrações públicas, quer sejam municipais ou estaduais. Dificuldades que se refletem no pagamento a fornecedores, de funcionários, obras paralisadas, entre outras. Essas dificuldades têm sido agravadas pela diminuição de receitas causadas pela redução do repasse do Fundo de Participação dos Municípios (FPM) aos municípios.

Esses fatores fazem com que os índices de satisfação popular com relação à administração pública caiam. Como os recursos estão escassos, a redução de desperdícios e uma melhora na eficiência dos investimentos se fazem necessárias, como premissas de uma administração financeira saudável.

Se o administrador público consultar a população sobre onde aplicar os recursos para investimentos, ele poderá melhorar significativamente o índice de acerto e obter um melhor escore nos níveis de satisfação popular. Uma das formas de operacionalizar a consulta popular é o chamado Orçamento Participativo (OP), muito comum entre as administrações do Partido dos Trabalhadores (PT).

A idéia do OP na maioria das cidades onde foi implantada trouxe grandes resultados para administração municipal, como se observa em Porto Alegre e Belo Horizonte. O OP tem tendência ao crescimento, uma vez que o recém eleito Presidente Luiz Inácio Lula da Silva, do PT, ao assumir o poder executivo federal enfoca o OP como uma das bases de governo.

Com o desenvolvimento tecnológico, como o avanço da Internet, o lançamento de novos computadores e a sua popularização, novos métodos de coleta e processamento de informações podem auxiliar o administrador público no processo de decisão sobre investimentos. O uso da Internet para coleta das sugestões, de algoritmos matemáticos para classificar essas sugestões e de uma ferramenta para auxiliar na escolha do melhor local para

instalar uma nova obra, é a contribuição que este trabalho propõe fornecer.

1.2. Objetivo do Trabalho

O objetivo do trabalho é propor uma metodologia de decisão de investimentos em obras públicas, através de um conjunto de ferramentas tecnológicas: Internet, Metodologia de Orçamento Participativo e Modelos Matemáticos de Programação Linear.

Esta metodologia propõe implementar o OP, como a metodologia de participação popular nas decisões de investimentos, acrescido de facilidades tecnológicas, como segue:

1. Um *Web-Site*, desenvolvido na linguagem PHP¹ com o banco de dados MySQL sendo executado por um servidor Apache (servidor de páginas web);
2. Um modelo matemático de Programação Linear, que priorizará as sugestões conforme o retorno que cada uma pode dar em relação aos temas (educação, saúde, etc.);
3. Um modelo matemático de Programação Linear Inteira Binária – PPLIB, para localizar o melhor setor para a implantação de uma nova facilidade de serviços.

Esse composto tecnológico está exemplificado no modelo gráfico apresentado no anexo I: esquema geral do processo:

1.3. Importância do Trabalho

Uma grande parte das implementações da Gestão Participativa, incluindo o OP em muitos municípios, apresenta diversas falhas no tocante à efetiva participação popular, devido a alguns fatores, dentre os quais:

1. A dificuldade e o custo para coletar a opinião individual do cidadão e processar o grande volume de informações que isso acarretaria;
2. A falta de conscientização popular sobre a importância e a utilidade da Gestão Participativa;
3. A discussão sobre quais são as reais necessidades do Bairro/Vila/Setor restringe-se

¹ Sigla recursiva de "Personal Home Page / Hypertext Preprocessor (ver glossário).

às associações de bairro, onde muitas vezes o cidadão daquela localidade sequer é consultado;

4. Não há retorno ao solicitante com relação à sua sugestão, se é factível de implantação, custo, prazo, etc;
5. As solicitações da sociedade são discutidas e priorizadas de acordo com a maior frequência (estatística) com pouco ou nenhum critério técnico para embasamento das decisões, como:
 - a. Utilidade e grau de importância da obra, número de beneficiados, grau de abrangência;
 - b. Fatores de benefícios ou riscos à saúde;
 - c. Fatores de agressão ao meio ambiente;
 - d. Custos de implantação e manutenção da obra, etc.

O tema deste trabalho foi escolhido por apresentar alto grau de implementação de novas tecnologias para resolver problemas emergentes da administração pública que poderão implicar em benefícios diretos na qualidade de vida do cidadão além de outras implicações tais como:

- a. Redução de custos operacionais na coleta e processamento das sugestões, pela adoção de interfaces *Web*;
- b. Incremento no índice de acertos nas obras públicas pela priorização das reais necessidades;
- c. Otimização dos gastos com obras públicas;
- d. Maior transparência da Gestão Pública em relação às receitas, despesas e investimentos, pela adoção da discussão orçamentária pela sociedade;
- e. Maior satisfação do cidadão em relação ao governante, pois a sociedade passa a participar das decisões.

1.4. Limitações do Trabalho

A interface de coleta das sugestões do cidadão foi desenvolvida na linguagem PHP e como banco de dados foi utilizado o MySQL, sendo executados em servidor web Apache. Este conjunto faz parte de solução baseada em plataforma de “software livre”, pois não há custo de licenças para utilizá-los. Esta escolha deu-se no sentido de desenvolver o protótipo para coleta das sugestões e de não haver necessidade de desembolso financeiro para utilizar o

aplicativo.

Os modelos matemáticos foram produzidos com auxílio do *software Microsoft Excel* e solucionados através do uso do *software LINGO*, desta forma os modelos ficaram condicionados à capacidade desses aplicativos.

Os recursos destinados para novos investimentos em obras e serviços públicos são escassos, por isso, também não são muitas as priorizações em um OP.

Outra característica limitante se refere ao fato de que, mesmo sendo priorizadas pelo algoritmo matemático, as sugestões voltam a ser discutidas nas assembleias, onde o “fator emocional” possui muita força.

Na segunda parte do trabalho, que se refere à localização de instalações públicas, o trabalho limitou-se à alocação de postos de saúde, pelo fato de estar se realizando em Guarapuava um esforço de implantação de mais oito novos postos saúde, vindo este trabalho trazer uma importante contribuição. Também pelo fato do extremo esforço necessário para mapear os muitos instrumentos públicos, como escolas de ensino fundamental, creches, praças, museus, parques, entre outros.

Além disso, as distâncias entre os setores censitários foram calculadas utilizando-se distâncias euclidianas e mesmo utilizando o fator de correção, a distância final é apenas uma aproximação da realidade.

Quando o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) dividiu o município de Guarapuava em setores censitários, alguns destes ficaram muito grandes e outros com vazios populacionais, necessitando assim alguns ajustes para a tomada das coordenadas cartesianas.

1.5. Estrutura do Trabalho

O trabalho foi estruturado em sete capítulos incluindo este, que apresenta os motivos e objetivos a que este trabalho se propõe. No segundo capítulo, há uma descrição do problema de decisão de investimentos sob o foco da Gestão Participativa, onde são apresentados os instrumentos legais que permitem e sugerem a participação popular na decisão dos investimentos em obras e serviços públicos.

O capítulo três apresenta um resumo sobre o embasamento legal para a implementação do OP, a teoria matemática da administração, sobre a Programação Linear (PL) aplicado no modelo de decisão sobre investimentos, bem como sobre os problemas de localização de facilidades.

O capítulo quatro descreve a implementação do modelo do OP e o fluxo de atividades para sua implantação. Exemplifica com diagramas de fluxos de dados cada etapa do processo.

No quinto capítulo, o trabalho demonstra uma simulação de dados para o modelo matemático de PL que formula o rol de sugestões priorizadas em um OP.

No sexto capítulo, o trabalho apresenta a implementação do modelo matemático para a localização de novos postos de saúde em Guarapuava. As soluções gráficas desses modelos, isto é, os mapas com as localizações dos novos postos e os setores censitários estão nos anexos.

No sétimo e último capítulo são apresentadas as conclusões e as sugestões para trabalhos futuros.

CAPÍTULO II

2. DESCRIÇÃO DO PROBLEMA

2.1. Gestão Participativa

A administração pública é regida por um conjunto de normas previstas em leis federais, estaduais e municipais. Todos os atos do governante devem estar consoantes com essas leis, sob pena de incorrerem no crime de improbidade administrativa. A própria definição de *democracia* nos sugere a opinar sobre onde o governante deveria investir os recursos.

A Gestão Participativa é uma forma de exercer a democracia ao consultar a população sobre as principais decisões que o governo pretende tomar. Uma das formas de prover a Gestão Participativa é através do OP.

O OP é um processo pelo qual a população de determinada cidade ou Estado participa da discussão e da elaboração do Orçamento. São realizadas diversas assembleias nos bairros onde a comunidade faz uma lista de reivindicações que, depois, devem ser incorporadas à proposta orçamentária do poder público. Permitir que a população participe nas decisões governamentais é uma das premissas da Lei Complementar nº 101/2000 de 04/05/2000, mais conhecida como Lei de Responsabilidade Fiscal (LRF).

2.2. O Projeto Planejamento Comunitário

Depois de elaborado, aprovado e sancionado o Plano Plurianual (PPA), a Lei de Diretrizes Orçamentárias (LDO) e a Lei Orçamentária Anual (LOA), deverá o Poder Executivo estabelecer a programação financeira e o cronograma de execução mensal de desembolso, conforme estabelece o art. 8º da LRF.

A Lei de Responsabilidade Fiscal estabelece que deverá haver *participação popular na elaboração e discussão dos planos e orçamentos*. Neste sentido, este trabalho propõe um mecanismo rápido, eficiente e de baixo custo para o administrador público coletar e processar as sugestões populares. Além disso, propõe a utilização de técnicas da Pesquisa Operacional (PO) como ferramenta de otimização auxiliar ao processo decisório, tanto nas assembleias

regionais, onde são discutidas quais obras executar, como também no âmbito da execução de novas obras, por intermédio de modelos de localização de facilidades.

Com características semelhantes ao do OP, esta nova metodologia terá valor agregado na priorização orçamentária, baseando-se em informações sociais e econômicas que deverão nortear as discussões sobre quais obras priorizar e onde é o melhor local para a execução desse empreendimento.

2.3. Orçamento Participativo

O OP é um instrumento metodológico, cujo principal objetivo é permitir a participação popular nas decisões de investimento público, tanto na manutenção como expansão das utilidades comunitárias, como escolas, unidades de saúde, praças, ruas e outras facilidades.

A cada ano, mais experiências participativas são implementadas nas esferas governamentais, sendo muitas delas baseadas no conceito do OP. Os cidadãos participam do processo através das organizações sociais ou ainda de forma individual, através de critérios e limites estabelecidos pelo governo, para compartilhar o poder de decisão com os moradores das diversas regiões de abrangência.

Em cada esfera há uma adaptação do modelo conforme a característica da abrangência, afinal, um OP a nível nacional deve ser diferente de um modelo municipal. Não há como mobilizar milhões de pessoas num processo decisório de investimentos, por isso, nesses casos, apenas representantes da população são consultados.

Observe na tabela 2.1. a evolução das experiências do OP no Brasil em número de municípios:

Período	Quantidade
1989 ~ 1992	20
1993 ~ 1996	40
1997 ~ 2000	70

Tabela 2.1 – Evolução de experiências de OP no Brasil ²

São exemplos de cidades que adotaram o OP: Belém, Campina Grande, Recife, Aracaju, Belo Horizonte, Porto Alegre. Alguns estados também implementaram o OP:

² Fonte: Jornal Folha de São Paulo, em 01/Mar/99.

Maranhão, Rio de Janeiro, Minas Gerais, Rio Grande do Sul, Mato Grosso do Sul.

No âmbito municipal é possível mobilizar um maior número de pessoas, como tem demonstrado as experiências do OP nos municípios acima citados. O orçamento possui um caráter público, pois além de ser uma lei, é elaborado e aprovado nos espaços públicos. A Constituição de 1988 definiu que há três instrumentos para a elaboração do orçamento, que visam o planejamento das ações do poder público, sendo eles o PPA, a LDO e a LOA.

Segundo Nascimento (2002), apesar dessas etapas estarem previstas na Constituição, inclusive os prazos, nem sempre os municípios as cumprem. A participação popular pode-se dar nas três etapas, entretanto é na elaboração da LOA onde ela demonstra ser mais adequada. Como a LOA é preparada anualmente, pode-se repetir o OP ano após ano, permitindo uma participação mais efetiva da população.

2.4. Metodologia do Orçamento Participativo

O OP é um processo pelo qual a população decide, de forma direta, a aplicação dos recursos em obras e serviços que serão executadas pela administração municipal no próximo exercício. A metodologia varia de município a município, mesmo entre os administrados de um mesmo partido político. Consultados os regimentos do OP de Guarulhos, de Porto Alegre, de Belo Horizonte e de Ponta Grossa, há diferenças consideráveis entre as metodologias, mas a princípio, todas elas seguem um “roteiro” (com mais ou menos etapas) da seguinte forma:

- a) Na primeira fase, o governo realiza estudos financeiros, cujo objetivo é equacionar o potencial de arrecadação e gastos do município, definindo os objetivos de curto, médio e longo prazo, para só então apresentar propostas à população;
- b) As prefeituras que adotam o OP dividem as cidades em áreas. São feitas assembleias em cada uma dessas regiões onde a comunidade participa e faz a lista de suas principais reivindicações. Em algumas reuniões o prefeito se faz presente, ajudando a discutir os limites orçamentários;
- c) Nessas assembleias, a população elege delegados, encarregados de coordenar todo o processo de discussão com a comunidade;
- d) A próxima etapa é formar uma grande assembleia, com a presença dos

delegados de todas as regiões. Nessa assembléia, aberta à população, as prioridades já votadas em cada região são discutidas, hierarquizadas, condensadas e levadas para uma terceira instância, que é o Conselho do Orçamento Participativo, formado por conselheiros eleitos pela própria população;

- e) O Conselho do OP terá a responsabilidade de elaborar, junto com o governo, a proposta orçamentária, que se transformará na LOA a ser enviada ao legislativo;
- f) Em algumas cidades, há as plenárias temáticas, nas quais os assuntos de interesse geral da população são debatidos, como saúde, educação, cultura, urbanização, entre outros. Esses temas também variam conforme o município. A população também faz a lista de suas prioridades, escolhe-se delegados, enfim, o mecanismo é o mesmo. Esse processo todo leva de seis a dez meses.

Finalmente, deve-se lembrar que o processo do OP não se encerra com a elaboração e aprovação da LOA. É de fundamental importância a criação de mecanismos que permitam à população acompanhar a execução orçamentária e a fiscalização dos gastos do poder público.

CAPÍTULO III

3. REVISÃO DA LITERATURA

3.1. A Lei de Responsabilidade Fiscal e o Orçamento Participativo

A LRF tem por objetivo regulamentar a Constituição Federal na parte da Tributação e do Orçamento, cujo capítulo II do Título VI estabelece as normas gerais de finanças públicas a serem observadas pelas três esferas governamentais. O OP é um instrumento que a Administração Municipal pode lançar mão para auxiliar no cumprimento da LRF.

Segundo Nascimento (2002), o principal objetivo da LRF, de acordo com o caput do artigo 1º, é estabelecer normas de finanças públicas voltadas para a responsabilidade na gestão fiscal, isto é, que obedeçam fundamentalmente os seguintes postulados:

- a) Ações planejadas e transparentes;
- b) Prevenção de riscos e correção de desvios que afetem o equilíbrio das contas públicas e;
- c) Garantia de equilíbrio nas contas, via cumprimento de metas de resultados entre receitas e despesas, com limites e condições para a renúncia de receita e a geração de despesas com pessoal, seguridade, dívida, operações de crédito, concessão de garantia e inscrição em restos a pagar.

Os instrumentos que a LRF coloca a disposição para o planejamento dos gastos públicos são os mesmos que a Constituição Federal já adotava: PPA, LDO e a LOA. Então, a LRF busca reforçar o papel do planejamento, mais precisamente a vinculação entre o planejamento e os gastos públicos.

A transparência será alcançada através do *conhecimento e da participação da sociedade*. Deve haver ampla publicidade de todos os atos e fatos ligados à arrecadação de receitas e das realizações de despesas pelo poder público. Nesse sentido, diversos mecanismos foram instituídos pela LRF, dentre eles:

- A participação popular na discussão e elaboração dos planos e orçamentos já referidos (artigo 48, parágrafo único);

- A disponibilidade das contas dos administradores, durante todo o exercício para consulta e apreciação pelos cidadãos e instituições da sociedade;
- Emissão de relatórios periódicos de gestão fiscal e de execução orçamentária, igualmente de acesso público e ampla divulgação.

As correções de desvios devem adotar providências que eliminem os fatores que lhe deram causa. Por exemplo, se a despesa com pessoal exceder num determinado período os limites definidos em lei, então o administrador público deverá tomar medidas para que esses gastos voltem a ficar dentro desses limites, quer seja pela redução da jornada de trabalho, extinção de gratificações e cargos comissionados, culminando com a demissão de servidores públicos, nos termos já previstos na Constituição Federal.

3.1.1. Plano Plurianual

O PPA está previsto no art. 165, inciso I da Constituição Federal, e tem por objetivo estabelecer as diretrizes, os objetivos e metas da administração pública para as despesas de capital com abrangência de quatro anos. É o documento de mais alta hierarquia do sistema de planejamento do ente público, razão pela qual todos os demais planos e programas devem estar subordinados às diretrizes, objetivos e metas nele estabelecidas.

A LRF preconiza que a criação de gastos públicos sem amparo no PPA equivale a “despesa não autorizada, irregular e lesiva ao patrimônio público”, submetendo o ordenador dessa despesa a responder por crime de improbidade administrativa. Dessa forma, a LRF dispõe que os gastos orçamentários estejam previstos no PPA, sejam despesas ou investimentos.

O PPA deverá conter no mínimo: a) previsão das despesas de capital, isto é, aquelas que aumentam o patrimônio público; b) previsão de novos programas de duração continuada e; c) previsão de gastos decorrentes de despesas de capital.

3.1.2. Lei de Diretrizes Orçamentárias

A LDO é um instrumento que funciona como elo de ligação entre o PPA e os orçamentos anuais, de forma que as estimativas de despesas sejam compatíveis com a

previsão de receitas. Originalmente, a LDO tinha como função básica orientar a elaboração dos orçamentos anuais e estabelecer as prioridades e metas da administração pública, para o próximo exercício financeiro. Agora, ela recebe novas atribuições, dentre elas:

- Dispor sobre o equilíbrio entre receitas e despesas;
- Estabelecer critérios e formas de limitação de empenhos, no caso da arrecadação ser menor que o esperado, tal que venha a comprometer as metas de resultado primário e nominal previstas para o exercício;
- Dispor sobre o controle de custos e avaliação dos resultados dos programas que são financiados pelo orçamento;
- Disciplinar as transferências de recursos a entidades públicas e privadas;
- Quantificar o resultado primário a ser obtido com vistas à redução do montante da dívida e das despesas com juros;
- Estabelecer limitações à expansão de despesas obrigatórias de caráter continuado.

Com o advento da LRF, a LDO tornou-se mais forte, principalmente pelos anexos de metas fiscais e de riscos fiscais que a ela se agregaram, tendo as seguintes características:

- **Anexo de Metas Fiscais:** deve-se elaborar este anexo a LDO prevendo as metas em valores correntes para o ano do exercício da LDO e para mais dois anos. Essas metas correspondem às previsões de: Receitas e Despesas, Resultado nominal, Resultado primário e Montante da dívida pública (para três anos). No momento da publicação da LDO e do Anexo de Metas Fiscais, o administrador público estará assumindo um compromisso público, que deverá ser buscado, mesmo que para isso seja necessário reter a liberação de despesas empenhadas, conforme prevê o artigo 9º da LRF, reduzir a jornada de trabalho com o fim de reduzir despesas, entre outras.
- **Anexo de Riscos Fiscais:** este anexo destaca aqueles fatos que poderão afetar os resultados fiscais estabelecidos para o exercício, como sentenças judiciais, inadimplemento de impostos, etc.

Em resumo, a LDO deve estabelecer os parâmetros necessários para alocação de recursos no orçamento anual de forma tal que permita a administração alcançar as metas e objetivos propostos no PPA. Tem também o mérito de submeter à soberania popular a definição das prioridades para a aplicação dos recursos públicos. Desta forma, a LRF elegeu a

LDO como o mais importante instrumento para a obtenção do equilíbrio nas contas públicas, a partir de um conjunto de metas que depois de aprovadas passam a ser um compromisso do governo.

3.1.3. Lei Orçamentária Anual

Previsto no artigo 165, parágrafo 5º da Constituição Federal, a LOA constitui-se no principal instrumento que o gestor possui para o gerenciamento orçamentário e financeiro da administração pública. De acordo com o artigo 5º da LRF, a LOA demonstrará que está compatível e adequada ao Anexo de Metas Fiscais, tendo por acompanhamento um demonstrativo dos efeitos que as anistias, isenções, subsídios, etc., terão sobre as receitas. Deve também possuir uma previsão como reserva de contingência, em percentual da RCL (Receita Corrente Líquida), destinada ao pagamento de restos a pagar e passivos contingentes, além de outros imprevistos fiscais. Também deverá apresentar as despesas relativas à dívida pública, mobiliária ou contratual.

3.2. Ciência da Administração

Os processos de tomada de decisão e as funções de Planejamento de projetos estão ligados à Ciência da Administração. Conhecida também como Pesquisa Operacional, Teoria Quantitativa ou ainda Teorias Matemáticas, a ciência da administração, reúne um conjunto de ferramentas imprescindíveis ao administrador.

A demora na execução dos procedimentos administrativos e a circulação lenta de documentos e informações fazem parte do cotidiano das administrações municipais. É a chamada "burocracia", contra a qual parece que não há nada a fazer. Isto que chamamos de "burocracia" significa, antes de qualquer coisa, desperdício. Com o melhoramento do processo decisório, esses desperdícios tendem à minimização.

Segundo Mathur (1994), a Pesquisa Operacional (PO) é a aplicação de métodos, técnicas e instrumentos científicos utilizados para fornecer subsídios racionais para a tomada de decisões nas organizações. A resolução de um modelo analítico de PO, quase sempre, se apóia matematicamente em uma ou mais das seguintes teorias: Teoria dos Jogos, Teoria das Filas de Espera, Teoria da Decisão, Teoria dos Grafos, Programação Linear, Probabilidade, Estatística Matemática, Programação Inteira e Programação Dinâmica. Segue uma síntese das

principais ferramentas de apoio à teoria da Ciência da Administração:

- **Gráfico de Gantt:** É utilizado para analisar o andamento de projetos. Representa cronogramas físicos e financeiros de acompanhamento da execução em relação ao planejamento realizado. A figura 3.1. retrata um exemplo aleatório de um gráfico de Gantt, proposto por Vietti (2003).

