

ESTUDO DA LOCALIZAÇÃO DE MATERNIDADES EM SERGIPE ATRAVÉS DE SIMULAÇÃO MONTE CARLO

João Batista dos SANTOS-FILHO (1); Tatiana Santos de ARAUJO (2); Marcio Batista SANTOS (3); José Carlos Rodrigues OLIVEIRA (4)

(1) IFS, BR 101 - km 96 - Povoado Quissama - SN, Campus São Cristóvão - SÃO CRISTÓVÃO - SE,
santosfilho@ufmg.br

(2) IFS, CCHS, Rodovia Lourival Batista, povoado Carro Quebrado, SN, Campus Lagarto - LAGARTO - SE,
tatinharaujo@gmail.com

(3) UFS, Avenida Marechal Rondon, sem número, Jardim Rosa Elze, - SÃO CRISTÓVÃO - SE
bsmar25@gmail.com

(4) IFS, COIND, Rodovia Lourival Batista, povoado Carro Quebrado, SN, Campus Lagarto - LAGARTO - SE,
jcro1986@yahoo.com.br

RESUMO

Modelos matemáticos para localização de facilidades têm tido aplicação crescente na área da saúde a nível internacional. Em Sergipe existe grande demanda para a utilização desses modelos na saúde pública, onde devido ao mau planejamento da rede hospitalar e por motivos históricos, atualmente o fluxo de pacientes é orientado principalmente para a capital, gerando graves problemas no atendimento e bem estar social. Desta forma é relatada uma proposta para estimar a melhor localização de possíveis implantações de maternidades públicas ao longo dos municípios do estado de Sergipe. A metodologia faz uso do método de simulação Monte Carlo, em particular utilizamos o clássico algoritmo Metropolis e o algoritmo de Glauber. Este problema é tratado de forma análoga ao sistema de Spins de Ising, onde cada cidade possui apenas dois estados possíveis com maternidades ou sem maternidade. Com isso o algoritmo busca a melhor solução considerando duas restrições: a menor distância entre todas as cidades e a maior proximidade dos grandes centros urbanos. Utiliza-se uma constante multiplicativa $\lambda > 0$ que amplia a relevância de uma condição em detrimento da outra

Palavras-chave: Simulação Monte Carlo, Localização de facilidades, sistemas complexos.

1 INTRODUÇÃO

Os serviços de saúde no Brasil concentram-se nas capitais, nas áreas urbanas e nas zonas centrais, em detrimento das zonas rurais, das áreas mais pobres e periféricas, determinando, junto com outros fatores socioeconômicos e culturais, uma extrema desigualdade na distribuição e oferta dos serviços de saúde, tendo como consequência uma maior dificuldade no acesso aos mesmos.

Devido a fatores histórico-econômicos a atual configuração da rede hospitalar em especial as maternidades caracteriza-se por uma localização extremamente concentrada em torno de Aracaju. Anualmente, em Sergipe, registra-se aproximadamente 40 mil nascimentos com 95 % acontecendo em ambiente hospitalar, sendo que 51% ocorrem em Aracaju [2].

Um modelo matemático para localização de facilidades vem a ser uma ferramenta útil no planejamento de sistemas de saúde, a fim de minimizar os danos causados por uma estrutura hospitalar mal distribuída oriunda, em parte, da falta de planejamento e do processo de urbanização acumulado por décadas. Apesar das inevitáveis simplificações feitas para representar um problema real, o modelo utilizado descreve as principais características do problema em questão. Sua análise e solução fornecem informações valiosas sobre o sistema em estudo.

Este trabalho, focou-se no desenvolvimento de um modelo matemático que possibilitasse encontrar a melhor localização para possíveis implantações de maternidades no estado de Sergipe, levando em consideração fatores como distância, condições das estradas, população da região, atribuindo-se diferentes pesos para cada

um desses fatores. Este modelo foi resolvido através de Simulação computacional utilizando algoritmos de Monte Carlo em seguida foram analisadas as melhores localizações obtidas pelo programa considerando os diferentes pesos simulados, onde se observa boa coerência nos resultados.

