

Tecnologia da Informação e Técnicas da Pesquisa Operacional na Tomada de Decisões em Gestão de Obras Públicas

Luiz Augusto Chaia, Sergio Scheer, Maria Teresinha Arns Steiner

Programa de Pós-Graduação em Métodos Numéricos em Engenharia
Universidade Federal do Paraná - Caixa Postal: 19.011, 81.531-990 - Curitiba, Paraná.

lachaia@ig.com.br, scheer@ufpr.br, tere@mat.ufpr.br

Abstract. *Nowadays the needs for public facilities lead to increasing challenges in terms of public financial management. In one side are the decreasing budgets and resources and, in the other one, the increasing responsibilities. This work aims to propose a compound alternative that uses the Participative Budget Methodology (OP) together with Information Technology (Internet web access and software applications) and Operational Research (algorithms for designation and location problems) techniques whose objective is to help the public administrator in the resources management regarding public facilities investments. The proposed methodology establishes in the first phase a technological approach using the Internet as one of the collecting mechanisms for the population suggestions in an OP basis. To classify these suggestions according to the return each public facility can give, are used mathematical programming algorithms based on weights associated with themes such as health, education, and others. The second phase of the work proposes a better location for the public facility that are suggested and prioritized in the first phase. A case study for location of health centers was implemented to the city of Guarapuava in the State of Paraná/Brazil.*

Resumo. *A administração financeira dos organismos públicos tem apresentados desafios cada vez maiores, na medida que os recursos tornam-se escassos, tanto pela diminuição das receitas, como pela agregação de novas responsabilidades que pertenciam a outras esferas de governos, sem a adequada contrapartida. Este trabalho visa propor uma alternativa composta da Metodologia do Orçamento Participativo (OP) com Tecnologia da Informação (acesso a Internet e aplicativos de apoio) e Pesquisa Operacional (algoritmos para problema de designação e de localização), 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 estudo de caso, uma aplicação específica para localização de postos de saúde foi implementada para a cidade de Guarapuava - PR.*

1. Introdução

1.1. Origem do Trabalho

A cada novo ano, especialmente 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 [22].

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 melhoria 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 melhores níveis de satisfação popular. Uma das formas de operacionalizar a consulta popular é o chamado Orçamento Participativo (OP) [2], muito comum entre as administrações do Partido dos Trabalhadores (PT) [17,18,19].

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 e *Web*, 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 PHP com o banco de dados MySQL sendo executado por um servidor Apache (servidor de páginas web) [24];
2. Um modelo matemático de Programação Linear [20] que prioriza as sugestões conforme o retorno que cada uma pode dar em relação aos temas (educação, saúde, etc.) [21,23];
3. Um modelo matemático de Programação Linear Inteira Binária – PPLIB [1], para localizar o melhor setor para a implantação de uma nova facilidade de serviços [7,10].

1.3. Importância do Trabalho

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

Os modelos matemáticos foram produzidos com auxílio do software *Microsoft Excel* e solucionados através do uso do *software LINGO*[12], estando limitados às suas capacidades.

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 assembléias, onde o “fator emocional” possui muita força.

Na segunda parte do trabalho, que se refere à localização de instalações públicas, o trabalho limitou-se no estudo de caso 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.

Quando o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) [11] 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.

2. Gestão Participativa

2.1. A Lei de Responsabilidade Fiscal e o Orçamento Participativo

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 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 [2].

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 assembléias 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) [15].

A LRF tem por objetivo regulamentar a Constituição Federal [8] 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 [22]. O OP é um instrumento que a Administração Municipal pode lançar mão para auxiliar no cumprimento da LRF.

Os instrumentos que a LRF coloca a disposição para o planejamento dos gastos públicos são os mesmos que a Constituição Federal [8] já adotava: PPA, LDO e a LOA.

O Plano Pluri-Anual (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.

A Lei de Diretrizes Orçamentárias (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. Além de balizar a elaboração do orçamento, estabelece critérios para estimativa, controle e equilíbrio das receitas e despesas.

A Lei Orçamentária Anual (LOA) constitui-se no principal instrumento que o gestor possui para o gerenciamento orçamentário e financeiro da administração pública.

2.2. Ciência da Administração

Os processos de tomada de decisão e as funções de planejamento de projetos estão ligados à Ciência da Administração [6]. Conhecida também como Pesquisa Operacional, Teoria Quantitativa ou ainda Teorias Matemáticas, a Ciência da Administração, reúne um conjunto de ferramentas imprescindíveis ao administrador [5].

A Pesquisa Operacional (PO) segundo Mathur (1994) é a aplicação de métodos, técnicas e instrumentos científicos utilizados para fornecer subsídios racionais para a tomada de decisões nas organizações [14]. 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 [3].

A Teoria Matemática coloca ênfase no processo decisório e procura tratá-lo de modo lógico e racional, através de uma abordagem quantitativa. 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.