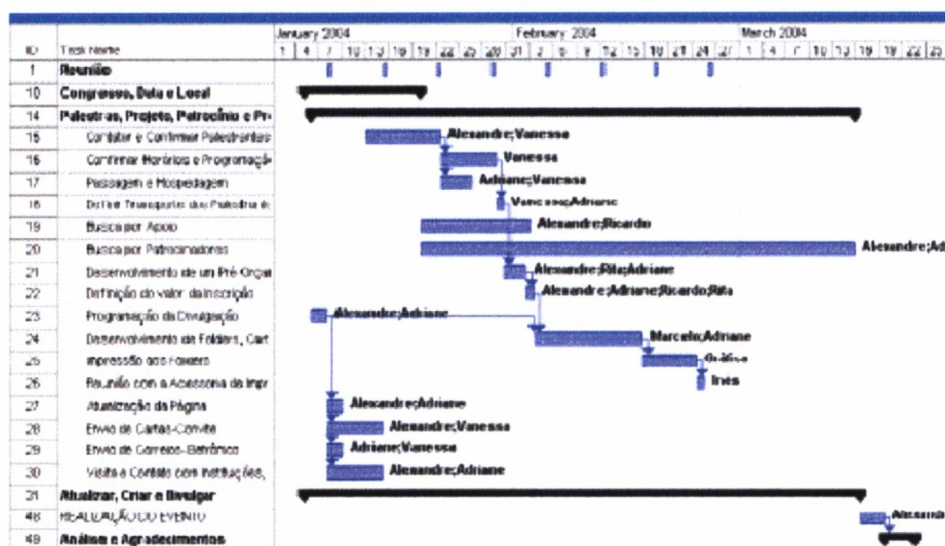


Figura 3.1 - Exemplo de gráfico de Gantt

- **Método do Caminho crítico (PERT/CPM).** São redes de relacionamento de tarefas, demonstrando suas precedências, tarefas subseqüentes e o prazo de execução de cada tarefa, com o objetivo de verificar possíveis pontos de estrangulamento do processo, permitindo a reprogramação conjunta de intervalos, redução de folgas existentes e a compensação da falta de tempo em outros pontos. O exemplo da figura 3.2., proposto por Castro (2003) sugere uma rede com sete tarefas.

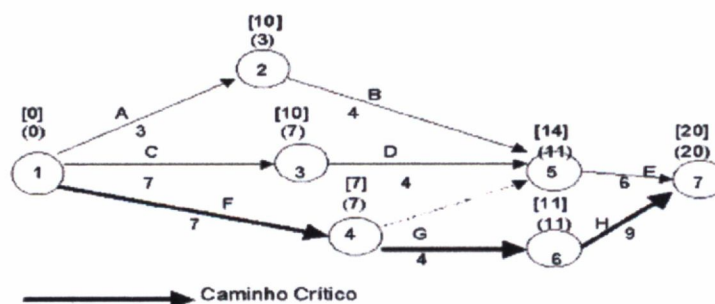


Figura 3.2 - Exemplo de diagrama PERT/CPM

- **Programação Linear (PL)** – É a ferramenta voltada para a resolução de situações

complexas com inúmeras variáveis, porém com objetivos definidos. Podemos encontrar com a PL a melhor alternativa, considerando o conjunto de *variáveis* e de *restrições* previamente definidas pelo cenário.

- **Programação Dinâmica (PD)** – Tal qual a Programação Linear, a PD envolve variáveis e restrições, porém este modelo de solução se aplica a processos divisíveis em etapas inter-relacionadas, que levarão à consecução de um objetivo pré-determinado.
- **Teoria dos Jogos** - A teoria dos jogos tem sua aplicação na análise de conflitos, os quais devem envolver a disputa entre duas ou mais partes interessadas, que utilizam estratégias diversificadas para garantir sua vantagem em cada momento de concorrência. Essa teoria caracteriza-se pelo número finito de participantes e recursos utilizáveis, bem como pelo cálculo das possíveis ações do adversário. Os benefícios de um jogador são as desvantagens para o outro.
- **Teoria das Filas** – Permite re-arranjar as condições de aglomerações, com a finalidade de reduzir pontos de estrangulamento nas linhas de produção (demoras, tempos de espera). Estuda os tempos que os clientes esperam em filas e o tempo gasto para a prestação do serviço.
- **Probabilidade e Estatística** - popularizada pelos tradicionais autores da qualidade total “Deming e Juran”, segundo Falconi (1992), destina-se à solução de problemas que envolvam decisões relacionadas a amostras e comportamentos, como o controle de qualidade de produção (processo ou produto) ou a prestação de serviços.

3.3. Teoria Matemática da Administração

A Teoria Matemática aplicada aos problemas administrativos é mais conhecida como Pesquisa Operacional segundo Castro (2003). A Teoria Matemática coloca ênfase no processo decisório e procura tratá-lo de modo lógico e racional, através de uma abordagem quantitativa.

O Processo Decisório é a seqüência de etapas que formam uma decisão. A tomada de decisão, conforme apresentada pelos defensores dessa teoria possuem um aspecto matemático, dicotômico, permitindo uma análise teoricamente precisa dos problemas

(abordagem quantitativa).

Segundo a Teoria da Decisão, todos os problemas administrativos equivalem a um processo de decisão. Existem dois tipos extremos de decisão, as decisões programadas e as não programadas, com características como as relacionadas na tabela 3.1.

Decisões Programadas	Decisões não programadas
Dados adequados	Dados inadequados
Dados repetitivos	Dados únicos
Condições estáticas	Condições dinâmicas
Certeza	Incerteza
Previsibilidade	Imprevisibilidade

Tabela 3.1 – Teoria das decisões

A Teoria Matemática preocupa-se em construir modelos matemáticos capazes de simular situações reais na empresa e em outros cenários. A criação de modelos matemáticos volta-se principalmente para a resolução de problemas de tomada de decisão. O modelo é a representação de alguma coisa ou padrão de algo a ser feito.

Na Teoria Matemática, o modelo é usado geralmente como simulação de situações futuras e a avaliação da probabilidade de sua ocorrência. Quer os modelos sejam matemáticos ou comportamentais, eles proporcionam um valioso instrumento de trabalho para a administração pública ou empresarial lidar com os problemas de gestão.

Há diversas técnicas para a solução de problemas de Pesquisa Operacional, dentre as quais, Programação Linear e Programação Inteira, já mencionadas.

3.3.1. Programação Linear

A Programação Linear é uma das mais utilizadas e importantes técnicas da Pesquisa Operacional, por permitir a modelagem de problemas complexos de decisão e de fácil implementação computacional através do método *Simplex*. Descrito por Dantzig (1963), o *Simplex* possui a capacidade de produzir soluções rapidamente.

Um problema de PL, segundo Zionts (1974) possui as seguintes características:

- Possui uma função linear, chamada de Função Objetivo cujo valor deve ser otimizado (maximizado ou minimizado), é composta de variáveis de decisão, as quais devem ser positivas ou nulas;

- As restrições do Modelo são conjuntos de equações ou inequações que expressam as interdependências entre as variáveis de decisão.

O problema pode ser expresso da seguinte maneira:

$$\begin{array}{ll}
 \text{Maximizar} & z = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n & \text{(função objetivo)} \\
 \text{Sujeito a} & \left. \begin{array}{l} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n \leq b_1 \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n \leq b_2 \\ \vdots \\ a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n \leq b_m \end{array} \right\} & \text{(Restrições)} \\
 & x_1, x_2, \dots, x_n \geq 0 & \text{(Restrições de não negatividade)}
 \end{array}$$

Os números a_{ij} , b_i e c_j são conhecidos pela descrição do problema. As incógnitas (variáveis de decisão) x_i serão escolhidas tal que satisfaçam as restrições apresentadas e otimizem a Função Objetivo “z”, seja maximizando ou minimizando.

O mesmo problema pode ser descrito sob a forma matricial:

$$\begin{array}{ll}
 \text{Maximizar} & z = c^T x \\
 \text{Sujeito a} & Ax = b \\
 & x \geq 0
 \end{array}$$

onde

- z é a função objetivo;
- c é o vetor de lucros de dimensão $n \times 1$;
- c^T é o vetor transposto de c , de dimensão $1 \times n$;
- x é o vetor de variáveis de decisão de dimensão $n \times 1$;
- A é matriz tecnológica de dimensão $m \times n$;
- B é vetor dos recursos de ordem $m \times 1$.

Alguns problemas de Programação Linear requerem solução com números inteiros, tendo-se assim a Programação Inteira. Há vários algoritmos para resolver estes problemas. Barbosa (2000) cita alguns: algoritmo de corte de Gomory, o fracionário de Gomory, o algoritmo de corte de Dantzig, o de corte inteiro de Gomory e o mais utilizado, *Branch and Bound*. Zionts (1974) traz em detalhes a descrição desses algoritmos. O modelo de

Programação Inteira pode ser descrito da seguinte forma:

$$\text{Maximizar} \quad z = c^T x \quad (3.3.1)$$

$$\text{Sujeito a} \quad A.x = b \quad (3.3.2)$$

$$x \geq 0 \text{ e inteiros.} \quad (3.3.3)$$

Onde a função objetivo é dada por (3.3.1), as restrições por (3.3.2) e as condições de não negatividade e de integralidade por (3.3.3).

3.4. Distribuição de Recursos e o Problema de Designação

Os problemas de distribuição de recursos surgem, segundo Ackoff e Sasieni (1975), quando os recursos disponíveis não são suficientes para permitir que todas as tarefas sejam executadas da maneira mais eficiente possível. Então, o objetivo é distribuir os recursos às tarefas, tal que o custo seja minimizado ou o ganho total seja maximizado.

Os problemas de designação têm $n!$ (n fatorial) possibilidades de se designar as “ n ” pessoas às “ n ” tarefas e sua solução é a permutação com o menor valor. A complexidade do problema está relacionada ao tamanho do valor “ n ”. Esse tipo de problema pode ser formulado como um PPLIB e resolvido com tempo computacional satisfatório. Os modelos matemáticos de designação podem ser formulados como:

$$\text{Minimizar} \quad z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \quad (3.4.1)$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = 1, \text{ para } i = 1, 2, \dots, n \quad (3.4.2)$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = 1, \text{ para } j = 1, 2, \dots, n \quad (3.4.3)$$

$$x_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{se a } i\text{-ésima pessoa assume a } j\text{-ésima tarefa} \\ 0 & \text{caso contrário} \end{cases} \quad (3.4.4)$$

A função objetivo é dada por (3.4.1), escolhendo-se x_{ij} tal que sejam satisfeitas as condições (3.4.2), (3.4.3) e (3.4.4) obtendo-se o mínimo custo. As restrições em (3.4.2)

existem pelo fato de que cada pessoa é designada apenas para uma tarefa e as restrições de (3.4.3) pelo fato de que cada tarefa será designada somente para uma pessoa.

3.5. O Problema de Localização de Instalações

Os problemas de localização de instalações fazem parte da Otimização Combinatória e têm sido estudados por muitos pesquisadores nas últimas décadas, como Alfred Weber em 1909, Leon Cooper em 1963, Hakimi em 1964 e Teitz e Bart em 1968 entre outros. Os problemas de localização dividem-se em dois tipos básicos: localização de centros e localização de medianas, como propõe Lorena et al (2003).

Os algoritmos de otimização relacionados a Problemas de Localização de Facilidades, buscam selecionar a melhor localização em uma região delimitada para a implantação de uma instalação de serviços.

Os problemas de localização de centros buscam minimizar a maior distância a ser percorrida para o acesso à facilidade, por isso, são denominados de “problemas de localização *minimax*”. Estes são típicos problemas de localização de facilidades de emergências, como postos de saúde, posto de bombeiros, hospitais, etc. Outra característica é de que esses problemas são associados a grafos, por isso suas soluções são chamadas “centros” de um grafo.

Já os problemas de localização de medianas buscam minimizar a distância média, ou seja, minimizar a soma das menores distâncias da instalação aos vértices de um grafo. A solução do problema chama-se “mediana do grafo” e os problemas são denominados de problemas de localização de soma mínima, isto é, *minisum*. As aplicações para estes tipos de problemas são a localização de centros de comutação em redes telefônicas, subestações de redes de energia elétrica e outros correlatos, de acordo com Christofides (1975).

Quando o problema das medianas envolve mais de uma mediana, ele é denominado de problema de “p-medianas”, cujo objetivo é encontrar a localização de um certo número “p” de facilidades minimizando a distância média que separa os consumidores da facilidade mais próxima. São comuns aos problemas de localização de escolas, bibliotecas públicas, clubes de lazer entre outros. Como a distância afeta o acesso, a solução do p-medianas maximiza a acessibilidade ao serviço, segundo Drezner (1995).

Em relação ao modelo matemático, Christofides (1975), afirma que este tipo de problema pode ser formulado como um Problema de Programa Linear Inteira Binária

(PPLIB), como segue:

Seja $[\xi_{ij}]$ uma matriz de alocações, onde:

$\xi_{ij} = 1$, se o vértice x_j é alocado ao vértice x_i e

$\xi_{ij} = 0$, em caso contrário.

Além disso, $\xi_{ij} = 1$, se o vértice x_i é um vértice-mediana e $\xi_{ij} = 0$, caso contrário.

O problema pode então ser formulado como:

$$\text{Minimizar } Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n d_{ij} \xi_{ij} \quad (3.4.1)$$

$$\text{Sujeito a } \sum_{i=1}^n \xi_{ij} = 1 \text{ para } j = 1, \dots, n \quad (3.4.2)$$

$$\sum_{i=1}^n \xi_{ij} = p \quad (3.4.3)$$

$$\xi_{ij} \leq \xi_{ii} \text{ para todo } i, j = 1, 2, \dots, n \quad (3.4.4)$$

$$\xi_{ij} = 0 \text{ ou } 1 \quad (3.4.5)$$

onde $[d_{ij}]$ na equação (3.4.1) é a matriz de distâncias ponderadas, isto é, a matriz de distâncias com cada coluna j multiplicada pelo peso v_j .

As restrições (3.4.2) garantem que todo vértice x_i é alocado a um e somente um vértice-mediana x_i . A restrição (3.4.3) garante que existem exatamente “ p ” vértices-medianas. Já as restrições em (3.4.4) garantem que as alocações só podem ser feitas a vértices-medianas. As restrições em (3.4.5) impõem a integralidade, isto é, ξ_{ij} é uma variável binária, portanto assumem 0 ou 1.

3.6. Sistemas de Informações Geográficas

A ferramenta gerencial GIS (*Geographic Information System*), ou seja, Sistema de

Informações Geográficas (SIG), permite integrar bases de dados de origens distintas sobre uma base cartográfica digitalizada. É um sistema composto por um conjunto de programas de computador que integra dados geográficos definidos por seus atributos espaciais (forma e localização) e que descrevem "onde" um objeto se localiza, com atributos não espaciais deste objeto (proprietário, valor, uso e outros), ou que descrevem "o que" são estes objetos, permitindo analisar os dados, fazer previsões e construir cenários futuros.

O uso de *GIS* permite ter uma noção mais clara das variáveis que envolvem o problema, abrindo caminhos para o uso da Pesquisa Operacional na busca das prováveis soluções ao problema. Com soluções mais simples é possível diminuir custos e melhorar a qualidade das obras realizadas pela prefeitura.

Muitas prefeituras enfrentam dificuldades para controlar a qualidade e os custos das obras realizadas. Nos últimos anos, têm proliferado teorias e técnicas de gestão voltadas para a qualidade. A aplicação pura e simples de seus preceitos não surte efeito algum na construção civil, a não ser o de propiciar uma sensação estéril de estar "na moda" com a "onda da qualidade". É importante avaliar constantemente a gestão, sob o ponto de vista *da qualidade de vida e do avanço da democracia*.

A redefinição de encargos entre a União, Estados e Municípios é uma das perspectivas de alteração na conjuntura política para os próximos anos. Ampliar-se-á a discussão sobre a transferência de responsabilidades e de recursos para os municípios. Esta transferência, no entanto, só trará efeitos positivos se os governos municipais puderem assumir suas funções com eficiência e eficácia.

O uso de técnicas de Pesquisa Operacional, de *GIS* e da popularização dos instrumentos computacionais, através do ensino de informática nas escolas do ensino fundamental, do acesso à informática nas empresas, indústrias e em lugares públicos (quiosques multimídia), fazem com que a metodologia proposta atinja um melhor nível de eficiência quanto à coleta e o processamento dessas sugestões. Simplificando a execução dessas rotinas, a prefeitura terá mais tempo e recursos para investir em novos projetos.

Os modelos de localização de facilidades têm sido propostos há algum tempo como uma ferramenta de apoio à decisão, principalmente se é possível associar a uma base de dados geograficamente referenciados, segundo Lorena (2003). Ele afirma que complexos problemas de localização de facilidades e planejamento espacial podem ser tratados com SIGs, ao levar em consideração as informações espaciais e outras variáveis, como ocorrências de eventos em

saúde pública, situação socioeconômica e de equipamentos públicos, entre outros.

No próximo capítulo é apresentada a metodologia de implantação do processo do OP e o fluxo de atividades em cada fase do processo, demonstrando a integração com os modelos matemáticos.

CAPÍTULO IV

4. A IMPLEMENTAÇÃO METODOLÓGICA

4.1. Introdução

Uma cidade possui diversos bairros, cada qual com suas características. Uns mais e outros menos carentes em relação à saúde, educação, recreação, pavimentação, esportes, etc., sendo que esses tópicos o OP denomina como “temas”. Quando da implantação do OP, a cidade é dividida em regiões que podem ser um bairro ou um conjunto de bairros. Em cada região são discutidas as carências em assembleias. Depois de quantificados e valorizados, elas são discutidas em outra reunião para serem priorizadas.

Ao problema de decisão de investimentos em obras públicas, cabe salientar os aspectos que influenciam diretamente, como os Políticos, Econômicos e Sociais. Alguns administradores fazem obras pelo seu retorno político, isto é, “quantos votos proporcionam”, deixando em segundo plano as obras que realmente produzem efeitos sociais, como infraestrutura sanitária, pavimentação, creches, postos de saúde, entre outras.

Perguntar ao povo quais são suas reais necessidades e produzir um plano de investimentos capaz de suprir essas necessidades, incrementa consideravelmente o índice de acerto do administrador, e conseqüentemente, a satisfação popular.

O trabalho parte do pressuposto que é possível modelar o problema de decisão de investimentos e que a solução desse modelo é capaz de aumentar o índice de acerto na escolha de quais investimentos a administração pública deve executar, bem como determinar o melhor local onde essas obras deveriam ser implementadas.

4.2. Fluxo de Atividades

A metodologia que este trabalho propõe pode ser exemplificada melhor ao se analisar o fluxo de atividades que o OP utiliza desde o momento que se inicia até o orçamento ser aprovado em lei. Essas atividades podem ser agrupadas em cinco etapas:

1ª Etapa: O fluxo começa com o cidadão expondo suas idéias através do canal de

comunicação que melhor se adapte às suas condições: Internet, formulário escrito, telefone ou pessoalmente, como exemplificado na figura 4.1. O cidadão sugere quais as obras e serviços são mais necessárias em seu bairro e região. Essas sugestões poderão ser feitas da seguinte forma:

- Pela Internet através de formulários eletrônicos;
- Por documento escrito, que depois de recebido pela administração pública o digitará, incluindo-o no banco de dados das demandas oriundas da Web;
- Por telefone (*call-center*) ou diretamente na Associação de Bairro, que por sua vez, também deverão ser incluídas no sistema através de acesso à Web.

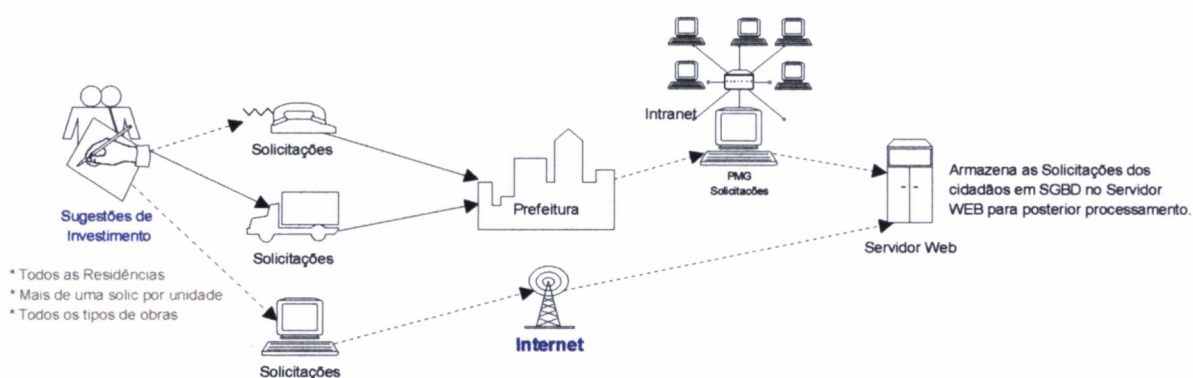


Figura 4.1 – Coleta de sugestões

2ª Etapa: Depois de encerrado o prazo para fazer as sugestões e depois de todas elas terem sido digitadas e armazenadas no banco de dados, o administrador poderá, através de Geoprocessamento, colocar no mapa cartográfico da cidade as representações gráficas dos principais pedidos. Por exemplo: um mapa viário da cidade indicando onde há pavimentação e onde não, bem como onde estão os pedidos de pavimentação da população. Se essas sugestões são construções de instalações públicas, o administrador pode durante essa fase, utilizar-se da Pesquisa Operacional para definir o melhor local onde efetuar a instalação dessa nova unidade de serviços públicos, como representado na figura 4.2.

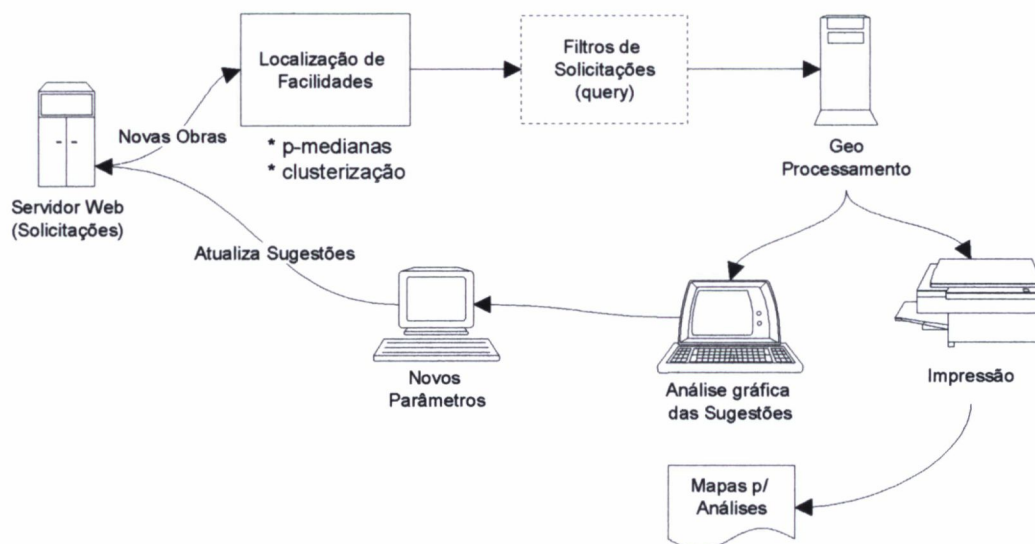


Figura 4.2 - Análise de novas obras por geoprocessamento

3ª Etapa: Uma comissão constituída de técnicos da administração pública e membros da sociedade avaliará o grau de carência das regiões em relação aos temas, a viabilidade técnica de ser implantado, valor da obra, prazo de efetivação, esfera governamental de competência e outros atributos inerentes aos temas e às demandas da sociedade, como exemplificado pela figura 4.3.

