

## **LOCALIZAÇÃO DE MAMOGRAFOS: UM ESTUDO DE CASO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO**

**MANOEL V. STILPEN MOREIRA DE SÁ** – manael.stilpen@aluno.ufop.edu.br  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO- UFOP

**PATRICK MOREIRA ROSA** – patrick.moreira@aluno.ufop.edu.br  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO- UFOP

**JÉSSICA NATÁLIA MIRANDA PAIVA** – jessica.paiva@aluno.ufop.edu.br  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO- UFOP

**MARCONE JAMILSON FREITAS SOUZA** - marcone@ufop.edu.br  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO- UFOP

**PUCA HUACHI VAZ PENNA** - puca@ufop.edu.br  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO- UFOP

**Área:** 6. PESQUISA OPERACIONAL

**Sub-Área:** 6.1 – PROGRAMAÇÃO MATEMÁTICA

**Resumo:** Este trabalho trata o problema de localização de mamógrafos no Sistema de Saúde Pública (SUS) do Estado do Espírito Santo, Brasil. Neste problema, dado um conjunto de mamógrafos vinculados ao SUS e um conjunto de municípios, cada qual com uma demanda anual por exames de mamografia, o objetivo é decidir aonde alocar cada mamógrafo e quais municípios atender, de forma a maximizar a demanda de atendimentos. Fez-se um estudo de caso do Estado do Espírito Santo com dados do ano de 2015, considerando a demanda atendida em dois cenários. No primeiro cenário, considera-se a localização real dos equipamentos; enquanto no segundo cenário considera-se a localização ideal resultante da aplicação de um modelo de máxima cobertura. Também foi analisada a influência da aquisição gradativa desses equipamentos nos dois cenários pela aplicação do modelo até se alcançar a cobertura completa em todo o Estado.

**Palavras-chaves:** Localização de Mamógrafos, Problema de Máxima Cobertura, Programação Linear Inteira.

## MAMMOGRAPHY UNIT LOCATION: A CASE STUDY OF ESPÍRITO SANTO STATE

**Abstract:** *This work addresses the mammography unit location problem in the Public Health System (SUS) of the State of Espírito Santo, Brazil. In this problem, given a set of mammography units linked to SUS and a set of cities, each with an annual demand for screenings, the objective is to decide where to allocate each equipment and which cities to attend, in order to maximize the demand. A case study of the State of Espírito Santo was done with data from the year 2015, considering the demand served in two scenarios. In the first one, the real location of the equipment is considered; while in the second scenario it is considered the ideal location resulting from the application of a model of maximum coverage. It was also analyzed the influence of the gradual acquisition of this equipment in these two scenarios by applying the model until full coverage is reached throughout the State.*

**Keywords:** *Mammography Unit Location, Maximum Coverage Problem, Integer Linear Programming.*

## 1. Introdução

Dentre todos os tipos de câncer, o de mama é um dos mais comuns que afeta a população feminina em todo o mundo. Além disso, é uma das principais causas de morte por câncer nos países desenvolvidos e em desenvolvimento (TORRE *et al.*, 2017). A situação não é diferente no Brasil (INCA, 2015a).

De acordo com Xavier *et al.* (2016), a redução do número de mortes da população feminina causada pelo câncer de mama tem uma relação direta com o diagnóstico precoce dessa doença. Isto é, o rastreamento dessa doença pelos exames de mamografia é o principal meio de detecção precoce do câncer de mama.

A atual recomendação do Ministério da Saúde do Brasil é que o exame de mamografia seja ofertado para todas as mulheres entre 50 a 69 anos bienalmente, pois nessa faixa etária existe um balanço benéfico entre vantagens e riscos da realização desse exame (INCA, 2009, 2015b). Ainda, alguns estudos mostram um adicional de 8,9% de exames anualmente por indicação diagnóstica para mulheres nessa faixa etária. Portanto, para mulheres entre 50 e 69 anos, a demanda estimada de exames é de 58,9% da população feminina por ano (INCA, 2009). Além disso, de acordo com esses estudos há a necessidade de realização de exames anuais em 20% das mulheres entre 40 e 49 anos, dos quais 10% são por indicações diagnósticas e 10% por outras indicações.

O exame de mamografia é um serviço de diagnóstico oferecido pelo Sistema Único de Saúde (SUS) do Brasil, pelo qual grande parte da população brasileira tem suas necessidades de saúde satisfeitas. Segundo o Instituto Nacional de Câncer (INCA, 2015c), um mamógrafo simples é capaz de realizar 5.069 exames por ano. As pesquisas do Governo Federal apontam que 70% da população têm o SUS como referência em saúde e usam a Rede de Atenção à Saúde (RAS) para realizar os serviços de saúde oferecidos pelo SUS, entre eles o de apoio diagnóstico.

Em relação ao acesso aos serviços de saúde em RAS, Andrade *et al.* (2015) enfatizam que são necessários mais estudos para otimizar a alocação dos aparelhos que realizam os exames de mamografia, levando em consideração que a distância que as mulheres precisam percorrer até onde o equipamento está instalado é um dos fatores que mais contribui para que elas não realizem o exame. Em outras palavras, muitas mulheres não fazem o exame simplesmente porque os mamógrafos estão instalados em lugares distantes de suas residências.