3. A Implementação Metodológica

3.1. O Fluxo do Modelo

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 para implementação proposta:

- **1ª Etapa:** O fluxo inicia com o cidadão expondo suas idéias através do canal de comunicação que melhor se adapte às suas condições: Internet, formulário escrito, telefone ou pessoalmente. O cidadão sugere quais obras e serviços são mais necessárias em seu bairro e região, utilizando-se da Internet, manualmente ou via *call-center*;
- **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 um sistema de informações geográficas (GIS), colocar no mapa cartográfico da cidade as representações gráficas dos principais pedidos. 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;
- **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;
- **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;
- **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 assembleias. Depois de definido pela sociedade quais obras devem ser implementadas, 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 executivo, a lei orçamentária entrará em vigor no próximo exercício.

3.2. A Implementação do Software

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 de Software Livre (<http://www.ansol.org/filosofia/>) ou mesmo como *Open Source* [16];

- Uma vez produzido o aplicativo, ele deve ser independente de plataforma de sistema operacional ou multi-plataforma, isto é, ser executado em Unix, Windows, Linux, etc;
- Deve ser “leve”, para ter bom desempenho tanto em navegadores conectados por linha discada como por banda larga.

Foi escolhido, então, o Servidor Apache com a linguagem PHP [24] armazenando as informações em um banco de dados mySQL (<http://www.mysql.com>). Todos os produtos utilizados 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, porém compatíveis entre si.

O aplicativo foi produzido de tal forma a apresentar uma página web voltada para o cliente final (população) e outra para o administrador do sistema. A primeira possui as opções de cadastramento (pois não pode haver sugestões anônimas), opção de sugerir uma demanda, outra para consultar as demandas registradas e outros “links” institucionais. A segunda possui opções de manutenção das tabelas e cadastros do sistema. O aplicativo permite o registro e consulta das demandas classificadas por região. Os registros podem então ser acessados por chamadas em SQL e pré-processadas em planilhas de cálculo para enfim, adquirirem o formato de modelo matemático que será solucionado através do software LINGO® [12].

3.3. Problema de Designação e Distribuição de Recursos

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 [1,4,9]. 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:

$$\text{Minimizar } z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \quad (3.3.1)$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = 1, \text{ para } i = 1, 2, \dots, n \quad (3.3.2)$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = 1, \text{ para } j = 1, 2, \dots, n \quad (3.3.3)$$

$$x_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{se a } i\text{-ésima pessoa assume a } j\text{-ésima tarefa} \\ 0 & \text{caso contrário} \end{cases} \quad (3.3.4)$$

A função objetivo é dada por (3.3.1), escolhendo-se x_{ij} tal que sejam satisfeitas as condições (3.3.2), (3.3.3) e (3.3.4) obtendo-se o mínimo custo. As restrições em

(3.1.2) existem pelo fato de que cada pessoa é designada apenas para uma tarefa e as restrições de (3.1.3) pelo fato de que cada tarefa será designada somente para uma pessoa.

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”.

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 Programação Linear Inteira (PLI) fica assim definido:

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

Sujeito à

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

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

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

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 ”.

3.4. O Problema de Localização de Instalações

Os problemas de localização dividem-se em dois tipos básicos: localização de centros e localização de medianas, como propõe Lorena et al (2003) [13]. Os algoritmos de otimização relacionados a Problemas de Localização de Facilidades [10], 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) [7].

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, entre outros.

Este tipo de problema pode ser formulado como um Problema de Programa Linear Inteira Binária (PPLIB) [7], 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, 0 ou 1.

3.5. Sistemas de Informações Geográficas

A ferramenta gerencial Sistemas de Informações Geográficas (*GIS*), 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. Com soluções mais simples é possível diminuir custos e melhorar a qualidade das obras realizadas.

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*.

4. Estudo de Caso – estudo para implantação de unidades de saúde – Guarapuava / PR

Foi realizado um estudo para a implantação de novas unidades de saúde para o município de Guarapuava no Paraná. Levando em consideração a população da cidade e os indicadores apresentados pela Secretaria de Saúde Municipal em relação ao dimensionamento das unidades do Programa de Saúde da Família (PSF), definiu-se atingir um total de 28 unidades de saúde para distrito sede de Guarapuava.

Atualmente, Guarapuava conta com vinte unidades de saúde pública no distrito

sede, sendo dezessete alocadas em locais próprios e três em locais alugados. Foram produzidos quatro modelos com as seguintes características:

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

Os modelos determinaram a alocação de cada setor censitário à unidade de saúde correspondente e a localização de cada nova unidade de saúde. A partir daí, calcula-se a distância média. 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 4.1 onde são apresentados os setores que se repetem nas soluções de cada modelo. Analisando essa tabela, 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 grande 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. Esta ação permitiria valores mais próximos da realidade em relação às distâncias médias reais para acesso aos serviços públicos.

Tabela 4.1 - Comparação entre os modelos

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	

5. 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.