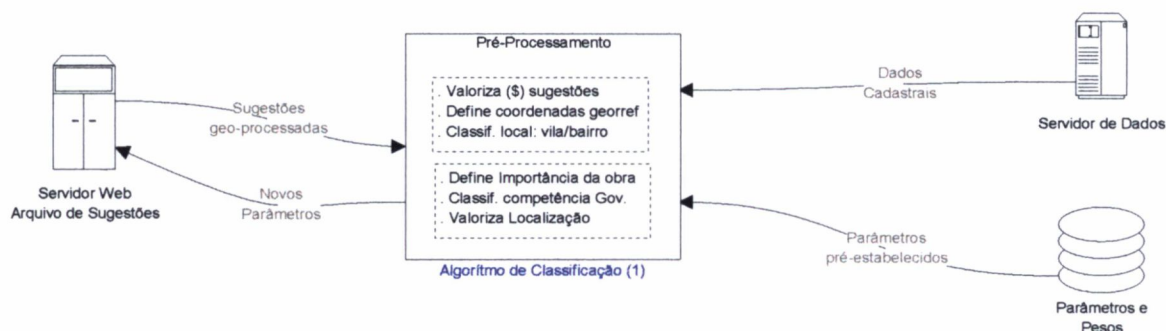


Figura 4.3 - Pré-processamento das demandas

4ª Etapa: Em seguida, baseando-se em tabelas de pesos (retorno social que cada obra pode trazer à sociedade) definidos por tema, as demandas são aglutinadas e priorizadas conforme lastro orçamentário, através da solução de um modelo matemático de Programação Linear Inteira, cuja função “objetivo” maximiza o ganho que essas obras ou serviços podem dar em relação aos temas priorizados. O próximo capítulo trata deste assunto com mais propriedade. Uma representação gráfica dessa atividade pode ser observada na figura 4.4.

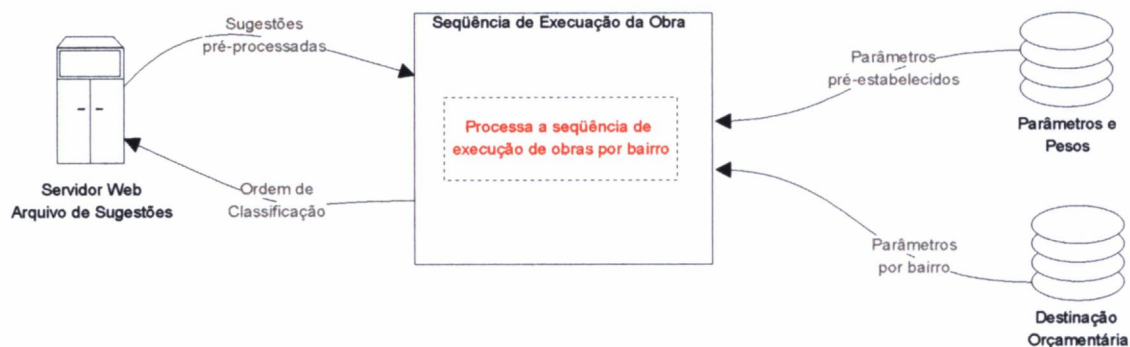


Figura 4.4 - Classificação das demandas factíveis

5ª Etapa: Depois de classificadas pelos critérios técnicos e orçamentários, essas demandas voltam a serem discutidas pela sociedade que define a real seqüência de implementação orçamentária. A solução do modelo matemático de priorização das demandas e a solução do modelo de localização de facilidades devem funcionar como fatores de decisão nas assembléias. Depois de definido pela sociedade quais obras devem ser implementadas pelo governo, dentro dos limites orçamentários, o executivo elaborará a peça orçamentária que será encaminhada ao legislativo para discussão e aprovação. Depois de aprovado no legislativo e sancionado pelo prefeito, a lei orçamentária entrará em vigor no próximo exercício. A figura 4.5. mostra uma representação dessa etapa final.

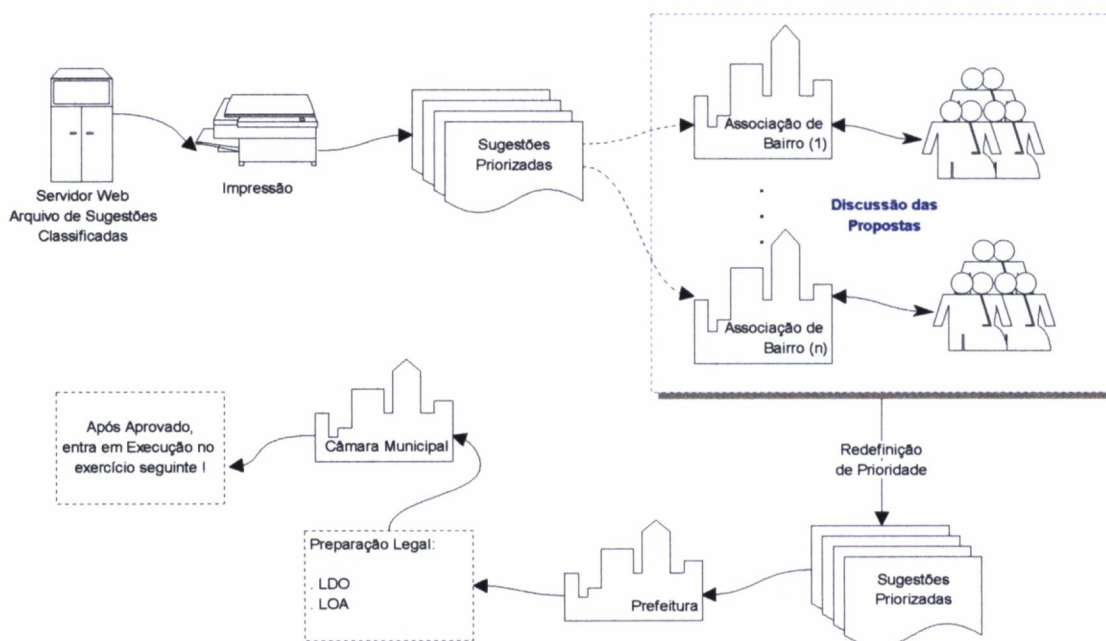


Figura 4.5 - Discussão e elaboração da lei

4.3. A Implementação do *Software*

Originalmente, como apresentado no item 2.4., o OP inicia-se com a eleição de representantes da população que em conjunto com técnicos do governo determinam os níveis de carência em relação aos temas, como saúde, educação, pavimentação, entre outros.

Depois dessa fase, realizaram-se reuniões entre o governo municipal e as lideranças comunitárias, nas quais são passadas as diretrizes do orçamento. As lideranças discutem essas diretrizes com sua comunidade, e após deliberarem, produzem um documento onde registram aquilo que acham importante para o desenvolvimento da comunidade ou ainda que atenda outras expectativas. Depois disso, geralmente utilizam-se planilhas de cálculo para compilar essas sugestões, e ter-se uma visão mais generalizada do processo, como no exemplo da figura 4.6.

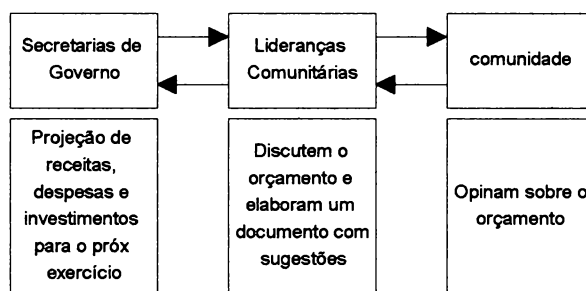


Figura 4.6 - Fluxo OP original

Nesta proposta, o OP visa mobilizar diretamente a população para que discutam no âmbito de seu lar, quais as necessidades que eles percebem serem necessárias no sentido de proporcionar uma melhoria de qualidade de vida no seu próprio bairro. O governo passa a ser um catalisador dessas sugestões.

Depois disso, ele classifica por critérios e por regiões e encaminha essas propostas às lideranças comunitárias, que deverão realizar assembléias com as suas comunidades locais e decidirem, dentre as sugestões, as que são prioritárias. Isto é, devem re-classificar as sugestões de acordo com as prioridades e critérios locais.

Assim, ao completar essa fase, devolvem para a prefeitura que tentará adequar essas sugestões ao orçamento do próximo exercício. Como no fluxo apresentado na figura 4.7.

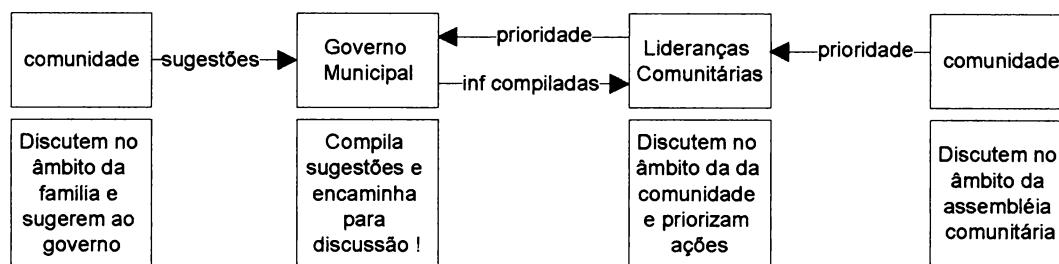


Figura 4.7- Novo fluxo para o OP

4.3.1. O Acesso à Tecnologia

O avanço tecnológico e a concorrência de mercado permitiram certa popularização da informática em todas as camadas sociais e em quase todas as faixas etárias. A utilização da Internet cresceu e se popularizou com o acesso aos provedores gratuitos e com a disponibilidade de acesso em banda larga. Além disso, para o acesso à Internet não se faz necessário um hardware muito sofisticado, pois até mesmo um velho “PC 486”, utilizando o *MS-Windows®* 3.1 e o aplicativo *Internet Explorer®*, ou ainda utilizando o *Linux* com o *Netscape®*, permite uma razoável navegação pela rede.

Estes fatores também contribuem para que até mesmo a camada de população de menor renda tenham acesso à *Web*. Segundo a revista “Info Exame”, edição de janeiro/2003, no Brasil há em média 465 usuários de Internet para cada dez mil habitantes, então, na cidade de Guarapuava poderia haver cerca de 7.765 internautas ativos (segundo a mesma proporção), sem contar com os eventuais (aqueles que usam o PC do vizinho, ou em “*Cyber Cafés*”). Isso representa cerca de 4,1% da população local, que por estímulos próprios utilizam serviços da *Web*.

A proposta é fornecer um meio alternativo, como a Internet, para que a população possa sugerir as ações que desejam ver implementadas. Desta forma, é acrescentada uma contribuição da tecnologia no processo do Planejamento Comunitário ou do OP. O cidadão poderá acessar a Página Eletrônica através de seu computador em casa, no escritório onde trabalha, no laboratório de informática da escola onde estuda, num *Cybercafe* ou num quiosque multimídia que o governo disponibiliza à população³ e ali, após identificar-se, ele

³ Programa Federal de Inclusão Digital. Em Guarapuava estão instaladas duas unidades fornecidas pelo Governo Federal, além de outras três que serão implantadas em locais estratégicos pela Prefeitura.

poderá registrar tantas sugestões quantas desejar.

4.3.2. A Escolha da Tecnologia

A escolha da tecnologia para o desenvolvimento do sistema seguiu alguns parâmetros que foram estabelecidos, tendo por pressuposto que o sistema será utilizado por Governos Municipais e talvez, com algumas adaptações o aplicativo possa ser utilizado pelo governo Estadual. Alguns desses parâmetros são:

- Não obrigar os órgãos públicos a adquirirem licenças comerciais de sistemas operacionais, servidores de Internet, linguagens de programação e bancos de dados para utilizarem o sistema, isto é, o projeto deveria ser desenvolvido com tecnologia *Open Source*;
- Uma vez produzido o aplicativo, ele deveria ser multi-plataforma, isto é, ser executado em Unix, Windows, Linux, etc;
- Deveria ser leve, para ter boa performance tanto em navegadores conectados por linha discada como por banda larga;

Então, para cumprir essas premissas, procuramos a solução na linha do *Software* livre e de ferramentas que já possuíamos licenciadas, e avaliamos as opções que poderiam ser executadas simultaneamente em Linux / Unix® como também em MS-Windows®. Os produtos relacionados na tabela 4.1. foram utilizados para efeito de comparação.

Funcionalidade	Produto	Livre	Linux	MS-Win
Servidores	• Apache	✓	✓	✓
	• MS-IIS	✓	não	✓
	• MS-PWP	✓	não	✓
Linguagens	• Perl	✓	✓	✓
	• Java	✓	✓	✓
	• PHP	✓	✓	✓
	• .NET	não	não	✓
Banco de Dados	• MySQL	✓	✓	✓
	• Postgress	✓	✓	✓
	• SQL Server	não	não	✓

Tabela 4.1 - Softwares candidatos

Escolheu-se então, o Servidor Apache com a linguagem PHP armazenando as informações em um banco de dados mySQL. Todos os produtos foram baixados pela Internet e são gratuitos para a produção de aplicativos não comerciais. Outra característica importante é que todos os produtos têm uma versão para a plataforma Linux e outra para MS-Windows. Essa escolha deve-se principalmente pela análise dos argumentos que se seguem:

- O Servidor Apache⁴ tem sido o mais popular servidor *Web* para a Internet desde abril de 1996. Em outubro de 2003 uma pesquisa da *Netcraft Web Server Survey* aponta que 64% dos servidores de Internet estão utilizando o Apache. O projeto do Servidor HTTP Apache foi desenvolvido para fornecer serviços de HTTP padrão para os sistemas operacionais UNIX e Windows.
- A linguagem PHP que pode ser baixada do endereço www.php.net gratuitamente, possui versões distintas para Unix/Linux, MS-Windows e para outras plataformas especiais, tais como: AS/400, Amiga OS, Mac OSx, Novel Netware, OS/2, Risc OS, SGI Irix 6.5.x. Também é aberta e gratuita, possuindo a sintaxe similar à de C e Perl, tornando-a fácil de aprender para qualquer um com conhecimentos básicos de programação. Conforme Soares (2000), a linguagem é atualmente usada em aplicações *Web* por muitas organizações como Mitsubishi, Redhat, Der Spiegel, MP3-Lycos, Ericsson e NASA. Talvez a vantagem mais significativa de PHP, quando comparada a outras linguagens de *scripting* como ASP ou ColdFusion, é o fato de ser *Open Source* e multi-plataforma, o que a torna ideal para os ambientes heterogêneos atuais.
- O banco de dados mySQL, pode ser baixado do site www.mysql.org, é um servidor de banco de dados relacional muito rápido, robusto, multi-threaded e multi-usuário⁵. Além de gratuito (licença GNU), o mySQL possui versões específicas para as plataformas: AIX 4.x, Amiga, BSDI 2.x., BSDI 3.0, 3.1 e 4.x, DEC Unix 4.x, FreeBSD, HP-UX, todas as versões de Linux, Mac OS X Server, NetBSD 1.3/1.4 Intel e NetBSD 1.3 Alpha, OpenBSD, OS/2 Warp, SGI Irix 6.x., Solaris, SunOS 4.x., SCO OpenServer, SCO UnixWare 7.0.1, Tru64 Unix, Win95, Win98, NT, and Win2000/XP, fator interessante para projetos que poderão ser implementados em ambientes heterogêneos. O mySQL foi escolhido pois tem uma performance melhor que o Postgress em ambiente *Web*.

⁴ Conforme documentação oficial disponível no endereço eletrônico <http://httpd.apache.org/>.

⁵ Segundo o manual de referência do MySQL versão 3.23.52, disponível no endereço www.mysql.org.

4.3.3. A Aplicação

Para o desenvolvimento da aplicação, utilizou-se uma distribuição do Apache 2.0, que em seu instalador já estava configurado o Perl, o PHP4 e o MySQL e pode ser baixado do endereço <http://miniserver.sourceforge.net> gratuitamente.

A aplicação foi definida pelo consenso dos participantes do Planejamento Comunitário 2002, mais especificamente um representante da Secretaria de Planejamento, Obras, Indústria e Comércio, Assuntos Comunitários, Administração e Habitação. Essas definições forneceram premissas para serem seguidas durante o desenvolvimento do projeto, que são:


- O sistema deve ser leve, para ter boa performance de carga e troca de páginas mesmo em conexões discadas;
- A página de coleta de sugestões deve ser simples e o mais abrangente possível;
- Não haverá sugestões anônimas, isto é, o cidadão deve se identificar quando for sugerir intervenções no orçamento;
- Como todas as sugestões passarão por triagem, deve-se identificar qual secretaria de governo é responsável por aquela ação ou obra;
- O cidadão pode sugerir para o seu próprio bairro ou para a cidade como um todo, mas não para um determinado bairro ao qual ele não pertença;

Para classificar e aglutinar as sugestões, também se faz necessário identificar qual Associação de Classe receberá as sugestões para dar encaminhamento na fase das assembleias.

A versão final do aplicativo contemplou duas páginas de acesso (estilo menu), uma para acesso ao cidadão que vai utilizar o sistema na Internet e outra que será de uso do pessoal que operará o sistema na intranet. A primeira tem basicamente as opções:

- **Cadastrar-se como usuário do sistema:** contém uma página onde o cidadão se cadastra para ter acesso à página de sugestão. Ele deve fornecer seus dados pessoais, endereço, chave de acesso e senha;
- **Registrar Sugestão Orçamentária:** para acessar esta página, o internauta deve digitar a chave de acesso e a senha que ele criou na opção anterior. O sistema conta então quantas sugestões esse internauta já fez e mostra na tela. Os campos

que devem ser preenchidos são: tipo da ação (obras, serviços, etc.), bairro que ele informou no seu cadastro pessoal e “cidade”, para as ações abrangentes (nível de cidade), ação genérica, descrição e local onde a ação deverá acontecer;

- **Imprimir Formulário de Inscrição:** permite ao internauta imprimir o formulário de inscrição para ser preenchido à mão para ser entregue posteriormente numa das unidades credenciadas a receber os formulários;
- **Imprimir Formulário de Sugestão:** semelhantemente ao item anterior, o cidadão poderá imprimir o formulário que contém os campos para a sugestão da ação;
- **Consultar sugestões:** acessa uma página de consulta sobre as sugestões cadastradas. Mostra grupos de 20 (vinte) sugestões. Quando a base possui mais de 20 sugestões, um grupo de botões de navegação aparece acima da relação de sugestões: . Eles possuem a função de mostrar o primeiro bloco de 20 registros, retroceder um bloco de 20, avançar um bloco de 20 e ir aos 20 últimos registros, respectivamente.

Contém também alguns links para um documento, de caráter institucional, com textos explicativos que procuram responder as questões:

- O que é o Planejamento Comunitário?;
- Como posso participar?;
- Há vantagens de fazer pela Internet?;
- Veja um exemplo de sugestão;
- Onde entregar meus formulários? e,
- Regimento do Planejamento Comunitário.

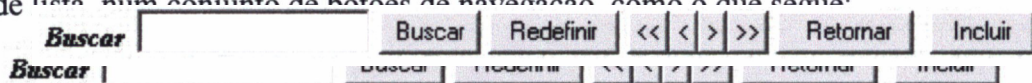
Na segunda página, isto é, aquela que a comissão de administração do PlaneCom utilizará, possui, além dos itens mencionados acima, outros links de acesso às telas de manutenção dos cadastros: Regiões, Associações, Bairros, Secretarias, Obras e Serviços, Tabela de Usuários do Sistema e Manutenção das Demandas dos Cidadãos.

As páginas de manutenção do sistema possuem dois tipos de formatação: o primeiro para as tabelas que possuem poucos registros, como bairros, secretarias, associações, etc., e um segundo tipo para as tabelas que possuem muitos registros, como usuários e demandas.

O primeiro modelo, ao abrir, mostra um relatório em forma de tabela, em que cada linha contém um registro completo (todas as informações de um registro) e um campo

adicional tipo rádio para seleção. No rodapé da página, há um conjunto de opções, também no estilo rádio, onde o internauta escolhe entre “alterar”, “excluir” ou “incluir novo registro”. As opções alterar e excluir afetam o registro cuja opção rádio de sua lateral estiver selecionada.

O segundo modelo apresenta uma síntese do registro por linha, com hiperlinks associados a alguma informação da linha. Esse hiperlink direciona a uma nova página que contém os dados completos daquele registro acionado. Nessa nova página, há botões de seleção que permitem alterar ou excluir o registro exposto. Já a opção de incluir faz parte da página de lista, num conjunto de botões de navegação, como o que segue:



A opção “buscar” permite localizar registros que contenham o texto fornecido no campo adjacente. O aplicativo ficou definido com as seguintes tabelas:

Tabela	Descrição
Usuário	Contém os registros dos cidadãos que se cadastram para participar do Planejamento Comunitário.
Demanda	Armazena as sugestões dos cidadãos.
Obra	Cadastros das Obras e Serviços que poderão ser solicitados pela população no Sistema;
Região	Tabela das regiões a que pertencem os bairros;
Bairro	Tabela de Bairros da cidade;
CEP	Cadastro dos CEPs, com bairros e logradouros. Foram baixados e importados do <i>site</i> dos Correios, somente os CEPs referentes ao estado do Paraná.
Secretaria	Cadastro das Secretarias de Governo;
Associação	Tabela de Associações comunitárias, que aglutinará as demandas de uma determinada região;

Tabela 4.2: Tabelas do sistema

Essas tabelas devem ser preenchidas na seguinte ordem:

1. Importação da tabela de CEP da região onde o sistema será utilizado. Neste projeto, foram importados apenas os CEPs do estado do Paraná, para não ficar

com a base muito grande, mas, por uma questão de economia, pode-se eliminar todos os CEPs excetuados os da cidade onde o sistema será executado;

2. Cadastro de Regiões: deve-se fornecer os dados do coordenador da região, como endereço e e-mail para contato. Tem como pré-requisito a tabela de CEPs;
3. Cadastro das Associações: deve-se fornecer os dados da associação, dos dirigentes (presidente, vice, tesoureiro), endereço, *e-mail* e *homepage*. Necessita da tabela de CEP;
4. Cadastro de Bairros: nome do bairro, população local, associação e região a que pertence. Utiliza as tabelas de Associações e de Regiões;
5. Cadastro de Secretarias: nome da secretaria de governo, nome do secretário da pasta e endereço da secretaria. Utiliza a tabela de bairros;
6. Cadastro de Obras e Serviços: deve-se preencher com a descrição da atividade, tipo (Obras, Serviços ou Treinamento), valor, prazo médio de execução e a qual secretaria de governo essa ação está vinculada. É dependente apenas da tabela de Secretarias;
7. Usuários do sistema: deve-se cadastrar os usuários do tipo administradores, para terem acesso às telas de manutenção do sistema. O cadastro é o mesmo, tanto para os internautas como para os usuários da intranet. O que diferencia é um campo indicando o tipo do usuário. Neste cadastro são informados os dados pessoais do usuário, chave de acesso e senha.

A opção de cadastrar-se como usuário do sistema, disponibilizado ao cidadão na página do sistema, permite apenas a inclusão do registro no sistema. Para alterar a senha, dados pessoais ou mesmo excluir o registro de um cidadão, somente alguém com acesso tipo administrador poderá fazê-lo. O mesmo vale para a opção de fazer sugestão.

CAPÍTULO V

5. O PROBLEMA DE PRIORIZAÇÃO DAS DEMANDAS

5.1. O Modelo de Decisão

Neste capítulo, será estudado o problema proposto na 4ª etapa do fluxo de atividades apresentado no capítulo anterior.