2 MODELO E SIMULAÇÃO

O modelo se baseia em um grafo não orientado interligando todos os municípios do estado de Sergipe onde cada nó representa uma cidade e os laços representam as distancias. A construção do modelo envolve a elaboração de uma base de dados associando todos os vértices σ_i do grafo ao ponto central da cada município bem como os entroncamentos das cidades, esse grafo foi constituído de um total de 94 vértices. A variável σ_i que representa os vértices, que assume somente dois valores: 'zero' caso a localidade não apresente maternidade e 'um' caso presente. Em seguida foi calculado o custo do fluxo de pessoas entre duas cidades J_{ij} que considera a distância e a condição das. Para construção da base de dados que corresponde custo do fluxo de pessoas J_{ij} partindo-se de alguns valores de J_{ij} e utilizamos o algoritmo de Dijkstra com algumas alterações conseguiu-se todos os valores de J_{ij} constituindo uma matriz de 4418 células. Uma vez tendo os dados necessários armazenados em um banco de dados, expressamos matematicamente o problema do custo da localização de n maternidades pela seguinte equação:

$$H = -B \sum_{i=1}^{93} \sum_{j=1}^{93} J_{ij} \sigma_i (1 - \sigma_j) + A \sum_{i=1}^{93} p_i (1 - \sigma_i) \quad (1)$$

Onde a variável P_i representa a população do município, assim o primeiro termo desta equação expressa a melhor relação de distancia entre todas as cidades. O segundo termo expressa o posicionamento das maternidades nos maiores municípios. As constantes A e B expressam a maior importância dada a uma ou a outra condição. Para uma melhor apresentação dos resultados definimos a constante $\lambda = B/A$. O objetivo do trabalho então: se resume a localização do mínimo da função para diferentes valores de λ .

Para localização do mínimo da função de custo utilizou-se simulação Monte Carlo por amostragem de importância. Foi aplicado o clássico algoritmo metrópoles e o algoritmo de Glauber devido à similaridade do problema em questão com o problema de spins de Ising em presença de campo aleatório.

Tanto no algoritmo Metropolis quanto de Glauber são geradas configurações sucessivas partindo de um estado inicial aleatório, usando uma probabilidade de transição que depende da diferença entre as energias (custo H) do estado inicial e final. A sucessão de estados produzidos segue um caminho ordenado gerando uma cadeia de Markov de estados, isto é gera-se cada novo estado diretamente do estado precedente. Dessa forma, se o estado n for gerado de um estado m , a probabilidade de transição será a razão das probabilidades individuais (Equação (2)). Continuando a analogia com o sistema clássico de Ising no ensemble canônico temos que a probabilidade do estado n é determinada pela Equação (3)

$$\frac{W_{n \rightarrow m}}{W_{m \rightarrow n}} = \frac{P_m(T)}{P_n(T)} \quad (2)$$

$$P_N(T) = \frac{e^{-H_N / k_B T}}{Z} \quad (3)$$

Onde k_B é a constante de Boltzman que no caso da simulação é igualado a 1, bem como T(temperatura). Dessa forma o Algoritmo Metrópole e o de Glauber pode ser implementado de forma simples utilizando o seguinte algoritmo:

1. Escolha um estado inicial aleatório;
2. Escolha uma cidade com variável $C=1$ e outra com $C=0$;

3. Inverta os valores das variáveis ;
4. Calcule a variação da energia que resultará se a maternidade for trocada de cidade;
5. Gere um número aleatório r tal que $0 < r < 1$ Se $r >$ aceite a nova configuração;
6. Volte ao passo (2);

No caso do algoritmo metrópoles é dado pela seguinte equação:

$$W_{n \rightarrow m} = \begin{cases} e^{-\Delta H}, & \Delta H > 0 \\ 1, & \Delta H < 0 \end{cases} \quad \text{Em que } \Delta H = H_m - H_n \quad (4)$$

Para o algoritmo de Glauber é dado pela seguinte equação:

$$W_{n \rightarrow m} = \frac{e^{-\Delta H}}{e^{-\Delta H} + e^{+\Delta H}} \quad (5)$$

Depois de um número N de tentativas as configurações oscilam dentro de algum mínimo da função de custo. Seleccionamos a configuração mínima e repetimos o teste para várias configurações iniciais aleatórias. Analisamos o maior número possível de mínimos locais garantindo assim a confiabilidade dos resultados.

3 RESULTADOS

Para análise do método consideramos a inexistência de maternidades em Sergipe e realizamos a simulação para estimar a melhor localização de 5 maternidades entre todos os vértices do grafo, o algoritmo Metropolis apresentou vantagens por convergir rapidamente para uma solução "quase ótima", partindo de um estado inicial (configuração) aleatório, o algoritmo comuta as cidades com maternidade com cidades sem maternidades de forma a minimizar o custo total de energia (Eq 1). Pode-se observar na figura (1) que o sistema iniciando em uma configuração aleatória possui um alto valor na função de energia e a cada passo da simulação um novo estado é gerado apresentado um valor de energia menor, atingindo em poucos passos um mínimo local de energia. Porém como a função é considerada complexa e pode possuir muitos mínimos locais, dessa forma foram realizadas $2,5 \times 10^4$ configurações iniciais aleatórias garantindo encontrar o estado de menor energia, ou seja, a solução ótima da função de energia.