A elaboração dos Modelos de Localização de Facilidades demonstrou que apesar de apresentar médio grau de complexidade, é extremamente onerosa em relação ao esforço necessário para sua consecução. O uso de software de planilhas de cálculo para automatizar a elaboração das equações foi de extrema utilidade, reduzindo em dezenas de horas o esforço necessário. Mesmo sendo grandes, os modelos matemáticos foram solucionados em poucos segundos cada, como apresentado na tabela comparativa 5.1.

Tabela 5.1 - Comparação dos resultados

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

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 re-allocando 28 novas unidades, com uma distância média de 702 metros para o acesso aos serviços, com ganho de 22,2% em relação à situação atual (Modelo IV). Entretanto, não é factível sua 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.

6. Conclusões

O modelo proposto pode em muito melhorar a eficiência na escolha de sugestões no processo de OP. Apesar da decisão final ser definida em assembléia, os fatores técnicos da implementação da metodologia proposta podem auxiliar com forte embasamento estas reuniões.

O uso de ferramentas baseadas na filosofia de *Software Livre* ou de *Software de Código Aberto* 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 4.1), 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. Referências

- ACKOFF, R.L., SASIENI, M.W. **Pesquisa Operacional**. LTC: Rio de Janeiro, 1975.
- ALMEIDA, M.A. de. **Orçamento Participativo**. Disponível em: <http://federativo.bndes.gov.br/dicas/>, acesso em 11/09/2002.
- ANDRADE, E. L. de. **Introdução à pesquisa operacional: métodos e modelos para a análise de decisão**. 2. Ed. Rio de Janeiro: LTC, 1998.
- BARBOZA, Â.O. **Aplicação de algumas técnicas da Pesquisa Operacional na otimização de horários de atendentes em central telefônica**. Dissertação de mestrado. UFPR, Curitiba, PR, 2000.
- CASTRO, O. **Abordagem Sistêmica da Administração**. Disponível em: www.geocities.com/orlandocastro/teoriasmatematicas.doc, acesso em 19/09/2003.
- CASTRO, O. **Teoria Geral de Administração II: Management Science**. Disponível em: www.geocities.com/orlandocastro/Teorias_Matematicas.doc, acesso em 23/10/2003.
- CHRISTOFIDES, N. **Graph theory**. New York: Ed. Academic Press, 1975.
- CONSTITUIÇÃO DA REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL. **Manuais de legislação Atlas**. São Paulo: Ed. Atlas S/A, Volume 1, 1988.
- DANTZIG, G. B. **Linear Programming and Extensions**. Princenton University Press, Princenton, New Jersey, 1963.
- DREZNER, Z. **Facility Location – A survey of application and methods**. USA: Ed. Springer. Stanford, 1995.
- IBGE. **Censo Demográfico / Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Rio de Janeiro: IBGE, 2000.
- LINDO Systems Inc. LINGO. Disponível em: <http://www.lindo.com>, acesso em 20/02/2004.

- LORENA, L.A.N. et al. **Integração de um Modelo de P-Mediana a Sistemas de Informações Geográficas.** Disponível em: <http://www.lac.inpe.br/~lorena/arsigindex.html>, acesso em 13/05/2003.
- MATHUR, K e SOLOW, D. **Management Science: The Art of Decision Making.** Ed. Prentice Hall, 1994.
- NASCIMENTO, E.R.. **Lei complementar 101/2000:** entendendo a Lei de Responsabilidade Fiscal / E.R. Nascimento, I. Debus. – Brasília: ESAF, ISBN: 85-87841-03-3, 185p, 2002.
- OPEN SOURCE INITIATIVE (OSI). Open Source Definition. Disponível em: <http://www.opensource.org/docs/definition.php>, acesso em 13/10/2004.
- ORÇAMENTO PARTICIPATIVO. Prefeitura Municipal de Guarulhos. Disponível em: <http://www.guaru.com/op>, acesso em 11/09/2002.
- ORÇAMENTO PARTICIPATIVO. Prefeitura Municipal de Porto Alegre. Disponível em: <http://www.prefpoa.com.br>, acesso em 11/12/2002.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE PONTA GROSSA. **Orçamento Participativo:** Regimento Interno / Metodologia. Prefeitura Municipal de Ponta Grossa: 2003.
- PRADO, D. **Programação Linear.** Belo Horizonte, EDG, 205p, 1999.
- SAMPAIO, M.E.C.S. **Aplicação de metaheurísticas ao problema de localização de escolas de ensino fundamental.** Dissertação de mestrado. UFPR, Curitiba, PR, 1999.
- SILVA, D.S. **Guia Contábil da Lei de Responsabilidade Fiscal:** para aplicação nos municípios / D.S. Silva, W. Luiz, J.B.F.S. Pires – Brasília: Conselho Federal de Contabilidade; São Paulo: Instituto Ethos, 149p, 2000.
- SIQUEIRA, A.C.P. **A utilização da Programação Linear e a Teoria das Restrições como Ferramenta de Apoio à Tomada de Decisões.** Disponível em: <http://www.milenio.com.br/siqueira/tr242.htm>, acesso em 13/05/2003.
- SOARES, W. **Programando em PHP.** Vila Velha, ES: Editora Erica Ltda., 2000.