Ao modelar o problema, deve-se levar em conta as características da metodologia proposta, uma vez que a solução do problema não é a solução final e sim, um meio auxiliar para os membros da assembléia decidirem sobre quais obras priorizar para sua região.

Como cada município e estado têm variações quanto à metodologia, procurou-se deixar o modelo mais “genérico”, com o intuito de absorver melhor a metodologia. Alguns municípios selecionam quatro prioridades e escalonam-nas de “1, 2, 3 e 4”. Outros escalonam todos os temas, com variação “1, ... n”. No estudo em questão, utilizou-se o peso “4” para os quatro temas priorizados e “1” como peso para os temas não priorizados.

O modelo proposto deve ser executado para cada região da cidade, cujo objetivo é maximizar o retorno que cada obra pode dar em relação aos temas priorizados e à região em estudo. O modelo de PLI fica assim definido:

$$\begin{aligned} \text{Maximizar} \\ Z_r = & \left(1 + \frac{N_1^r}{Q_r}\right) \cdot (P_1.T_1^1 + P_2.T_2^1 + \dots + P_n.T_n^1) \cdot O_1^r + \\ & \left(1 + \frac{N_2^r}{Q_r}\right) \cdot (P_1.T_1^2 + P_2.T_2^2 + \dots + P_n.T_n^2) \cdot O_2^r + \\ & \dots \\ & \left(1 + \frac{N_n^r}{Q_r}\right) \cdot (P_1.T_1^n + P_2.T_2^n + \dots + P_n.T_n^n) \cdot O_n^r \end{aligned} \quad (5.1)$$

Sujeito à

$$\sum_{i=1}^n O_i^r \leq M_r, \quad r = 1, \dots, n_r \quad (\text{disponibilidade financeira da região } r) \quad (5.2)$$

$$\sum_{i=1}^n O_i^r \geq 1, \quad r = 1, \dots, n_r \quad (\text{pelo menos uma obra da região } r \text{ é priorizada}) \quad (5.3)$$

$$O_i^r \in \{0,1\} \quad (\text{variáveis binárias}) \quad (5.4)$$

Onde:

n : É a quantidade de tipos de obras sugeridas (sem repetição);

i : É o índice da obra, ex.: O_i com $i = 1, 2, \dots, n_i$ obras;

r : É o índice da região, ex.: Z_r com $r = 1, 2, \dots, n_r$ regiões;

j : É o índice do peso associado ao tema “ j ”, com $j = 1, 2, \dots, n_j$ temas;

Z_r : É o total de escores da função objetivo para a região “ r ”;

Q_r : É a quantidade total de obras sugeridas para a região “ r ”;

N_i^r : É a quantidade de obras tipo “ i ”, isto é, “ O_i ” sugeridas para a região “ r ”;

P_j : É o peso índice “ j ” associado ao tema índice “ j ”;

T_j^i : É o escore do tema “ j ” associado à obra “ i ”, ou seja, o retorno que a obra O_i fornece em relação ao tema T_j ;

O_i^r : É a obra índice “ i ” que foi sugerida para a região “ r ”;

M_r : É montante financeiro disponível para a região “ r ”.

A parcela $(1 + \frac{N_i^r}{Q_r})$ da função objetivo (5.1) tem a finalidade de equalizar os pesos de

acordo com a quantidade de “ N ” repetições da mesma obra, proporcionalmente a “ Q ” demandas sugeridas para a região.

As restrições em (5.2) garantem que as somas das obras priorizadas estão dentro dos limites orçamentários de cada região. Já as restrições em (5.3) garantem que pelo menos uma obra será selecionada em cada região. As restrições de (5.4) impõem que as variáveis $O_1, O_2 \dots O_n$ devem ser binárias, isto é, terão o valor igual a 1 se a obra for priorizada e 0 em caso contrário.

5.2. Uma Simulação do Modelo

Como o OP nunca foi implementado em Guarapuava na sua forma original, não há dados comparativos para verificar a eficiência do modelo. Entretanto, para testar o modelo, criou-se um cenário onde o governo municipal estabeleceu um certo montante orçamentário, que depois de rateado pelas regiões do município conforme critérios pré-estabelecidos chegou-se às seguintes variáveis para uma determinada região “ r ”:

- O recurso total disponível para a região “r” é $M_r = 300.000,00$;
- Foram escolhidas 20 obras e 10 Temas, dentre as quais 4 foram priorizadas: Saúde, Educação, Turismo e Político;
- Utilizou-se o critério de associar o peso “4” aos temas priorizados e “1” aos demais temas;
- Os pesos internos dos temas em relação à obra específica e os valores para implantar cada obra foram estabelecidos usando critérios pessoais de um único técnico da prefeitura de Guarapuava e não foram validados por uma comissão técnica (como sugere a metodologia), por se tratar de uma simulação;
- A quantidade total de sugestões foi de 121, distribuídas aleatoriamente entre as 20 obras como exemplificadas na tabela 5.1.

Na tabela 5.1 estão listadas em linha, 20 obras aleatórias, possíveis em um OP. Há 10 colunas temáticas, representadas pelos temas: saúde, educação, cultura, esportes, turismo, recreação, político, inclusão social, desenvolvimento econômico e políticas habitacionais.

Os pesos associados a esses temas referem-se ao consenso de uma equipe multidisciplinar opinando acerca do retorno ou incremento que uma determinada obra pode vir a trazer em relação à cada tema.

A coluna (quantidade de sugestões) informa quantas pessoas sugeriram a mesma obra. Esse número é utilizado para o cálculo do fator de incremento $(1 + \frac{N_r}{Q_r})$ da soma dos escores

individuais dos temas. Os escores são calculados por $\sum_{i=1}^{10} P_i.T_i^j$, isto é, a soma dos produtos do peso do tema pelo retorno que ele traz, para cada obra “j”. A coluna total traz o fator de incremento multiplicado pelo escore. Na última coluna, estão os valores aproximados para a implantação das referidas obras.

Utilizou-se o *software* “Microsoft Excel” para a elaboração dessa planilha, da qual extraiu-se os valores da coluna total para a elaboração do modelo. Esses valores são os encontrados pela expressão $(1 + \frac{N_r}{Q_r}).(P_1.T_1^n + P_2.T_2^n + \dots + P_n.T_n^n).O_n^r$.

O modelo foi implementado no *software* LINGO 6.0 que pode ser obtido pela Internet no endereço www.lingo.com.

		Pesos x Temas:														
		4	4	1	1	4	1	4	1	1	1					
Obra	Descrição da Obra / Serviço	Saúde	Educação	Cultura	Esportes	Turismo	Recreação	Político	Incl. Social	Desenv Econ	Polit Habac	Qtd de Sugestões	Fator de Incremento	Escores	Total	Valor do Item
1	Curso de Empreendedorismo	1	5	7	0	0	0	6	8	8	0	10	1,0826	71	76,9	1.500,00
2	Curso de Gestão Empresarial	2	5	7	0	0	0	6	8	8	0	8	1,0661	75	80,0	1.500,00
3	Curso de Executivas do Lar	6	5	5	0	0	0	7	7	7	0	11	1,0909	91	99,3	3.000,00
4	Construção de Pontes	3	3	3	3	3	3	7	5	5	3	25	1,2066	86	103,8	75.400,00
5	Construção de Capelas Mortuárias	2	0	0	0	0	0	5	0	0	0	1	1,0083	28	28,2	15.000,00
6	Construção de Quadras poli-esportivas	6	6	4	8	3	8	7	0	0	3	3	1,0248	111	113,8	18.000,00
7	Construção de Praças	5	4	4	6	6	8	7	2	2	3	1	1,0083	113	113,9	84.500,00
8	Ampliação de Ciclovia - Av. Manoel Ribas	4	2	2	6	5	8	6	4	2	2	1	1,0083	92	92,8	90.000,00
9	Jardinagem em Praças e logradouros	5	3	4	1	1	7	6	3	3	3	2	1,0165	81	82,3	13.400,00
10	Reforma de Quadras - Escola Manoel Ribas	6	6	4	8	3	8	7	0	0	2	18	1,1488	110	126,4	4.500,00
11	Reforma de Praças - Praça Ucrânia	5	3	4	1	1	7	6	3	3	3	1	1,0083	81	81,7	45.000,00
12	Reforma de Creches - 2 salas - Creche Santana	5	7	6	3	3	3	7	4	4	2	1	1,0083	110	110,9	4.300,00
13	Construção e Ampliação de Creches	5	7	6	3	3	3	7	4	4	3	1	1,0083	111	111,9	90.000,00
14	Serviço de Roçadas e Limpeza de Terrenos	7	2	2	0	0	0	5	0	0	2	2	1,0165	60	61,0	8.000,00
15	Construção/Ampliação de Escolas Primárias	6	9	7	3	3	3	7	5	5	3	1	1,0083	126	127,0	170.000,00
16	Reformas de Escolas Primárias	5	7	5	0	0	0	7	2	2	2	1	1,0083	87	87,7	28.500,00
17	Curso de Informática Básica	0	7	5	0	0	5	7	6	6	0	1	1,0083	78	78,6	3.000,00
18	Curso de Informática Empresarial	0	7	5	0	0	5	7	6	6	0	5	1,0413	78	81,2	3.500,00
19	Construção de Galerias Pluviais	8	0	0	0	0	0	5	4	4	3	27	1,2231	63	77,1	48.000,00
20	Implantação/Ampliação de Transporte Escolar	5	7	2	0	0	0	4	2	2	2	1	1,0083	72	72,6	120.000,00
Totais:												121		1.724	1.807	827.100,00

Tabela 5.1 – Simulação de sugestões para uma região

O modelo de Programação Linear com os dados retirados da tabela 5.1, toma a seguinte forma, na sintaxe para ser utilizada pelo LINGO:

```
MAX = 76.9 * O1 + 80.0 * O2 + 99.3 * O3 + 103.8 * O4 + 28.2 * O5 +
      113.8 * O6 + 113.9 * O7 + 92.8 * O8 + 82.3 * O9 + 126.4 * O10 +
      81.7 * O11 + 110.9 * O12 + 111.9 * O13 + 61.0 * O14 + 27.0 * O15 +
      87.7 * O16 + 78.6 * O17 + 81.2 * O18 + 77.1 * O19 + 72.6 * O20;
```

```
[CUSTO] 1500 * O1 + 1500 * O2 + 3000 * O3 + 75400 * O4 +
        15000 * O5 + 18000 * O6 + 84500 * O7 + 90000 * O8 +
        13400 * O9 + 4500 * O10 + 45000 * O11 + 4300 * O12 +
        90000 * O13 + 8000 * O14 + 170000 * O15 + 28500 * O16 +
        3000 * O17 + 3500 * O18 + 48000 * O19 + 120000 * O20 < 300000;
```

```
[INTEG] O1 + O2 + O3 + O4 + O5 + O6 + O7 + O8 + O9 + O10 + O11 + O12 +
        O13 + O14 + O15 + O16 + O17 + O18 + O19 + O20 > 0;
```

```
@BIN(O1 );
```

```
@BIN(O2 );
```

```
@BIN(O3 );
```

```
@BIN(O4 );
```

```
@BIN(O5 );
```

```
@BIN(O6 );
```

```
@BIN(O7 );
```

```
@BIN(O8 );
```

```
@BIN(O9 );
```

```
@BIN(O10);
```

```
@BIN(O11);
```

```
@BIN(O12);
```

```
@BIN(O13);
```

```
@BIN(O14);
```

```
@BIN(O15);
```

```
@BIN(O16);
```

```
@BIN(O17);
```

```
@BIN(O18);
```

```
@BIN(O19);
```

```
@BIN(O20);
```

O modelo foi executado no LINGO, fornecendo a seguinte resposta:

Global optimal solution found at step: 48

Objective value: 1299.000

Branch count: 4

Variable	Value	Reduced Cost
O1	1.000000	-76.90000
O2	1.000000	-80.00000
O3	1.000000	-99.30000
O4	0.000000	-103.80000
O5	1.000000	-28.20000
O6	1.000000	-113.80000
O7	1.000000	-113.90000
O8	0.000000	-92.80000
O9	1.000000	-82.30000
O10	1.000000	-126.40000
O11	1.000000	-81.70000
O12	1.000000	-110.90000
O13	0.000000	-111.90000
O14	1.000000	-61.00000
O15	0.000000	-27.00000
O16	1.000000	-87.70000
O17	1.000000	-78.60000
O18	1.000000	-81.20000
O19	1.000000	-77.10000
O20	0.000000	-72.60000

Row	Slack or Surplus	Dual Price
1	1299.000	1.0000000
CUSTO	18300.00	0.0000000
INTEG	15.00000	0.0000000

Analisando o resultado, temos que a solução foi alcançada em 48 iterações do algoritmo, com $Z_r = 1299$. As obras selecionadas foram: 1, 2, 3, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 14, 16, 17, 18 e 19, perfazendo um custo total de \$ 281.700,00. Sobra, então, um montante de 18.300,00 que não pode cobrir a instalação de quaisquer obras restantes: 4, 8, 13, 15 e 20 com custos de 75.400, 90.000, 90.000, 170.000 e 120.000 respectivamente.

No próximo capítulo, será implementado o modelo de localização de facilidades. Será utilizado como estudo de caso a instalação de novas unidades de saúde no município de Guarapuava.

CAPÍTULO VI

6. O PROBLEMA DE LOCALIZAÇÃO DE FACILIDADES

6.1. Caracterização do Município de Guarapuava

Esta fase do trabalho trata da implantação da 5ª etapa do fluxo de atividades proposta no tópico (4.2). Propõe implementar um modelo de solução para a localização de novas obras, sejam escolas, praças, postos de saúde e outros. Como aplicação prática, optou-se por realizar o estudo de locais para implantação de unidades de saúde, os chamados Programa de Saúde da Família (PSF) no município de Guarapuava, uma vez que o modelo pode ser estendido às outras classes de facilidades mencionadas no capítulo V.

Na caracterização do Município são apresentados alguns fatores econômicos e sociais da Região de Guarapuava, que justificam a necessidade de uma maior atenção quanto ao atendimento da rede de saúde pública.

Com uma extensão territorial de 3.160 Km², o município de Guarapuava possui aproximadamente 45.000 imóveis e uma população de 155.000 habitantes aproximadamente. Dessa população, apenas 8,7 % está na área rural.

Esses fatores mostram o êxodo da população interiorana acarretando sobrecarga dos serviços municipais, especialmente no que se refere à saúde e habitação. Além dessa emigração, Guarapuava é sede de micro-região⁶ que congrega oito municípios fronteiriços e outros 20 circunvizinhos (aproximadamente), com uma população de aproximadamente 360.000 habitantes, que se servem dos instrumentos públicos do município sede, em relação aos atendimentos de suas necessidades de saúde, educação e segurança.

Muitos dos serviços especializados em saúde, como exames por processamento de imagens, cirurgias especiais, tratamentos oncológicos entre outros, não estão disponíveis nos pequenos municípios, daí a necessidade de serem buscados nos municípios de maior porte e que disponibilizem esses atendimentos à sua população.

Em relação ao município de Guarapuava, alvo deste trabalho, a distribuição

⁶ Fonte: IBGE (2000).

populacional também é heterogênea, tanto a nível de distritos como de bairros, como se observa na tabela 6.1 com dados do IBGE (2000).

Área	População	Homens	Mulheres	Urbano	Rural
Micro-região	363.645	182.998	180.647	237.730	125.915
Guarapuava	155.161	76.205	78.956	141.694	13.467
Atalaia	445	247	198	-	445
Entre Rios	9.033	4.559	4.474	5.799	3.234
Guairacá	1.698	912	786	136	1.562
Guará	3.272	1.693	1.579	981	2.291
Distrito Sede	136.589	66.697	69.892	131.831	4.758
Palmeirinha	4.124	2.097	2.027	2.947	1.177

Tabela 6.1 – Distribuição populacional – Micro-região e distritos

Na tabela 6.1, a população associada à micro-região é aquela pertencente aos municípios circunvizinhos que fazem parte da região de Guarapuava e são, potenciais consumidores de recursos de serviços públicos em Guarapuava. A linha “Guarapuava” contém o somatório da população dos distritos (urbano e rurais). A micro-região de Guarapuava é composto pelos municípios de Guarapuava, Laranjeiras do Sul, Inácio Martins, Pinhão, Turvo, Campina do Simão, Candói e Paz, conforme divisão proposta pelo IBGE.

Sendo sede de microrregião, Guarapuava concentra os serviços dos Batalhões do Corpo de Bombeiros e da Polícia Militar, Polícia Civil, Exército, Agência da Receita Federal, Fórum Eleitoral e Justiça Federal, que atendem a todos os municípios da região.

Em Guarapuava, está instalada a Universidade Estadual do Centro Oeste (UNICENTRO), as Faculdades Integradas Guarapuava e as Faculdades Campo Real. Juntas, estas três instituições oferecem 41 cursos de graduação em Guarapuava e outros 29 nas extensões nos municípios circunvizinhos. Esse pólo educacional é outro fator que incentiva um maior deslocamento populacional em direção ao município de Guarapuava.

O Distrito Sede refere-se à região denominada de perímetro urbano do município. Em relação ao distrito sede, foco do estudo deste trabalho, a tabela 6.2 apresenta a distribuição populacional dos bairros e vilas. O item “outros” na tabela 6.2 refere-se aos habitantes da periferia que não pertencem a nenhum dos bairros do perímetro urbano do distrito sede. O total da tabela 6.2 equivale à população do distrito sede na tabela 6.1.

Área	População	Homens	Mulheres
Alto Cascavel	1.870	963	907
Alto da XV	2.668	1.285	1.383
Batel	4.552	2.120	2.432
Bonsucesso	6.805	3.315	3.490
Boqueirão	17.654	8.563	9.091
Cascavel	2.166	1.033	1.133
Centro	6.283	2.893	3.390
Conradinho	7.859	3.846	4.013
Dos Estados	4.667	2.198	2.469
Industrial	8.656	4.335	4.321
Jardim das Américas	3.713	1.859	1.854
Morro Alto	9.906	4.888	5.018
Primavera	6.749	3.321	3.428
Santa Cruz	6.714	3.207	3.507
Santana	9.393	4.473	4.920
São Cristóvão	6.863	3.432	3.431
Trianon	4.347	2.051	2.296
Vila Bela	11.362	5.628	5.734
Vila Carli	9.084	4.425	4.659
Outros	5.278	2.862	2.416
Totais:	136.589	66.697	69.892

Tabela 6.2 – População por bairros do Distrito Sede em Guarapuava

Guarapuava situa-se na Latitude 25°21'50,62'' Sul e Longitude 51°28'33,68'' Oeste. Está a 1.200 metros de altitude e possui uma superfície de 3.160 Km², dos quais 55,8 Km² compõem a área urbana e 3.104,3 Km² a área rural. Possui 155.161 habitantes⁷, dos quais apenas 8,7% está na área rural. Quanto à sua conformação, é de acordo com a figura (6.1).



Figura 6.1 - Contorno do município

⁷ Conforme Censo 2000.

Nº	Unidade	Bairro	Setor	Qtd Médicos	Consultas /Mês	Odontol. /Mês
1	CIA Bom Sucesso	Vila Bonsucesso	64	3	291	330
2	CIA Campo Velho	Campo Velho	37	2	419	160
3	CIA Guairacá	Distrito de Guairacá	-	-	131	36
4	CIA Guará	Distrito de Guará	-	1	252	99
5	CIA Morro Alto	Vila Morro Alto	110	5	706	330
6	CIA Primavera	Vila Primavera	87	3	499	330
7	CIA Santa Cruz	Vila Santa Cruz	16	4	645	330
8	Cia Santana	Vila Santana	118	4	691	330
9	CIA Vila Bela	Vila Bela	55	4	609	330
10	CIA Vila Carli	Vila Carli	69	3	501	330
11	CIA Xarquinho	Bairro Industrial	78	1	663	170
12	Posto Central	Centro	3	21	9.940	121
22	PSF Adão Kaminski	Bairro Kaminski	108	1	445	-
23	PSF Boqueirão	Vila Boqueirão	28	2	693	580
24	PSF Entre Rios	Distrito de Entre Rios	-	3	821	196
25	PSF Jd das Américas	Jardim das Américas	75	1	424	233
26	PSF Jordão	Vila Jordão	-	1	411	135
27	PSF Palmeirinha	Distr. de Palmeirinha	-	1	488	120
28	PSF Recanto Feliz	Recanto Feliz	99	1	96	-
29	PSF Vila Colibri	Vila Colibri	50	1	333	233
30	PSF Residencial 2000	Morro Alto	101	1	44	-
31	Centro de Saúde da Mulher	Jd Trianon	10	9	ND	-
32	CIA Rio das Pedras	Br277	-	1	104	100
36	PSF Concórdia	Vila Concórdia	31	1	448	580
38	PSF Pinheiros	Bairro Industrial	80	1	56	-
40	PSF Continental	Bairro Boqueirão	28	1	170	-
Total:				91	20.130	5.780

Tabela 6.3 - Carga de trabalho nas unidades de saúde

Em observação aos dados da tabela 6.3, a carga de trabalho é em média de 242 consultas mensais por médico, variando de 44 a 663. Essa grande variação mostra um desequilíbrio na carga de atendimento médico.

6.2. O Estudo do Problema de Localização

Segundo a Secretaria Municipal de Saúde, uma equipe de PSF pode atender entre 2.500 e 4.400 habitantes, com uma média de 3.450. Além disso, a rede pública de Saúde deve ser dimensionada para atender aproximadamente 70% da população que, no caso em estudo,

seria 70% de 165.000 habitantes, ou seja, 115.500 habitantes. Dividindo esse número por 3.450 tem-se 33,5 unidades de PSF. Segundo a Secretaria de Saúde, o alvo é alcançar o total de 33 unidades de PSF para o município de Guarapuava, até o final da atual gestão. Este trabalho, portanto, proporcionará apoio à Secretaria de Saúde quanto à localização dessas novas unidades.

Vale salientar que a Secretaria de Saúde distingue as equipes de PSF e PSF Similaridade. A Similaridade significa que a equipe não trabalhará necessariamente durante o período completo, dado que em determinados locais, principalmente onde há uma maior concentração de renda, a demanda por serviços públicos em saúde é menor. Neste trabalho não será levada em consideração esta peculiaridade.

Os distritos do município de Guarapuava: Palmeirinha, Guará, Guairacá e Entre Rios, são servidos de unidade de saúde pública e não foram disponibilizadas pelo IBGE as informações censitárias dos setores que pertencem a esses distritos. Desta forma, limitou-se o escopo deste trabalho aos setores censitários do distrito sede do município.

A figura 6.4 apresenta a localização das unidades de saúde que estão no distrito sede de Guarapuava. A linha verde delimita o perímetro urbano e a linha magenta delimita os bairros. Em vermelho estão os postos que estão instalados em locais próprios e em verde os que estão em locais alugados.

As unidades de saúde que estão em locais alugados foram marcadas em verde para diferenciar na visualização gráfica das outras que estão em prédios públicos, os quais não são passíveis de re-alocação.

Como observação à figura 6.4. nota-se que o bairro “imóvel Morro Alto”, atualmente conhecido como “Residencial 2000” tem alocado apenas uma unidade de saúde, apesar de ser uma das maiores áreas do distrito sede, entretanto, isto dá-se pelo fato de que se trata de um setor com um grande vazio urbano. No censo de 2000 esse setor tinha apenas 373 habitantes. Uma estimativa atual, baseando-se no número de residências (650)⁸ é aproximadamente 2250 habitantes, mas nos modelos optou-se por utilizar o dado real do IBGE para o setor 101, isto é, 373 habitantes.