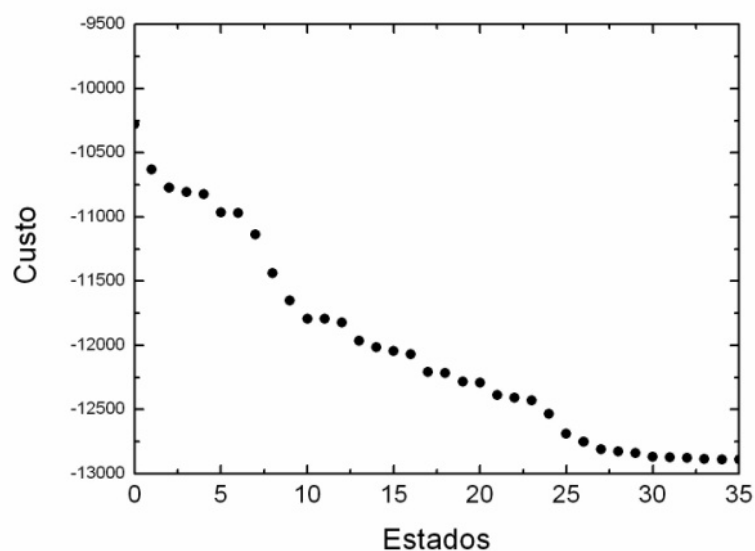


Figura 1 – Seqüência de estados pelo qual o sistema passa até atingir o mínimo de energia.

Foi realizada uma simulação em diferentes valores do parâmetro λ para estimar a melhor localização de seis maternidades no Estado de Sergipe. Os resultados estão marcados no mapa apresentados na figura2, para uma melhor visualização espacial das cidades escolhidas.



a) $\lambda=1$



b) $\lambda=0,5$



c) $\lambda = 0,01$



d) $\lambda = 0$

Figura 2 – Cidades escolhidas pela simulação para possuir maternidades.

Na figura 2.a) observa-se a posição das cidades escolhidas para possuir maternidades para $\lambda=1$, para este valor de λ proporciona um peso elevado na escolha das cidades mais populosas em detrimento do custo de deslocamento da população das cidades vizinhas, dessa forma o resultado obtido foram justamente as cidades mais populosas: Aracaju(544.039), Nossa Senhora do Socorro (155.334), Lagarto (92.461), Itabaiana(86.567), São Cristóvão(75.103) e Estância(63.586). Com o decremento de λ , aumenta-se o peso da maternidade se localizada próximo ao maior número de cidades o que leva a distribuição das Maternidades de forma mais espaçada como pode ser observado nas figuras 2.b, 2.c , 2.d. Em Sergipe, há maternidades nas cidades de Aracaju, Lagarto e Itabaiana [8] coincidindo com o resultado de $\lambda=1$, ou seja, nas cidades mais populosas.

4 CONCLUSÃO

Apesar das simplificações realizadas o modelo se mostrou apropriado para a localização de facilidades. Este modelo possibilita ajuste dos pesos garantido uma decisão ajustada ao tipo de facilidade. No caso de maternidades verificamos que a sua localização atual foi determinada unicamente pela população da cidade sem considerar a população de cidades vizinhas. Os resultados apontam também as melhores cidades para construção de novas maternidades.

REFERÊNCIAS

- [1] Secretaria do Estado da Saúde, 1987. Modelo Assistencial de Sergipe. Aracaju: Sistema Unificado e Descentralizado de Saúde.
- [2] CORRÊA, E. S. (2000) **Algoritmos Genéticos e Busca Tabu Aplicado ao Problema de P-medianas**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Paraná-UEPR, Curitiba.
- [3] C. F. Baillie and P.D. Coddington, Phys. Rev. B43, 10617 (1991)
- [4] E. F. Sarmento, Constantino Tsallis, Phys. Rev. B, 27, 9, (1983)
- [5] K. Adachi, K Sato, M. Matsuura, and M. Ohashi, J. Phys.Soc.Jpn. 29, 323 (1970)
- [6] Wolff, U. Phys. Rev. Lett. 62, 4, 361 (1989).

[7] Google Mapas disponível em maps.google.com acessado em 26/05/10