Pode-se observar que no bairro Boqueirão, um dos mais populosos da cidade, há quatro unidades de saúde, dentre as quais, duas são em locais alugados. O bairro possui

⁸ Fonte: Secretaria Municipal de Habitação.

quatro unidades de saúde para que o fator “demanda de atendimento” por unidade fosse corrigido. Essa deficiência já havido sido anteriormente detectada pela administração da Saúde Pública Municipal. Essa grande demanda de PSFs nesse bairro pode ser facilmente comprovada ao se observar o resultado do modelo III (que desconsidera unidades existentes e aloca 28 unidades de saúde), são alocadas três unidades de saúde nesse bairro, como demonstrado na seção 6.2.3.

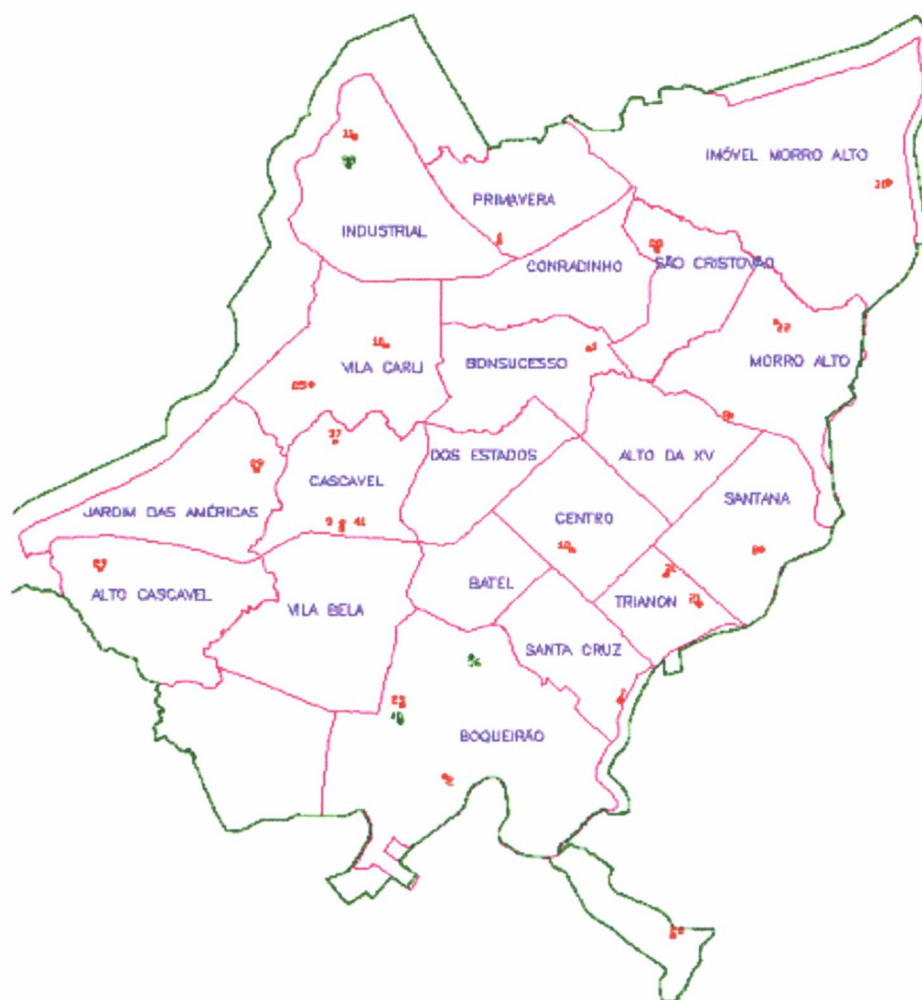


Figura 6.3 - Localização das unidades de saúde do distrito sede

Também foram desconsiderados, para efeito deste trabalho, os hospitais privados, os centros odontológicos, a farmácia municipal e outros equipamentos públicos da área de saúde que não permitem ao cidadão acesso direto e gratuito aos serviços médicos.

Há 17 unidades de saúde que estão em locais fixos e que devem ser consideradas para efeito de determinar os locais ideais para a instalação das novas unidades. Já há três unidades de PSF instaladas em locais alugados. Pode-se, durante o processo de alocação, chegar a

conclusão que estão em locais adequados ou não. Excluindo-se as unidades que estão nos distritos e na zona rural, tem-se um total de 28 unidades para o distrito sede.

Desta forma, será modelado o problema em etapas, para permitir uma melhor compreensão da evolução da solução:

1. Considerar todas as unidades existentes, as 17 fixas e as três alugadas. O modelo determinará as oito unidades novas de saúde;
2. Fixar os 17 pontos onde há unidades de saúde em locais próprios. O modelo determinará o local ideal para a implantação de outras 11 novas unidades;
3. Supor que não há unidades de saúde implantada, então o modelo deverá determinar 28 unidades de saúde;
4. Para determinar a distância que o cidadão percorre atualmente, o modelo deve somente alocar os setores aos postos já existentes, isto é, $p = 20$.

6.2.1. Distância entre dois pontos

Para a determinação dos modelos sugeridos, é necessário equacionar o problema das distâncias entre os setores censitários e as unidades de saúde, uma vez que o modelo visa minimizar essas distâncias. A distância euclidiana constitui na maioria das aplicações reais, uma abstração útil para cálculos, mas na prática, são poucos os casos onde isso acontece, já que os percursos são feitos ao longo de uma rede de transportes. Sampaio (1999) sugere equacionar o problema utilizando uma constante de multiplicação $k = 1,3$ como coeficiente de correção para distribuição urbana, encontrando uma estimativa da distância real. Assim a distância real passa a ser $d = k \cdot d_E$ onde “ d ” é a distância real estimada, “ k ” é um coeficiente de correção média e “ d_E ” é a distância Euclidiana a partir dos centróides das regiões dos setores censitários.

6.2.2. Ajustes Populacionais na Distribuição dos Setores Censitários

Ao localizar o centróide ou o centro de massa de um setor censitário, alguns problemas ocorreram nos setores que possuem grandes vazios. Para amenizar tais distorções, dividiu-se os setores 35, 51, 76, 101 e 103 em dois setores cada, criando assim os setores 35A e 35B, 51A e 51B, 76A e 76B, 101A e 101B, 103A e 103B.

Com exceção do setor 35, os demais setores já citados, possuem grandes vazios. Os setores nomeados de “nB” são grandes vazios e sua população é considerada como zero para efeito de cálculo (serão desconsiderados). Os setores nominados de “nA” possuem concentração de imóveis residenciais.

O setor 35 possui duas concentrações de edificações separadas por um grande vazio, como pode ser observado no mapa de distribuição predial que se encontra no ANEXO II. Então para calcular a população de cada sub-setor utilizou-se o critério de proporcionalidade em relação ao número de edificações residenciais⁹ como é demonstrado a seguir:

$S_{35} = 1.539$ habitantes e 1.382 residências;

$S_{35A} = 395$ e $S_{35B} = 987$ residências,

então:

$$S_{35A} = 395 \cdot \frac{1539}{1382} = 440 \text{ e } S_{35B} = 987 \cdot \frac{1539}{1382} = 1099 \text{ habitantes}$$

Com a utilização do *software Microsoft Excel*® calculou-se as distâncias euclidianas entre os pontos em estudo. Realizou-se o ajuste proposto no item 6.2.1 (aplicação do coeficiente de correção média) e multiplicou-se as linhas da tabela de distâncias pelas populações de cada setor censitário, obtendo-se assim uma matriz ponderada. Formaram-se as equações matemáticas propostas no tópico 3.5 utilizando-se também da planilha de cálculo. A grande vantagem do uso do *Excel*® foi automatizar a montagem do grande número de parcelas nas equações, inequações e expressões matemáticas que o modelo possui.

6.2.3. As Soluções dos Modelos

Os quatro modelos propostos foram preparados na sintaxe adequada ao *software LINGO*®. Observando-se a figura 6.3 há atualmente 17 unidades de saúde em próprios públicos e três em locais alugados. Como a intenção é de ter-se 28 unidades de saúde implantadas num futuro próximo, utilizou-se essa medida nos modelos em estudo.

Para a construção dos modelos PPLIB, utilizou-se a tabela de dados com as coordenadas geo-referenciadas, representadas no ANEXO IX e os referidos valores populacionais, que estão relacionados no ANEXO VII. Com exceção dos ajustes mencionados

⁹ Dados da Secretaria Municipal de Planejamento.

no item 6.2.2, os valores são os mesmos do Censo 2000 fornecido pelo IBGE.

6.2.3.1 Modelo I

Para o primeiro modelo, considerou-se as 20 unidades já existentes (17 próprias e três alugadas) sendo localizadas apenas as outras oito. A seguir, é apresentada uma pequena amostra do modelo I, posto que o modelo matemático completo na sintaxe do LINGO® possui 21.058 linhas de código distribuídas em 607 páginas.

Em relação à sintaxe, deve-se observar o seguinte: “*” é o símbolo de multiplicação, “!” indica que conteúdo da linha é um comentário, “;” indica o fim de um comando. O modelo é inserido entre os comandos MODEL e END como segue:

MODEL:

```

! Função objetivo;
MIN = 0 * S1S1 + 386955 * S1S2 + 589079 * S1S3 + 978167 * S1S4 +
528826 * S1S5 + 902181 * S1S6 + 552028 * S1S7 + 334300 * S1S8 +
576666 * S1S9 + 651213 * S1S10 + 1079516 * S1S11 + 1056134 * S1S12
+ 953440 * S1S13 + 1062758 * S1S14 + 1197400 * S1S15 + 1592987 *
S1S16 + 1455248 * S1S17 + 1867930 * S1S18 + 1420833 * S1S19 +
1519113 * S1S20 + 1578507 * S1S21 + 1058607 * S1S22 + 1408803 *
S1S23 + 1853890 * S1S24 + 1166640 * S1S25 + 2182009 * S1S26 +
2535793 * S1S27 + 2911090 * S1S28 + 2547164 * S1S29 + 2444199 *
S1S30 + 1893543 * S1S31 + 1727131 * S1S32 + 2273751 * S1S33 +
2141715 * S1S34 + 2874316 * S1S35A + 3998925 * S1S35B +
+ . . . +
5869 * P40P8 + 3089 * P40P9 + 5796 * P40P10 + 9028 * P40P11 +
3622 * P40P12 + 8221 * P40P22 + 245 * P40P23 + 5358 * P40P25 +
5157 * P40P26 + 8158 * P40P28 + 4956 * P40P29 + 10918 * P40P30 +
1424 * P40P36 + 8589 * P40P38 + 0 * P40P40;

! RESTRIÇÕES I;

S1S1+ S1S2+ S1S3+ S1S4+ S1S5+ S1S6+ S1S7+ ... + S1S123 = 1;
S2S1+ S2S2+ S2S3+ S2S4+ S2S5+ S2S6+ S2S7+ ... + S2S123 = 1;
+ . . . +
S122S1+ S122S2+ S122S3+ S122S4+ ... + S122S122+ S122S123 = 1;
S123S1+ S123S2+ S123S3+ S123S4+ ... + S123S122+ S123S123 = 1;

```

! RESTRIÇÃO II;

S1S1+ S2S2+ S3S3+ S4S4+ S5S5+ S6S6+ S7S7+ S8S8+ S9S9+ S10S10+ S11S11+
S12S12+ S13S13+ S14S14+ S15S15+ S16S16+ S17S17+ S18S18+ S19S19+
S20S20+ S21S21+ S22S22+ S23S23+ S24S24+

+ . . . +

P1P1+ P2P2+ P5P5+ P6P6+ P7P7+ P8P8+ P9P9+ P10P10+ P11P11+ P12P12+
P22P22+ P23P23+ P25P25+ P26P26+ P28P28+ P29P29+ P30P30+ P36P36+
P38P38+ P40P40 = 28;

! RESTRIÇÕES III;

S1S1 <= S1S1;

S1S2 <= S2S2;

S1S3 <= S3S3;

S1S4 <= S4S4;

. . .

P40P36 <= P36P36;

P40P38 <= P38P38;

P40P40 <= P40P40;

! RESTRIÇÕES IV;

! Unidades que existem, vars = 1;

P1P1 = 1;

P2P2 = 1;

P5P5 = 1;

. . .

P36P36 = 1;

P38P38 = 1;

P40P40 = 1;

END

Como os modelos são muito grandes para serem impressos, a compreensão dos mesmos fica prejudicada, assim sendo, a fim de uma melhor compreensão do modelo, é apresentado no ANEXO VIII o exemplo didático proposto por Sampaio (1999) onde a autora sugere a alocação de quatro instalações para um conjunto de 11 vértices.

Para a modelagem e solução dos modelos propostos, foi utilizado um microcomputador com processador Intel Pentium IV de 2,4 GHz com 512 Mb da memória.

Utilizou-se também o MS-Office®, o ABC Flow Chart®, o LINGO® e o Auto Cad Map 2000® da Autodesk. A solução do primeiro modelo deste trabalho teve 20.716 variáveis, foi alcançada através do *software LINGO®* com 3.259 iterações em 4 segundos de processamento, consumindo 10.190 Kb de memória. Além das 20 unidades de saúde existentes, foram alocados os setores S10, S24, S47, S53, S60, S67, S85 e S114 como locais necessários de implantação de uma nova unidade de saúde. A tabela 6.4 apresenta a designação de cada setor ao local onde deve haver uma unidade de saúde.

Nº	Local	Setores Associados	Dist. Md.	População
1	P1	S62, S64, S90, S91, S94, S95	731	7.085
2	P2	S36, S37, S38, S33, S35A	1070	5.515
3	P5	S116, S110, S111, S104, S105, S106	955	6.072
4	P6	S81, S87, S88, S89	850	4.475
5	P7	S14, S15, S16, S17, S18, S20, S34	580	6.214
6	P8	S117, S118, S119, S122, S123	593	5.388
7	P9	S43, S55, S56	651	3.384
8	P10	S69, S70, S71, S72, S73	611	5.429
9	P11	S77, S78, S79	520	3.506
10	P12	S1, S2, S3, S4, S5, S7, S8, S13, S22, S25	747	7.469
11	P22	S103A, S107, S108, S109, S97	720	6.053
12	P23	S27, S30, S40	566	3.452
13	P25	S74, S75	573	2.472
14	P26	S35B	602	1.099
15	P28	S92, S93, S96, S98, S99, S102, S100	639	6.776
16	P29	S50, S51A	752	1.867
17	P30	S101A	1524	373
18	P36	S19, S31, S32, S26	639	4.558
19	P38	S76A, S80	610	4.167
20	P40	S28, S29, S39	600	3.745
21	S10	S9, S11, S12, S121	691	5.424
22	S24	S21, S23, S42, S57	813	6.063
23	S47	S41, S44, S45, S46, S48, S49	868	8.069
24	S53	S52, S54	734	2.799
25	S60	S6, S59, S61, S63	668	4.917
26	S67	S65, S66, S68, S58	787	5.408
27	S85	S82, S83, S84, S86	677	5.508
28	S114	S112, S113, S115, S120	618	4.544
Distância Média:			728	131.831

Tabela 6.4 - Solução do Modelo I

Como se pode observar na tabela 6.4, a distância média apresentada é de 728 metros. Na elaboração do modelo, utilizou-se as 20 unidades existentes codificadas como P1, P2,...

P40. O modelo indicou a implantação de outros oito setores: S10, S24, S47, S53, S60, S67, S85 e S114. A representação gráfica do modelo I está no ANEXO III. Em relação à carga populacional, verifica-se que a unidade com a menor carga é a unidade P30 com 373 habitantes, a maior é o S47 com 8.069 e a média é de 4.078 habitantes. Observando essa carga, verifica-se a necessidade de haver mais de uma equipe de PSF por unidade, excetuando-se aquelas com carga menor de 3500 habitantes/unidade.

Ao se comparar a tabela 6.4 (solução do Modelo I) com a tabela 6.8 (situação atual), percebe-se uma redução de 19,29% na distância média em relação à situação atual.

6.2.3.2 Modelo II

O Modelo II foi produzido de forma a não levar em conta os três postos de saúde que estão em locais alugados, com o intuito de saber se o modelo confirmaria os locais onde já estão alocados. O resultado está apresentado na tabela 6.5. e sua distribuição gráfica está exemplificada no ANEXO IV. Observa-se que apenas o setor S76A correspondente à unidade P38 se repetiu. As duas outras unidades foram alocadas em setores diferentes.

Nº	Local	Setores Associados	Dist. Md.	População
1	P1	S62, S64, S90, S91	632	5.016
2	P2	S35A, S36, S37, S38	1048	4.143
3	P5	S104, S105, S106, S110, S116	940	5.013
4	P6	S81, S87, S88, S89	850	4.475
5	P7	S14, S15, S16, S17, S18, S20, S34	630	6.214
6	P8	S117, S118, S119, S122, S123	593	5.388
7	P9	S43, S55, S56	651	3.384
8	P10	S69, S70, S71, S72, S73	611	5.429
9	P11	S77, S78, S79	520	3.506
10	P12	S1, S2, S3, S4, S5, S7, S8, S13, S22, S25	747	7.469
11	P22	S103A, S107, S108, S109	619	4.886
12	P23	S27, S28, S29, S30, S39, S40	628	7.197
13	P25	S74, S75	573	2.472
14	P26	S35B	602	1.099
15	P28	S92, S96, S98, S99, S100, S102	602	5.261
16	P29	S50, S51A	752	1.867
17	P30	S101A	1524	373
18	S10	S9, S11, S12, S121	691	5.424
19	S24	S21, S23, S26, S42, S57	816	7.412
20	S32	S19, S31, S33	712	4.581
21	S47	S41, S44, S45, S46, S48, S49	868	8.069

22	S53	S52, S54	734	2.799
23	S60	S6, S59, S61, S63	668	4.917
24	S67	S58, S65, S66, S68	787	5.408
25	S76A	S80	713	4.167
26	S85	S82, S83, S84, S86	677	5.508
27	S95	S93, S94, S97, S111	630	5.810
28	S114	S112, S113, S115, S120	618	4.544
Distância Média:			730	131.831

Tabela 6.5 - Solução do Modelo II

A solução do modelo II levou 4 segundos com 2.947 iterações. Tendo 19.864 variáveis consumiu 9.737 Kb de consumo de memória. A distância média que os cidadãos devem percorrer para usarem os serviços de saúde não apresentou alteração significativa, apenas +0,3%. Os setores que foram definidos para receberem os novos postos são: S10, S24, S32, S47, S53, S60, S67, S76A, S85, S95 e S114. Em relação às cargas populacionais por unidade de saúde não houve alteração.

6.2.3.3 Modelo III

O modelo III foi elaborado desprezando-se as unidades de saúde que já existem. O modelo deve calcular o local ideal para a implantação de 28 unidades. O resultado do modelo está apresentado na tabela 6.6.

Nº	Local	Setores Associados	Dist. Md.	População
1	S2	S1, S3, S5, S9, S13	664	5.004
2	S15	S12, S14, S16, S17, S20	612	5.001
3	S23	S22, S24, S25, S57	687	4.277
4	S29	S30, S33, S37	815	5.008
5	S31	S19, S21, S26, S32	753	5.727
6	S34	S18, S35A, S36	773	3.943
7	S35B		~0	1.099
8	S38		~0	1.458
9	S40	S27, S28, S39, S41, S46	723	7.311
10	S43	S42, S44, S45, S55	811	6.187
11	S48	S47, S49	751	3.338
12	S50	S51A	1104	1.867
13	S53	S52, S54	734	2.799
14	S60	S4, S59, S61, S63, S6	717	5.656
15	S64	S62, S65, S90	808	4.726
16	S68	S58, S67, S72, S73	760	5.524

17	S70	S66, S69, S71, S81, S88	828	6.456
18	S74	S56, S75	1185	3.519
19	S76A	S80	713	4.167
20	S78	S77, S79	433	3.506
21	S85	S82, S83, S84, S86, S87, S89	764	7.809
22	S93	S91, S92, S94, S95, S96	625	7.299
23	S99	S98, S100, S101A, S102	984	3.240
24	S106	S104, S105, S116	713	4.081
25	S109	S97, S103A, S107, S108, S110, S111	789	8.044
26	S113	S7, S112, S114, S115, S8	748	5.217
27	S119	S117, S118, S120	480	3.972
28	S122	S10, S11, S121, S123	669	5.596
Distância Média:			702	131.831

Tabela 6.6 - Solução do Modelo III

O modelo III, apesar de a primeira vista parecer um tanto utópico, servirá para determinar os pontos críticos de carências de unidades de saúde. Este modelo possui 15.376 variáveis e necessitou de 7.476 kb de memória, consumiu 5.502 iterações e 22 segundos de processamento para sua solução. A distribuição gráfica dessa solução está representada no ANEXO V. A carga populacional por unidade foi de 8.044 a maior, 1.099 a menor e média de 4.708 habitantes por unidade de saúde.

A solução do modelo III é a que dá a menor distância média, 702 metros, apresentando um ganho de 3,6% em relação ao modelo I. Pode-se comparar as três soluções e produzir a tabela 6.10 onde são apresentados os setores que se repetem nas soluções de cada modelo.

REPETIÇÕES de ALOCAÇÕES		
Modelo I	Modelo II	Modelo III
S53	S53	S53
S60	S60	S60
S85	S85	S85
S10	S10	
S24	S24	
S47	S47	
S67	S67	
S76A		S76A
S114	S114	

Tabela 6.7 - Comparação entre os modelos

Analisando a tabela 6.10., nota-se que os setores S53, S60 e S85 se repetem nas três soluções, o que remete à conclusão de que é de extrema importância a implantação de uma

unidade de saúde nesses três setores. Já os setores S10, S24, S47, S67, S76A e S114 aparecem repetidos em dois modelos, demonstrando alto grau de importância para a melhora no sistema de atendimento em saúde no município de Guarapuava.

A eficiência dos modelos pode ser melhorada ao se deslocar os centróides dos setores censitários para os núcleos das áreas mais densas de cada setor, ação esta que permitiria valores mais próximos da realidade, em relação às reais distâncias médias para acesso aos serviços públicos de saúde.

6.2.3.4 Modelo IV

Para determinar qual o ganho real que os modelos apresentam, faz-se necessário determinar qual a atual distância média que os cidadãos percorrem para acessarem os serviços de saúde no município.

Adaptamos o modelo I, para implementar a equação $\sum_{i=1}^n \xi_{ij} = 20$. As restrições que indicavam a pré-existência de unidades foram mantidas no modelo. A função objetivo e as demais restrições não foram alteradas. Todos os setores censitários foram alocados nas 20 unidades já existentes, como se observa na tabela 6.8.

A solução do modelo necessitou de 858 iterações e 2 segundos com 10.190 kb de memória, apresentando um total de 20.716 variáveis.

Nº	Local	Setores Associados	D.M.	Popul.
1	P1	S61, S62, S63, S64, S65, S90, S91, S94, S95	950	10.157
2	P2	S33, S35A, S36, S37, S38	1.070	5.515
3	P5	S104, S105, S106, S110, S111, S112, S113, S114, S115, S116	1.022	9.648
4	P6	S81, S82, S83, S84, S85, S86, S87, S88, S89	993	9.983
5	P7	S12, S14, S15, S16, S17, S18, S20, S34	700	7.371
6	P8	S10, S11, S117, S118, S119, S120, S121, S122, S123	872	9.568
7	P9	S42, S43, S44, S45, S48, S53, S55, S56, S57, S58	1.264	11.219
8	P10	S66, S67, S68, S69, S70, S71, S72, S73	787	8.908
9	P11	S77, S78, S79	520	3.506
10	P12	S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7, S8, S9, S13, S22, S23, S25, S59, S60	957	12.536
11	P22	S97, S103A, S107, S108, S109	720	6.053
12	P23	S27, S30, S40, S41, S46, S47	969	7.242
13	P25	S54, S74, S75	904	3.372
14	P26	S35B	602	1.099
15	P28	S92, S93, S96, S98, S99, S100, S102	639	6.776

16	P29	S50, S51A, S52	1.100	2.842
17	P30	S101A	1.524	373
18	P36	S19, S21, S24, S26, S31, S32	764	6.834
19	P38	S76A, S80	610	4.167
20	P40	S28, S29, S39, S49	1.076	4.662
Distância Média:			902	131.831

Tabela 6.8 - Atual distribuição dos setores

Tem-se na tabela 6.8 a situação atual da rede de atendimento em saúde no município de Guarapuava. O modelo identifica a relação entre as atuais unidades de saúde P_i com os setores censitários S_j pertinentes. A distância média para que o cidadão tenha acesso aos serviços de saúde é atualmente de 902 metros.

Uma visualização gráfica da tabela 6.8. mostrando a distribuição dos setores em relação às unidades de saúde existentes pode ser encontrada no Anexo VI.

No próximo capítulo, são apresentadas as conclusões sobre este trabalho e as sugestões para trabalhos futuros.

CAPÍTULO VII

7. CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

7.1. Resultados

Apesar de mais simples que o Modelo de Localização de Facilidades, o modelo de Priorização de Demandas não é menos útil. Ele permite incrementar tecnicamente em muito o processo de decisão em quais obras investir. Isso é demonstrado pelos resultados da simulação apresentada no item 5.1., onde é priorizado o máximo de obras com um determinado recurso limitado.

A elaboração dos Modelos de Localização de Facilidades anteriormente estudados demonstrou que apesar de apresentar médio grau de complexidade, é extremamente onerosa em relação ao esforço necessário para sua consecução. O uso do *Microsoft Excel* para automatizar a elaboração das equações foi de extrema utilidade, reduzindo em dezenas de horas o esforço necessário.

O limite de quatro *megabytes* de memória apresentado pela instalação padrão do *LINGO* não foi suficiente para a solução dos modelos, tendo sido necessário aumentá-lo para 64 Mb. Mesmo sendo grandes, os modelos matemáticos foram solucionados em poucos segundos cada, como apresentado na tabela comparativa 7.1.

Modelo	Já Alocados	Para Alocar	Tempo (seg)	Iterações	Distância Média (m)
Modelo I	20	8	4	3.259	728
Modelo II	17	11	4	2.947	730
Modelo III	0	28	22	5.502	702
Modelo IV	20	0	2	858	902

Tabela 7.1 - Comparação dos resultados

Analisando a tabela acima, conclui-se que o melhor modelo de localização é o Modelo III, que despreza a existência dos 20 postos de saúde realocando 28 novas unidades, com uma distância média de 702 metros para o acesso aos serviços, apresenta um ganho de 22,2% em

relação à situação atual (Modelo IV), entretanto, não é factível de implementação por desprezar os investimentos financeiros já realizados.

O Modelo II piora em 0,3% a situação do Modelo I, além do custo financeiro necessário para re-alocar as três unidades de saúde alugadas. O Modelo IV serve apenas de balizamento para os demais modelos, pois apresenta a atual situação de alocação dos postos de saúde sem contemplar as novas unidades.

Conclui-se desta forma, que deve ser implementado o Modelo I o qual considera a pré-existência dos 20 postos e aloca outras oito unidades e que apresenta um ganho de 19,3% em relação à situação atual. Esse ganho de 174 metros (19,3%) e a baixa variação de ganho entre os modelos deve-se ao fato da pré-existência de uma boa distribuição de unidades de saúde pelos bairros da cidade. A implementação do modelo de PO deverá melhorar ainda mais essa distribuição.

7.2. Conclusões

As atuais implementações do Orçamento Participativo, até onde se têm notícias, são carentes de um método mais eficiente de coleta e processamento das demandas e são muito onerosas aos cofres públicos. O modelo proposto pode em muito melhorar a eficiência na escolha de quais sugestões executar. Apesar da decisão final ser definida em assembleia, os fatores técnicos da implementação da metodologia proposta podem auxiliar com forte embasamento estas reuniões decisórias.

O uso de ferramentas baseadas em *Software Livre* traz grandes benefícios à administração pública, por preservar recursos financeiros e por ser de domínio público. Para a produção do protótipo foi muito fácil baixar da Internet e instalar os aplicativos utilizados.

A utilização desse aplicativo para a coleta das sugestões para o OP deve trazer economia e simplificação do processo inicial do OP.

Por disponibilizar e incentivar o uso de Internet em quiosques multimídia, laboratórios de informática das Bibliotecas Públicas e das Escolas Municipais para as sugestões no processo do Planejamento Comunitário, o Governo está participando de forma efetiva na alavancagem da inclusão digital, isto é, a democratização do acesso à tecnologia.

Propõe-se que as administrações públicas façam uso das técnicas de Pesquisa Operacional para aumentarem a eficiência e a eficácia no gerenciamento dos recursos públicos e não somente na elaboração da peça orçamentária (PPA, LDO e LOA).

Para utilizarem os serviços de saúde pública no município de Guarapuava, a população percorre hoje, em média, uma distância maior que 902 metros (tabela 6.8) para chegar a unidade de saúde mais próxima de sua residência. Com a implementação do modelo de localização de unidades de saúde para o município de Guarapuava, essa distância seria de 728 metros (tabela 6.4), apresentando um ganho de 19,3%. A implementação desse modelo de distribuição, não só permitirá uma melhor distribuição dos recursos de saúde como também, garantirá o acréscimo na qualidade do atendimento.

7.3. Sugestões para Trabalhos Futuros

Visando uma ampliação da aplicação dos algoritmos e métodos apresentados neste trabalho, são expostas aqui as seguintes sugestões para trabalhos futuros:

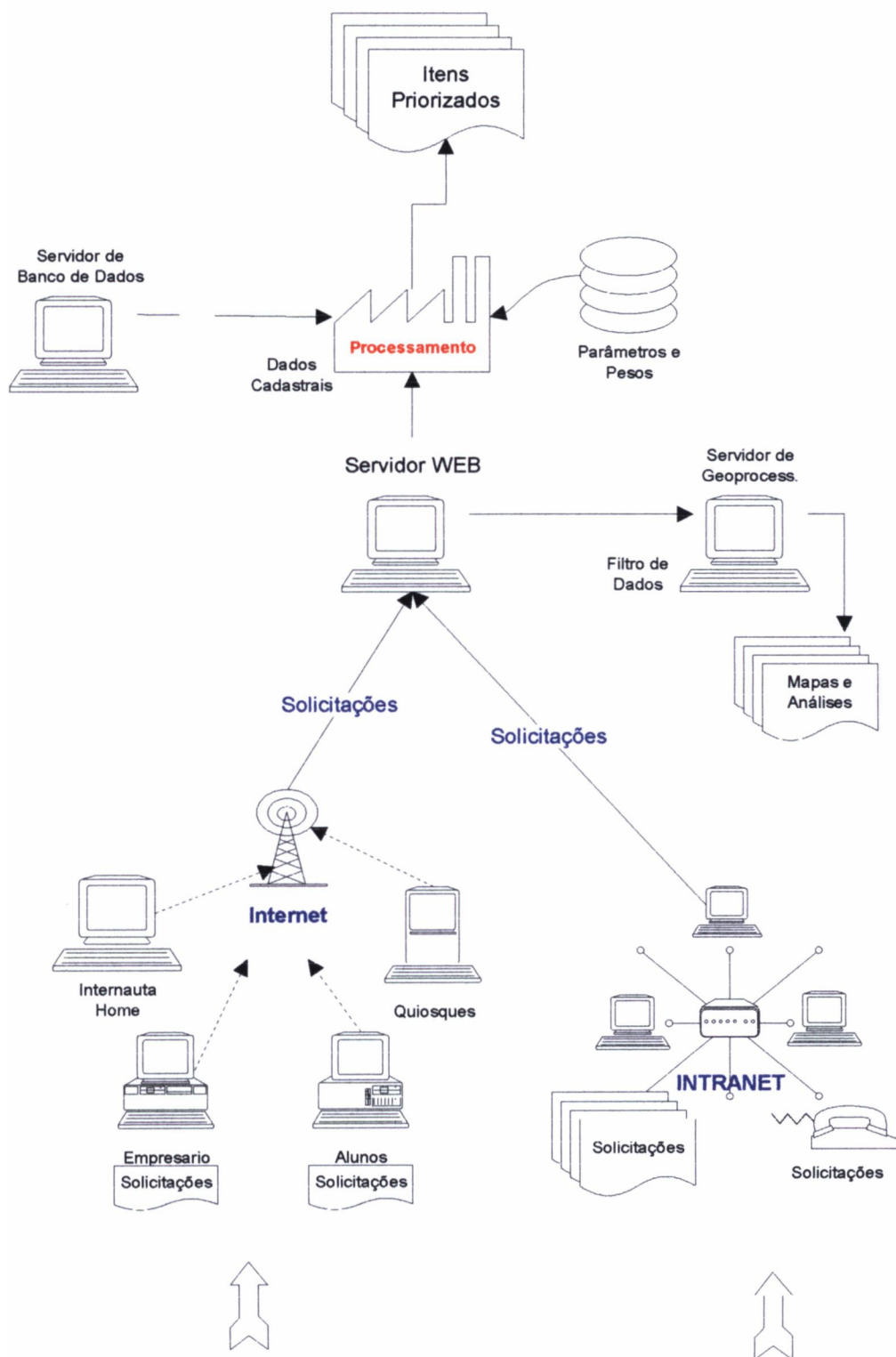
1. Aplicar a metodologia apresentada no trabalho em uma cidade que já tenha realizado outros OPs no sentido de avaliar a eficiência dos modelos;
2. Produzir um aplicativo que gere automaticamente o modelo matemático de decisão de investimentos, tendo por base as sugestões factíveis, elaborando uma interface com o *LINGO*, em substituição ao uso do aplicativo de planilha de cálculo;
3. Produzir um *software* baseado em banco de dados que possa catalogar todas as instalações públicas e, tomando-se por base a divisão censitária do IBGE produzir modelos matemáticos de Programação Linear para localizar quaisquer novas obras no âmbito municipal. Neste trabalho, utilizou-se uma planilha de cálculo para catalogar os dados das localizações das unidades de saúde;
4. Desenvolver um modelo de tomadas de decisões gerenciais e um *software* aplicativo para que o administrador público possa utilizar as técnicas de PO em outros aspectos da administração;
5. Implantar o modelo do OP e realizar um estudo de localização das facilidades públicas em âmbito estadual (havendo recursos), como regionais de saúde, escolas de ensino médio, brigadas de bombeiros, quartéis de polícia militar, entre outros.
6. Melhorar o modelo de localização de facilidades, agregando características como malha viária, proximidade de outros instrumentos públicos (segurança, escolas, creches, semáforos,...);
7. Implementar um estudo de restrições de capacidade nas unidades de saúde pública

em relação às equipes de PSF existentes em cada unidade;

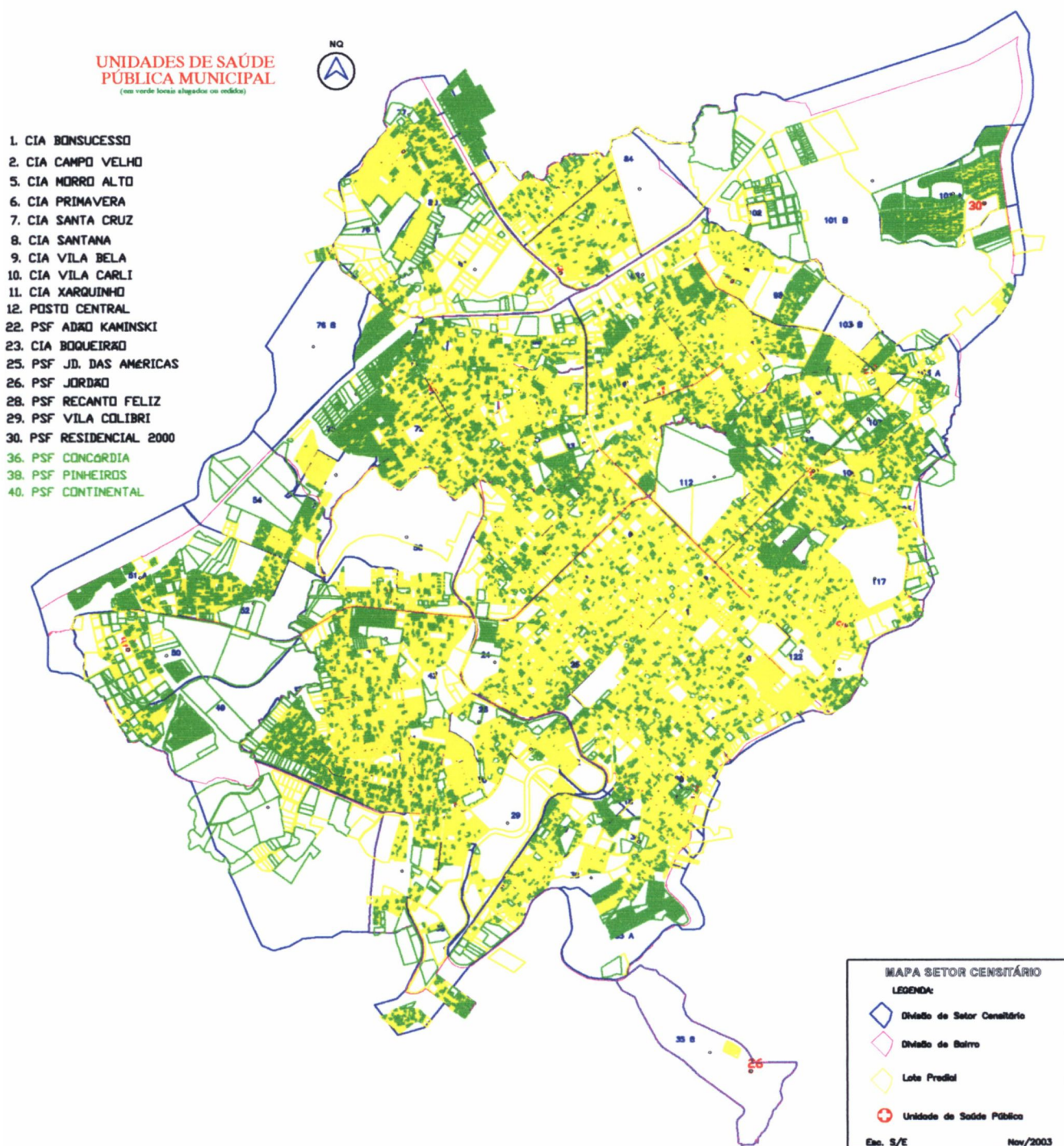
8. Implementar modelos de dimensionamento de equipes para determinar os recursos humanos necessários em cada unidade saúde, alocadas nos modelos de localização de facilidades.

A implementação dessas sugestões poderá trazer novas perspectivas de utilização de tecnologias de TI e de Pesquisa Operacional no setor público. O amadurecimento do aplicativo desenvolvido, incorporando a automatização da produção dos modelos matemáticos facilitará em muito a disseminação da PO e de tecnologias Web na administração pública, daí o grau de importância das sugestões relacionadas.

ANEXO I - ESQUEMA GERAL DO PROCESSO DO OP



ANEXO II – MAPA DE DISTRIBUIÇÃO PREDIAL



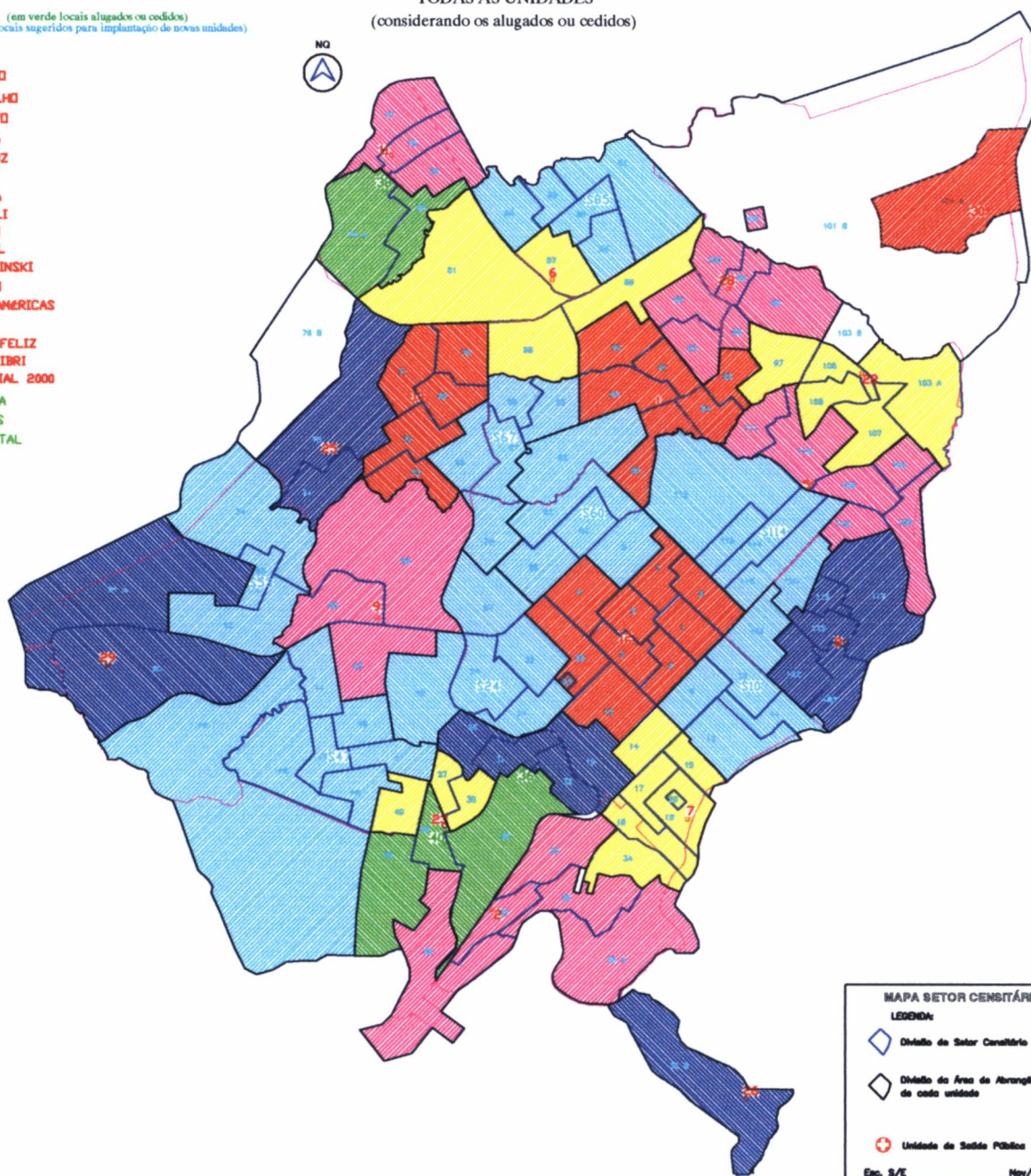
ANEXO III – DISTRIBUIÇÃO CONFORME MODELO I

UNIDADES DE SAÚDE PÚBLICA MUNICIPAL

(em verde locais alugados ou cedidos)
(em cian locais sugeridos para implantação de novas unidades)

1. CIA BONSUCESSO
2. CIA CAMPO VELHO
5. CIA MORRO ALTO
6. CIA PRIMAVERA
7. CIA SANTA CRUZ
8. CIA SANTANA
9. CIA VILA BELA
10. CIA VILA CARLI
11. CIA XARQUINHÃO
12. POSTO CENTRAL
22. PSF ADRIO KAMINSKI
23. CIA BOQUEIRÃO
25. PSF JD. DAS AMÉRICAS
26. PSF JORDÃO
28. PSF RECANTO FELIZ
29. PSF VILA COLIBRI
30. PSF RESIDENCIAL 2000
36. PSF CONCORDIA
38. PSF PINHEIROS
40. PSF CONTINENTAL
- Setor 10
- Setor 24
- Setor 47
- Setor 53
- Setor 60
- Setor 67
- Setor 85
- Setor 114

TODAS AS UNIDADES
(considerando os alugados ou cedidos)



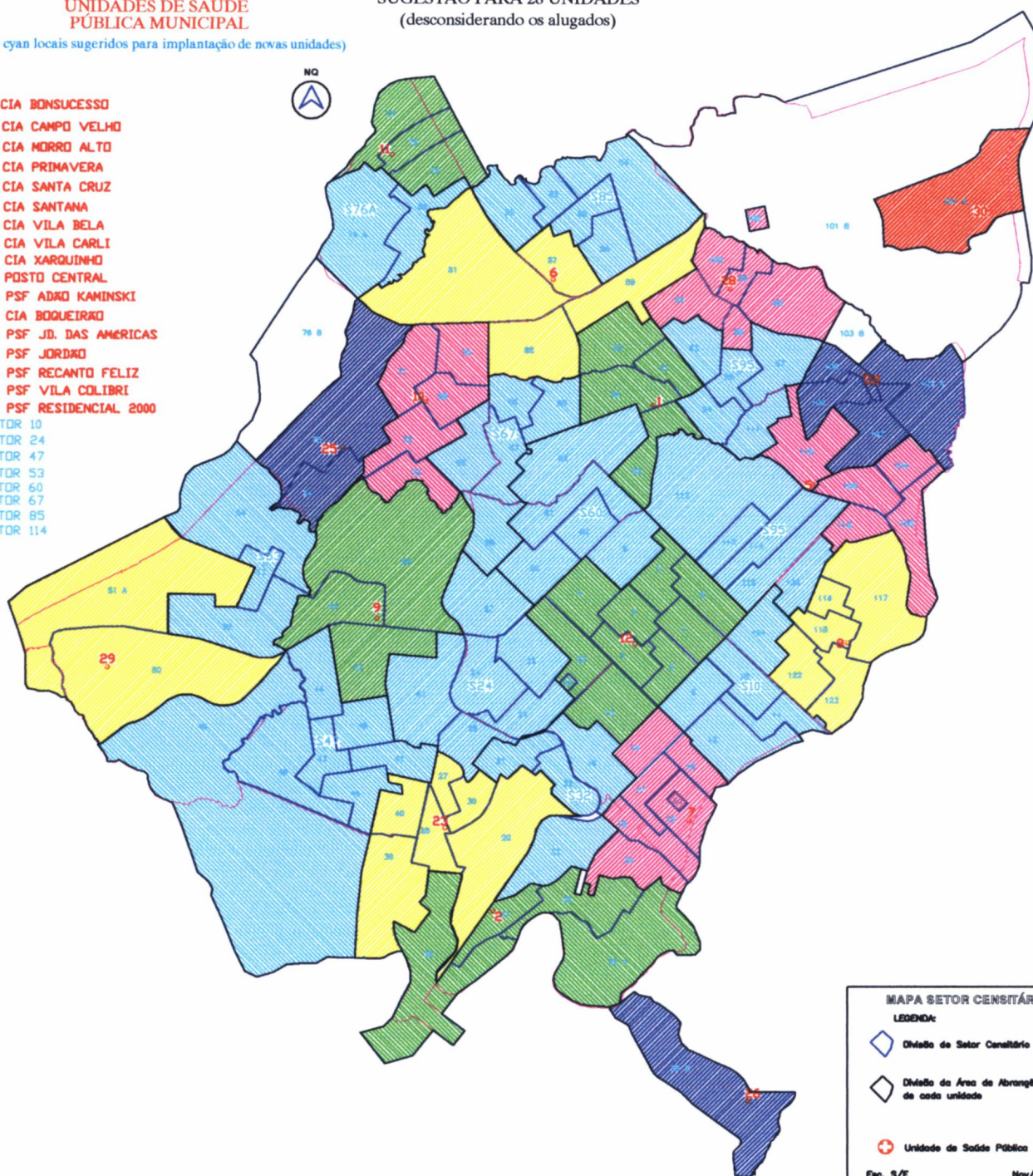
ANEXO IV – DISTRIBUIÇÃO CONFORME MODELO II

UNIDADES DE SAÚDE PÚBLICA MUNICIPAL

(em cyan locais sugeridos para implantação de novas unidades)

SUGESTÃO PARA 28 UNIDADES (desconsiderando os alugados)

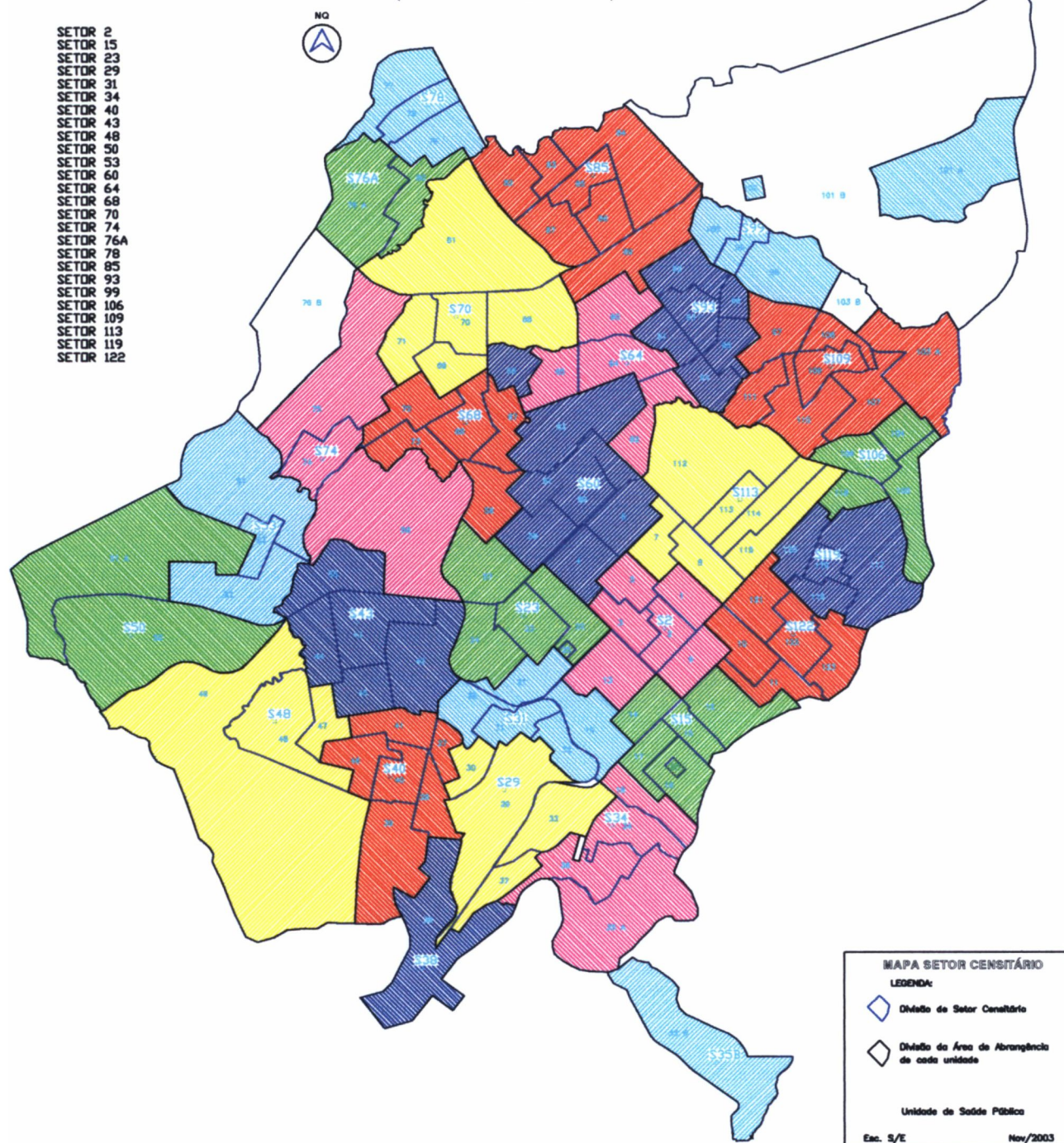
1. CIA BONSUCESSO
2. CIA CAMPO VELHO
5. CIA MORRO ALTO
6. CIA PRIMAVERA
7. CIA SANTA CRUZ
8. CIA SANTANA
9. CIA VILA BELA
10. CIA VILA CARLI
11. CIA XARQUINHO
12. POSTO CENTRAL
22. PSF ADRI KAMINSKI
23. CIA BOQUEIRÃO
25. PSF JD. DAS AMERICAS
26. PSF JORDÃO
28. PSF RECANTO FELIZ
29. PSF VILA COLIBRI
30. PSF RESIDENCIAL 2000
- SETOR 10
- SETOR 24
- SETOR 47
- SETOR 53
- SETOR 60
- SETOR 67
- SETOR 85
- SETOR 114



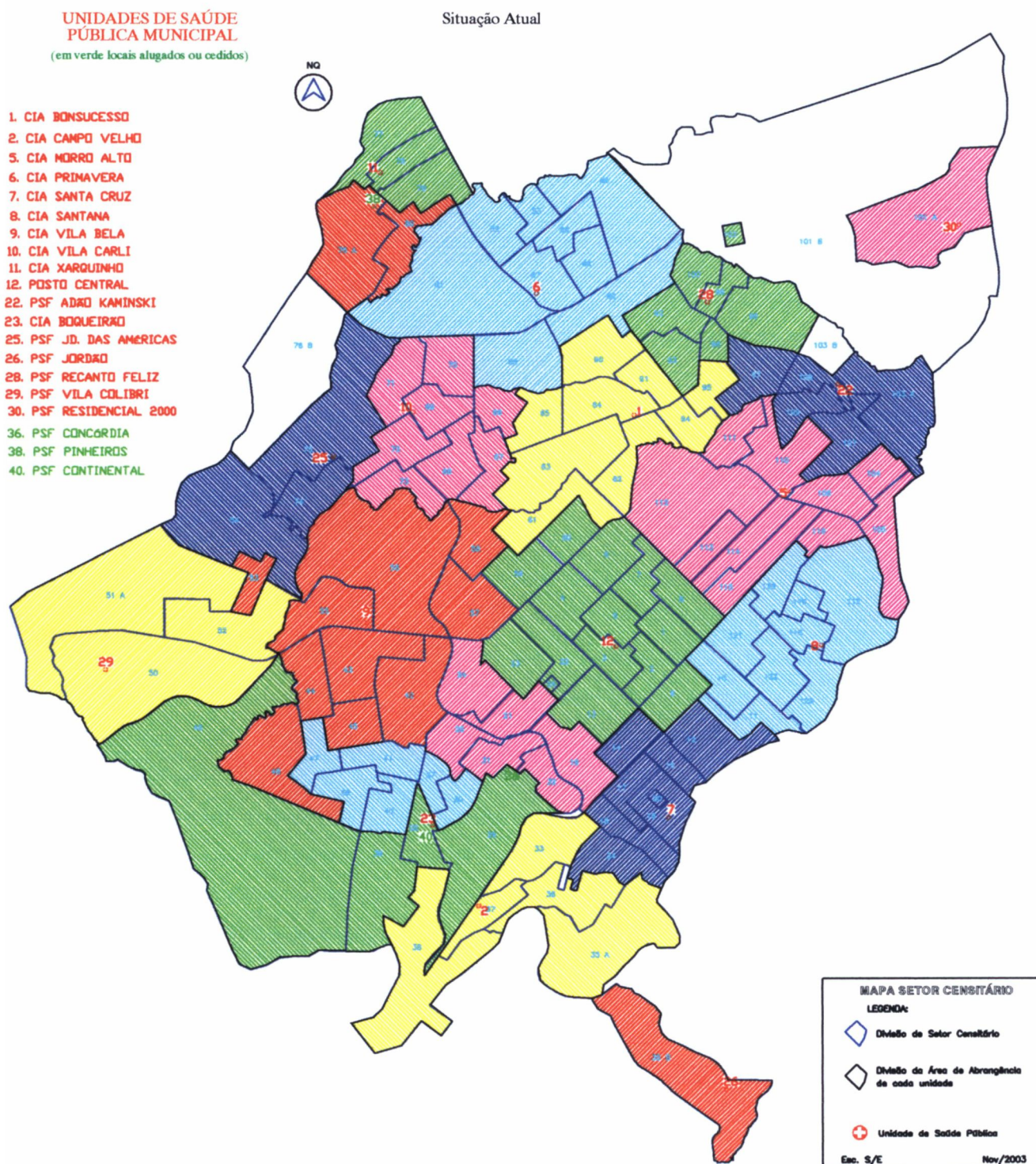
ANEXO V – DISTRIBUIÇÃO CONFORME MODELO III

UNIDADES DE SAÚDE
PÚBLICA MUNICIPAL

SUGESTÃO PARA 28 UNIDADES
(desconsiderando as existentes)



ANEXO VI – DISTRIBUIÇÃO CONFORME SITUAÇÃO ATUAL



ANEXO VII – SETORES CENSITÁRIOS E COORDENADAS

Setores	Pop	X	Y
S1	678	453.439	7.191.423
S2	673	453.217	7.191.044
S3	899	452.817	7.191.177
S4	739	452.382	7.191.763
S5	679	452.856	7.191.565
S6	974	452.815	7.192.235
S7	793	453.143	7.191.975
S8	848	453.606	7.191.763
S9	1.055	453.498	7.190.772
S10	1.025	453.989	7.190.930
S11	1.110	454.297	7.190.550
S12	1.157	453.881	7.190.310
S13	1.020	452.664	7.190.668
S14	930	453.022	7.190.292
S15	788	453.493	7.190.066
S16	1.061	453.378	7.189.617
S17	1.005	453.048	7.189.819
S18	1.027	453.068	7.189.337
S19	823	452.482	7.190.125
S20	60	453.315	7.189.704
S21	1.169	451.851	7.190.594
S22	1.109	452.249	7.191.258
S23	1.136	451.861	7.191.165
S24	1.107	451.398	7.190.914
S25	31	452.226	7.190.892
S26	1.349	451.233	7.190.299
S27	1.112	451.007	7.189.885
S28	1.075	450.893	7.189.318
S29	1.419	451.527	7.189.256
S30	1.105	451.252	7.189.718
S31	1.254	451.695	7.190.169
S32	1.132	452.221	7.189.888
S33	1.372	452.133	7.189.198
S34	1.343	452.871	7.189.060
S35A	440	452.762	7.188.233
S35B	1.099	453.597	7.186.889

Setores	Pop	X	Y
S36	1.133	452.384	7.188.689
S37	1.112	451.552	7.188.521
S38	1.458	450.882	7.187.969
S39	1.251	450.442	7.188.763
S40	1.235	450.556	7.189.632
S41	1.323	450.522	7.190.123
S42	1.757	450.789	7.190.803
S43	1.218	450.280	7.191.160
S44	973	449.731	7.190.971
S45	1.120	450.186	7.190.479
S46	1.315	450.147	7.189.786
S47	1.152	449.790	7.190.162
S48	1.269	449.393	7.190.101
S49	917	449.065	7.189.422
S50	953	448.021	7.190.984
S51A	914	447.748	7.191.789
S52	975	448.919	7.191.520
S53	924	449.133	7.191.964
S54	900	448.974	7.192.581
S55	1.119	449.904	7.191.638
S56	1.047	450.494	7.192.209
S57	894	451.378	7.191.716
S58	898	451.458	7.192.410
S59	949	451.929	7.192.052
S60	953	452.409	7.192.468
S61	973	452.265	7.192.662
S62	1.191	453.052	7.193.216
S63	1.068	452.317	7.193.172
S64	1.219	452.754	7.193.799
S65	1.031	452.083	7.193.631
S66	1.093	451.676	7.193.738
S67	1.203	451.574	7.193.128
S68	1.183	451.220	7.193.199
S69	1.210	451.044	7.193.740
S70	1.003	451.183	7.194.197
S71	976	450.647	7.194.039

Setores	Pop	X	Y
S72	1.081	450.668	7.193.335
S73	1.159	450.671	7.192.991
S74	1.257	449.766	7.192.848
S75	1.215	449.975	7.193.677
S76A	2.457	450.159	7.195.436
S77	1.186	450.521	7.196.555
S78	1.019	450.730	7.196.324
S79	1.301	450.960	7.196.054
S80	1.710	450.706	7.195.470
S81	983	451.194	7.194.962
S82	1.097	451.633	7.195.644
S83	1.177	452.048	7.195.765
S84	920	452.885	7.195.791
S85	1.242	452.403	7.195.607
S86	1.072	452.624	7.195.262
S87	1.241	452.143	7.195.093
S88	1.191	451.893	7.194.239
S89	1.060	452.918	7.194.910
S90	1.285	452.706	7.194.316
S91	1.321	453.229	7.194.041
S92	1.487	453.414	7.194.696
S93	1.515	453.506	7.194.264
S94	1.085	453.655	7.193.572
S95	984	453.872	7.193.958
S96	907	453.901	7.194.420
S97	1.167	454.314	7.194.107
S98	405	454.450	7.194.709
S99	1.216	453.977	7.194.971
S100	1.099	453.709	7.195.152
S101A	373	455.273	7.195.877
S102	147	454.101	7.195.543
S103A	1.339	455.764	7.193.774
S104	941	455.589	7.193.090
S105	957	455.690	7.192.301
S106	1.131	455.149	7.192.837
S107	999	455.231	7.193.423
S108	1.298	454.912	7.194.034

Setores	Pop	X	Y
S109	1.250	454.815	7.193.733
S110	932	454.615	7.193.293
S111	1.059	454.118	7.193.461
S112	929	453.650	7.192.827
S113	832	453.863	7.192.322
S114	907	454.246	7.192.361
S115	908	454.369	7.192.158
S116	1.052	455.087	7.192.466
S117	1.049	455.297	7.191.777
S118	951	454.799	7.191.437
S119	1.004	454.831	7.191.735
S120	968	454.567	7.191.951
S121	1.077	454.164	7.191.391
S122	1.148	454.543	7.191.030
S123	1.236	454.933	7.190.840
P1	1	453.079	7.193.673
P2	1	451.475	7.188.598
P5	1	454.666	7.192.886
P6	1	452.072	7.194.928
P7	1	453.429	7.189.509
P8	1	455.008	7.191.296
P9	1	450.321	7.191.533
P10	1	450.804	7.193.706
P11	1	450.462	7.196.177
P12	1	452.892	7.191.281
P22	1	455.171	7.193.990
P23	1	451.001	7.189.439
P25	1	449.977	7.193.248
P26	1	454.017	7.186.695
P28	1	453.834	7.194.842
P29	1	447.621	7.191.049
P30	1	456.423	7.195.650
P36	1	451.769	7.190.015
P38	1	450.397	7.195.833
P40	1	450.983	7.189.251

ANEXO VIII – UM EXEMPLO PARA A APLICAÇÃO DO MODELO DE P-MEDIANA

Como os modelos de localização de facilidades utilizados neste trabalho são muito grandes para serem aqui colocados, é implementado o mesmo exemplo que Sampaio (1999) utilizou para demonstrar a implementação dos algoritmos que ela utilizou em seu trabalho.

O exemplo procura encontrar a melhor localização para quatro unidades de serviços que deveriam atender um espaço composto por um conjunto de 11 vértices (setores censitários), como representado na tabela 1 e figura 1.

Setor	X	Y
A	3	7
B	3	10
C	5	9
D	7	7
E	11	5
F	11	9
G	14	6
H	19	8
I	14	17
J	7	16
K	10	18

Tabela 1 – Coordenadas Cartesianas

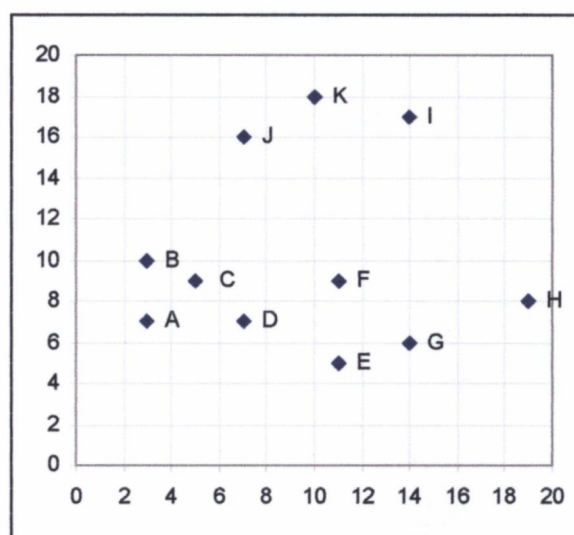


Figura 1 - Exemplo para 11 pontos

Utilizou-se como vetor de pesos, isto é, a população de crianças que residem nos setores censitários é conforme a tabela 2.

Setor:	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
Popul.:	3	1	8	5	2	6	10	4	8	10	20

Tabela 2 - Vetor de Pesos - População infantil

A matriz das Distâncias Euclidianas entre todos os pontos exemplificados na figura 1, encontrados computacionalmente é conforme a tabela 3. Os valores foram arredondados para

inteiros.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
A	0	3	2	4	8	8	11	16	14	9	13
B	3	0	2	5	9	8	11	16	13	7	10
C	2	2	0	2	7	6	9	14	12	7	10
D	4	5	2	0	4	4	7	12	12	9	11
E	8	9	7	4	0	4	3	8	12	11	13
F	8	8	6	4	4	0	4	8	8	8	9
G	11	11	9	7	3	4	0	5	11	12	12
H	16	16	14	12	8	8	5	0	10	14	13
I	14	13	12	12	12	8	11	10	0	7	4
J	9	7	7	9	11	8	12	14	7	0	3
K	13	10	10	11	13	9	12	13	4	3	0

Tabela 3 - Distâncias Euclidianas

Multiplicou-se cada linha da tabela 3 pelo elemento correspondente do vetor de pesos, obtendo-se assim a tabela 4, que é a matriz das distâncias ponderadas.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
A	0	9	6	12	24	24	33	48	42	27	39
B	3	0	2	5	9	8	11	16	13	7	10
C	16	16	0	16	56	48	72	112	96	56	80
D	20	25	10	0	20	20	35	60	60	45	55
E	16	18	14	8	0	8	6	16	24	22	26
F	48	48	36	24	24	0	24	48	48	48	54
G	110	110	90	70	30	40	0	50	110	120	120
H	64	64	56	48	32	32	20	0	40	56	52
I	112	104	96	96	96	64	88	80	0	56	32
J	90	70	70	90	110	80	120	140	70	0	30
K	260	200	200	220	260	180	240	260	80	60	0

Tabela 4 - Tabela das Distâncias Ponderadas

Então, prepara-se o modelo matemático de PPLIB, conforme apresentado no item 3.4.

Na função objetivo Minimizar $z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij}$, já no formato que o pacote computacional

LINGO possa interpretar, temos a seguinte expressão:

$$\begin{aligned}
\text{MIN} = & 0*AA + 9*AB + 6*AC + 12*AD + 24*AE + 24*AF + 33*AG + 48*AH + 42*AI + 27*AJ \\
& + 39*AK + 3*BA + 0*BB + 2*BC + 5*BD + 9*BE + 8*BF + 11*BG + 16*BH + 13*BI \\
& + 7*BJ + 10*BK + 16*CA + 16*CB + 0*CC + 16*CD + 56*CE + 48*CF + 72*CG \\
& + 112*CH + 96*CI + 56*CJ + 80*CK + 20*DA + 25*DB + 10*DC + 0*DD + 20*DE \\
& + 20*DF + 35*DG + 60*DH + 60*DI + 45*DJ + 55*DK + 16*EA + 18*EB + 14*EC \\
& + 8*ED + 0*EE + 8*EF + 6*EG + 16*EH + 24*EI + 22*EJ + 26*EK + 48*FA + 48*FB \\
& + 36*FC + 24*FD + 24*FE + 0*FF + 24*FG + 48*FH + 48*FI + 48*FJ + 54*FK \\
& + 110*GA + 110*GB + 90*GC + 70*GD + 30*GE + 40*GF + 0*GG + 50*GH + 110*GI \\
& + 120*GJ + 120*GK + 64*HA + 64*HB + 56*HC + 48*HD + 32*HE + 32*HF + 20*HG \\
& + 0*HH + 40*HI + 56*HJ + 52*HK + 112*IA + 104*IB + 96*IC + 96*ID + 96*IE \\
& + 64*IF + 88*IG + 80*IH + 0*II + 56*IJ + 32*IK + 90*JA + 70*JB + 70*JC \\
& + 90*JD + 110*JE + 80*JF + 120*JG + 140*JH + 70*JI + 0*JJ + 30*JK + 260*KA \\
& + 200*KB + 200*KC + 220*KD + 260*KE + 180*KF + 240*KG + 260*KH + 80*KI \\
& + 60*KJ + 0*KK;
\end{aligned}$$

Em relação ao conjunto de restrições $\sum_{j=1}^n x_{ij} = 1$, para $i = 1, 2, \dots$, e $\sum_{i=1}^n x_{ij} = 1$, para j

$= 1, 2, \dots, n$ temos:

$$AA+AB+AC+AD+AE+AF+AG+AH+AI+AJ+AK=1;$$

$$BA+BB+BC+BD+BE+BF+BG+BH+BI+BJ+BK=1;$$

$$CA+CB+CC+CD+CE+CF+CG+CH+CI+CJ+CK=1;$$

$$DA+DB+DC+DD+DE+DF+DG+DH+DI+DJ+DK=1;$$

$$EA+EB+EC+ED+EE+EF+EG+EH+EI+EJ+EK=1;$$

$$FA+FB+FC+FD+FE+FF+FG+FH+FI+FJ+FK=1;$$

$$GA+GB+GC+GD+GE+GF+GG+GH+GI+GJ+GK=1;$$

$$HA+HB+HC+HD+HE+HF+HG+HH+HI+HJ+HK=1;$$

$$IA+IB+IC+ID+IE+IF+IG+IH+II+IJ+IK=1;$$

$$JA+JB+JC+JD+JE+JF+JG+JH+JI+JJ+JK=1;$$

$$KA+KB+KC+KD+KE+KF+KG+KH+KI+KJ+KK=1;$$

A implementação das restrições $\sum_{i=1}^n \xi_{ij} = n$, garante que apenas “n” vértices serão

alocados para receber a instalação, no exemplo em estudo, $n = 4$, então:

$$AA + BB + CC + DD + EE + FF + GG + HH + II + JJ + KK = 4;$$

Já o conjunto das restrições $\xi_{ij} \leq \xi_{ii}$ para todo $i, j = 1, 2, \dots, n$ no exemplo, ficam como a seguir:

```

BA<=AA;          KC<=CC;          HF<=FF;          DI<=II;
CA<=AA;          AD<=DD;          IF<=FF;          EI<=II;
DA<=AA;          BD<=DD;          JF<=FF;          FI<=II;
EA<=AA;          CD<=DD;          KF<=FF;          GI<=II;
FA<=AA;          ED<=DD;          AG<=GG;          HI<=II;
GA<=AA;          FD<=DD;          BG<=GG;          JI<=II;
HA<=AA;          GD<=DD;          CG<=GG;          KI<=II;
IA<=AA;          HD<=DD;          DG<=GG;          AJ<=JJ;
JA<=AA;          ID<=DD;          EG<=GG;          BJ<=JJ;
KA<=AA;          JD<=DD;          FG<=GG;          CJ<=JJ;
AB<=BB;          KD<=DD;          HG<=GG;          DJ<=JJ;
CB<=BB;          AE<=EE;          IG<=GG;          EJ<=JJ;
DB<=BB;          BE<=EE;          JG<=GG;          FJ<=JJ;
EB<=BB;          CE<=EE;          KG<=GG;          GJ<=JJ;
FB<=BB;          DE<=EE;          AH<=HH;          HJ<=JJ;
GB<=BB;          FE<=EE;          BH<=HH;          IJ<=JJ;
HB<=BB;          GE<=EE;          CH<=HH;          KJ<=JJ;
IB<=BB;          HE<=EE;          DH<=HH;          AK<=KK;
JB<=BB;          IE<=EE;          EH<=HH;          BK<=KK;
KB<=BB;          JE<=EE;          FH<=HH;          CK<=KK;
AC<=CC;          KE<=EE;          GH<=HH;          DK<=KK;
BC<=CC;          AF<=FF;          IH<=HH;          EK<=KK;
DC<=CC;          BF<=FF;          JH<=HH;          FK<=KK;
EC<=CC;          CF<=FF;          KH<=HH;          GK<=KK;
FC<=CC;          DF<=FF;          AI<=II;          HK<=KK;
GC<=CC;          EF<=FF;          BI<=II;          IK<=KK;
HC<=CC;          GF<=FF;          CI<=II;          JK<=KK;
IC<=CC;
JC<=CC;
END

```

Cada $\xi_{ij} \leq \xi_{ii}$ acima deve estar em uma linha independente, os “;” ao final de cada expressão são obrigatórios. O comando “END” fecha o bloco do modelo e “MODEL:“ abre o bloco, sendo que todas as expressões matemáticas devem estar compreendidas entre esses dois comandos.

Aplicado no LINGO, obtém-se o seguinte resultado:

Global optimal solution found at step: 38
Objective value: 98.00000

Var	V	RCost	DI	0	40	HG	1	0
AA	0	0	DJ	0	25	HH	0	12
AB	0	0	DK	0	35	HI	0	20
AC	1	0	EA	0	8	HJ	0	36
AD	0	0	EB	0	10	HK	0	32
AE	0	12	EC	0	6	IA	0	80
AF	0	12	ED	0	0	IB	0	72
AG	0	21	EE	0	0	IC	0	64
AH	0	36	EF	0	0	ID	0	64
AI	0	30	EG	1	0	IE	0	64
AJ	0	15	EH	0	8	IF	0	32
AK	0	27	EI	0	16	IG	0	56
BA	0	1	EJ	0	14	IH	0	48
BB	0	0	EK	0	18	II	1	0
BC	1	0	FA	0	24	IJ	0	24
BD	0	3	FB	0	51	IK	0	0
BE	0	7	FC	0	12	JA	0	60
BF	0	6	FD	0	0	JB	0	40
BG	0	9	FE	0	0	JC	0	40
BH	0	14	FF	0	8	JD	0	60
BI	0	11	FG	1	0	JE	0	104
BJ	0	5	FH	0	24	JF	0	50
BK	0	8	FI	0	24	JG	0	90
CA	0	0	FJ	0	26	JH	0	110
CB	0	0	FK	0	30	JI	0	40
CC	1	0	GA	0	80	JJ	0	0
CD	0	0	GB	0	80	JK	1	0
CE	0	40	GC	0	60	KA	0	248
CF	0	32	GD	0	40	KB	0	168
CG	0	56	GE	0	0	KC	0	168
CH	0	96	GF	0	10	KD	0	188
CI	0	80	GG	1	0	KE	0	228
CJ	0	40	GH	0	20	KF	0	148
CK	0	64	GI	0	80	KG	0	208
DA	0	0	GJ	0	90	KH	0	228
DB	0	5	GK	0	90	KI	0	48
DC	1	0	HA	0	44	KJ	0	28
DD	0	0	HB	0	44	KK	1	0
DE	0	0	HC	0	36			
DF	0	0	HD	0	40	Row	Slaack	DP
DG	0	15	HE	0	12	1	98	1
DH	0	40	HF	0	12	2	0	-12

3	0	-2	44	0	0	85	0	0
4	0	-16	45	0	0	86	0	0
5	0	-20	46	0	0	87	0	0
6	0	-8	47	0	0	88	0	0
7	0	-24	48	0	0	89	0	0
8	0	-30	49	0	0	90	0	0
9	0	-20	50	0	12	91	0	0
10	0	-32	51	0	0	92	0	0
11	0	-30	52	0	0	93	0	0
12	0	-32	53	0	0	94	1	0
13	0	32	54	0	0	95	1	0
14	0	0	55	0	0	96	1	0
15	0	0	56	0	0	97	1	0
16	0	0	57	0	0	98	1	0
17	0	0	58	0	0	99	1	0
18	0	0	59	0	0	100	1	0
19	0	0	60	0	0	101	1	0
20	0	0	61	0	0	102	1	0
21	0	0	62	0	24	103	1	0
22	0	0	63	0	0	104	0	0
23	0	20	64	0	0	105	0	0
24	0	3	65	0	0	106	0	0
25	0	0	66	0	0	107	0	0
26	0	0	67	0	0	108	0	0
27	0	0	68	0	0	109	0	2
28	0	27	69	0	0	110	0	0
29	0	0	70	0	0	111	0	0
30	0	0	71	0	0	112	0	0
31	0	0	72	0	0	113	0	0
32	0	0	73	0	0	114	1	0
33	0	0	74	1	0	115	1	0
34	0	6	75	1	0	116	1	0
35	0	0	76	1	0	117	1	0
36	0	10	77	1	0	118	1	0
37	1	0	78	0	2	119	1	0
38	1	0	79	0	0	120	1	0
39	1	0	80	0	0	121	1	0
40	1	0	81	1	0	122	1	0
41	1	0	82	1	0	123	0	0
42	1	0	83	1	0			
43	1	0	84	0	0			

A interpretação da solução acima é simples, todas as variáveis que estão no primeiro bloco e que possuem o número “1” ao lado, devem ser levadas em consideração. Retirando

tais variáveis, obtém-se a tabela 5.

Variable	Value	Reduced Cost
AC	1	0
BC	1	0
CC	1	0
DC	1	0
EG	1	0
FG	1	0
GG	1	0
HG	1	0
II	1	0
JK	1	0
KK	1	0

Tabela 5 - Resultados

Os setores que devem receber a instalação da facilidade são: C, G, I e K. Os outros, indicam quais setores pertencem ao cluster, no exemplo, temos: AC, BC, DC, logo, A, B e D pertencem ao setor C. A associação dos setores dá-se conforme a tabela 6, para o exemplo em questão.

Setor	Associados
C	A, B, D
G	E, F, H
I	
K	J

Tabela 6 - Setores associados

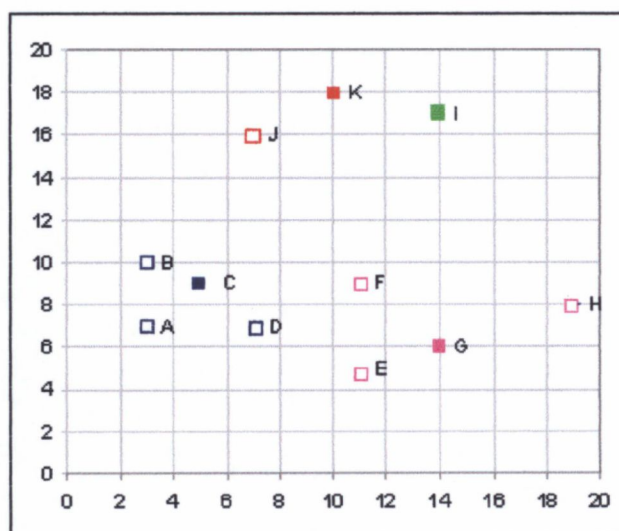


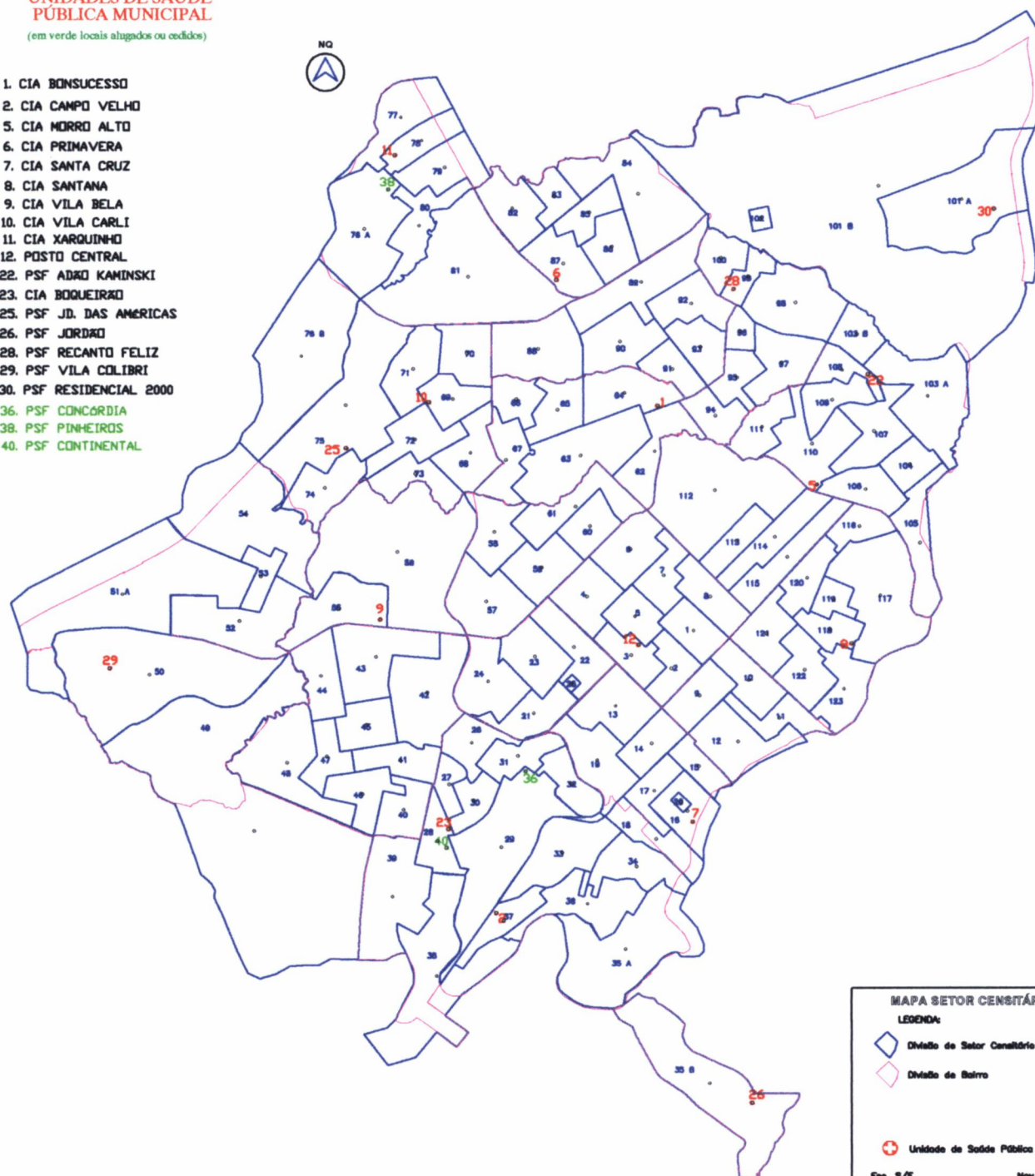
Figura 2 - Solução do modelo

ANEXO IX – DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS SETORES CENSITÁRIOS

UNIDADES DE SAÚDE PÚBLICA MUNICIPAL

(em verde locais alugados ou cedidos)

1. CIA BONSUCESSO
2. CIA CAMPO VELHO
5. CIA MORRO ALTO
6. CIA PRIMAVERA
7. CIA SANTA CRUZ
8. CIA SANTANA
9. CIA VILA BELA
10. CIA VILA CARLI
11. CIA XARQUINHO
12. POSTO CENTRAL
22. PSF ADÃO KAMINSKI
23. CIA BOQUEIRÃO
25. PSF JD. DAS AMERICAS
26. PSF JORDÃO
28. PSF RECANTO FELIZ
29. PSF VILA COLIBRI
30. PSF RESIDENCIAL 2000
36. PSF CONCORDIA
38. PSF PINHEIROS
40. PSF CONTINENTAL



GLOSSÁRIO

- Apache
- É o mais popular e um dos mais utilizados servidores de páginas web, possui distribuição gratuita e pode ser baixado no endereço <http://www.apache.org/dist/httpd/binaries/win32>.
- Cybercafé
- É uma nova proposta que mescla serviços e entretenimento num ambiente sofisticado, agradável e confortável, equipado com computadores conectados à Internet. É um local onde o internauta em trânsito poderá, temporariamente, conectar-se com o resto do mundo, encaminhar e receber e-mails, navegar na Web ou apenas bater um papo nas salas de chat. O cliente poderá pesquisar e imprimir seus trabalhos utilizando computadores com vários *softwares* instalados. Enfim, são muitas as possibilidades que o Cybercafé oferece para facilitar a vida do cliente enquanto este saboreia um delicioso cafezinho. Tudo isso concentrado num espaço altamente profissional.
http://www.virtualpointcafe.cgd.com.br/cyber_cafe.html,
- Democracia
- Forma de organização política que reconhece o direito que tem cada membro da comunidade de participar da gestão dos assuntos públicos. Originária da Grécia clássica. Barsa.
- mySQL
- É um popular servidor de banco de dados que oferece integração com aplicações diversas através de um subconjunto da popular linguagem de consulta SQL. Por não ter suporte ao conceito de transações, ele oferece tempos de acesso baixos e pode ser rodado em máquinas menos potentes. Ele é gratuito para usos não comerciais, exigindo o pagamento de taxas para aplicações comerciais - embora você possa fazer o download da versão completa do *software* independente de qualquer pagamento. Maiores informações no site www.mysql.c
- Orçamento
- Termo que designa, em direito, a lei que autoriza o governo a receber certos recursos e efetivar determinadas despesas. Em

finanças, é a expressão geral das receitas e despesas públicas. Barsa.

Open Source

- O movimento Open Source não se trata de algo anarquista anti-business, mas de uma alternativa ao modelo de negócio para a indústria de *software*. Esta alternativa não gira em torno de regras econômicas ortodoxas, mas vai além e questiona princípios, inclusive dos modelos econômicos ortodoxos aplicados à esfera virtual. A questão em jogo, quando se contrapõem as opções, é sobre hierarquia de valores. Ou a liberdade do usuário e os ganhos indiretos, ou a avareza do investidor deve prevalecer. A GPL (General Public License), modelo de licença de uso de *software* livre surgido com o projeto GNU, visa a resguardar o direito do usuário a esta liberdade, em detrimento do direito a benefício econômico direto do autor ou de quem dele desejar se apossar.

PHP

- **PHP**: (sigla recursiva de "Personal Home Page") é uma linguagem de scripting Open Source para execução no servidor, usada na criação de páginas Web dinâmicas para comércio eletrônico e outras aplicações. É uma combinação de linguagem de programação e servidor de aplicações. Roda no servidor, deixando a parte do cliente leve. Pode ser executado no Linux, Unix ou Windows e possui acesso nativo a diversos bancos de dados, como Postgress, mSQL, MySQL, Oracle, MS-sql Server, Sybase e outros, além do suporte via ODBC. Pode também criar imagens dinamicamente, possui funções específicas para tratamento de documentos baseados em XML além de tratar documentos PDF. (Soares, p. 6-7). A definição, história e referência da linguagem, pode ser encontrado no endereço: <http://www.php.net/manual>.

Site

- Um "lugar", ou seja, um computador ou uma rede de computadores conectada à Internet onde você tem acesso a informações usando um navegador ou outro instrumento de

navegação. Conjunto de documentos apresentados ou disponibilizados na Web por um indivíduo, instituição, empresa, etc., e que pode ser fisicamente acessado por um computador e em endereço específico da rede. (Aurélio).

WEB

- [Ingl., lit., 'teia'; f. red. de Worldwide Web, lit., 'teia (de âmbito mundial)']. (1) Recurso ou serviço oferecido na Internet (rede mundial de computadores), e que consiste num sistema distribuído (q. v.) de acesso a informações, as quais são apresentadas na forma de hipertexto, com elos entre documentos e outros objetos (menus, índices), localizados em pontos diversos da Rede. (2) O conjunto das informações e recursos assim disponibilizados. (Aurélio);

REFERÊNCIAS

1. ACKOFF, Russel L., SASIENI, Maurice W. **Pesquisa Operacional**. LTC: Rio de Janeiro, 1975.
2. ALMEIDA, Marco Antônio de. **Orçamento Participativo**. Consultado no endereço <http://federativo.bndes.gov.br/dicas/D092%20-20Orçamento%20participativo.htm> em 11/09/2002, às 17:35.
3. ANDRADE, Eduardo Leopoldino de. **Introdução à pesquisa operacional: métodos e modelos para a análise de decisão**. 2. Ed. Rio de Janeiro: LTC, 1998.
4. BARBOZA, Ângela Olandoski. **Aplicação de algumas técnicas da Pesquisa Operacional na otimização de horários de atendentes em central telefônica**. Dissertação de mestrado. UFPR, Curitiba, PR, 2000.
5. CAMPOS, Vicente FALCONI. **TQC: Controle da Qualidade Total (no estilo japonês)**. Fundação Christiano Ottoni. Rio de Janeiro: Ed. Bloch Editores S/A, 1992.
6. CASTRO, Orlando. **Abordagem Sistêmica da Administração**. Artigo publicado na internet no endereço www.geocities.com/orlandocastro/teoriasmatematicas.doc, acessado em 19/09/2003.
7. CASTRO, Orlando. **Teoria Geral de Administração II: Management Science**. Artigo publicado na Internet no endereço www.geocities.com/orlandocastro/TeoriasMatematicas.doc, acessado em 23/10/2003.
8. CHRISTOFIDES, Nicos. **Graph theory – An algorithmic approach**. New York: Ed. Academic Press, 1975.
9. CONSTITUIÇÃO DA REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL. **Manuais de legislação Atlas**. São Paulo: Ed. Atlas S/A, Volume 1, 1988.

10. COSSENZO, Fábio. **O Estudo de Probabilidade em Jogos**. Artigo publicado na web no endereço <http://www.dcc.ufmg.br/~cossenzo/prob>, acessado em 22/10/2003.
11. DANTZIG, G. B. **Linear Programming and Extensions**. Princenton University Press, Princenton, New Jersey, 1963.
12. DREZNER, Zvi. **Facility Location – A survey of application and methods**. USA: Ed. Springer. Stanford, 1995.
13. IBGE. **Censo Demográfico / Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Rio de Janeiro: IBGE, 2000.
14. LORENA, Luiz Antonio Nogueira et Al. **Integração de um Modelo de P-Mediana a Sistemas de Informações Geográficas**. Artigo publicado na Internet no endereço <http://www.lac.inpe.br/~lorena/arsigindex.html>, acessado em 13/05/2003.
15. MATHUR, K e SOLOW, D. **Management Science: The Art of Decision Making**. Ed. Prentice Hall, 1994.
16. NASCIMENTO, Edson Ronaldo. **Lei complementar 101/2000: entendendo a Lei de Responsabilidade Fiscal / Edson Ronaldo Nascimento, Ilvo Debus**. – Brasília: ESAF, ISBN: 85-87841-03-3, 185p, 2002.
17. O QUE É OPENSOURCE. http://www.mestrelinux.hpg.ig.com.br/iniciantes/oqueeopensource/oqueeopensource_a.html, acessado em 13/03/2003.
18. ORÇAMENTO PARTICIPATIVO. Prefeitura Municipal de Guarulhos. Consultado no endereço <http://www.guaru.com/op> em 11/09/2002.
19. ORÇAMENTO PARTICIPATIVO. Prefeitura Municipal de Porto Alegre. Consultado no endereço <http://www.prefpoa.com.br> em 11/12/2002.
20. PREFEITURA MUNICIPAL DE PONTA GROSSA. **Orçamento Participativo: Regimento Interno / Metodologia**. Prefeitura Municipal de Ponta Grossa: 2003.

21. PRADO, Darci. **Programação Linear**. Belo Horizonte, EDG, 205p, 1999.
22. SAMPAIO, Maria Eugênia de Carvalho e Silva. **Aplicação de metaheurísticas ao problema de localização de escolas de ensino fundamental**. Dissertação de mestrado. UFPR, Curitiba, PR, 1999.
23. SILVA, Daniel Salgueiro da. **Guia Contábil da Lei de Responsabilidade Fiscal: para aplicação nos municípios / Daniel Salgueiro da Silva, Wander Luiz, João Batista Fortes de Souza Pires – Brasília: Conselho Federal de Contabilidade; São Paulo: Instituto Ethos, 149p, 2000.**
24. SIQUEIRA, Antonio Carlos Pedroso de. **A utilização da Programação Linear e a Teoria das Restrições como Ferramenta de Apoio à Tomada de Decisões**. Artigo publicado em <http://www.milenio.com.br/siqueira/tr242.htm>, acessado em 13/05/2003.
25. SOARES, Wallace. **Programando em PHP: Conceitos e Aplicações**. Vila Velha, ES: Editora Erica Ltda., 2000.
26. VIETTI, Bruno et Al. **Casa da Cultura Jurídica**. Artigo publicado na Internet em http://www.lsad.eps.ufsc.br/gerencia/trabalhos/relatorio_de-gerencia_de_projetos/sld010.htm, acessado em 23/10/2003.
27. ZIONTS, S. **Linear and Integer Programming**. Ed. Prentice-Hall International series in management, 1974.