A ineficiência do SUS em oferecer exames de mamografia à população feminina é apontada em vários trabalhos, como em Amaral *et al.* (2017), Andrade *et al.* (2016) e Villar *et al.* (2015). Alguns autores verificaram que, considerando apenas o número de exames de mamografias a serem realizados anualmente, o número de equipamentos existentes no Brasil é suficiente. Contudo, a distribuição desses equipamentos é inadequada, algumas regiões são bem atendidas e outras não. Ademais, em muitos lugares, há a falta de mão de obra especializada para operar os equipamentos.

Este trabalho lida com o Problema de Localização de Mamógrafos (PLM) e contribui com o desenvolvimento de um modelo de programação linear inteira para uma melhor distribuição dos equipamentos de mamografia e faz um estudo de caso do Estado do Espírito Santo, Brasil.

O desenvolvimento deste trabalho está organizado dessa maneira: na Seção 2 o problema objeto de estudo é descrito, enquanto na Seção 3 é feita a revisão de literatura. Já na Seção 4 é introduzida uma formulação matemática para o PLM. Na Seção 5 são mostrados os resultados computacionais obtidos pela aplicação da formulação matemática e por fim, na Seção 6 é o trabalho é concluído.

## 2. Descrição do problema

O problema de Localização de Mamógrafos (PLM) objeto deste trabalho possui as seguintes características:

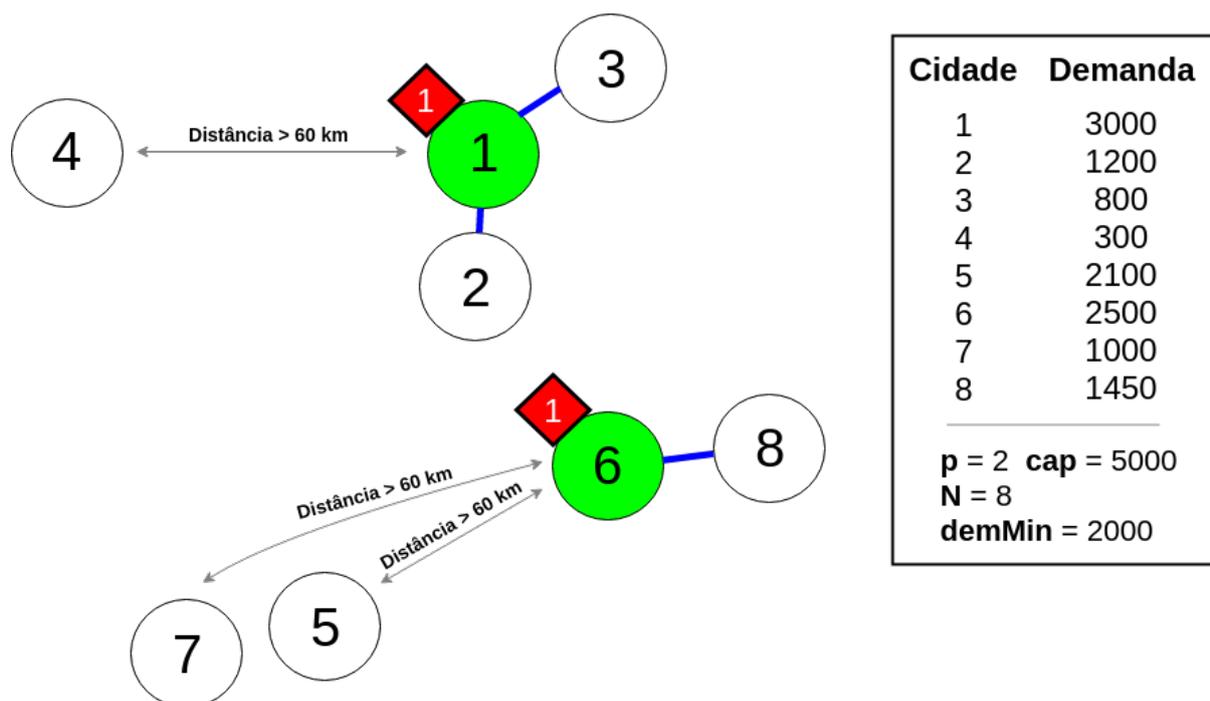
- (a) existe um conjunto  $N$  de  $n$  localidades candidatas a receber mamógrafos, e um conjunto de  $p$  mamógrafos disponíveis, com  $p < n$ ;
- (b) cada mamógrafo possui uma capacidade  $cap$  anual de realização de exames;
- (c) cada localidade  $j$  possui uma demanda  $dem_j$  anual exames de mulheres na faixa de idade indicada para realizá-los;
- (d) as mulheres que residem na localidade  $j$  devem se deslocar, no máximo,  $R$  quilômetros (km) até os postos de atendimento onde estão instalados os aparelhos de mamografia. Aqui consideramos que a distância máxima  $R$  deve ser respeitada tanto na ida quanto na volta do atendimento;
- (e) apenas localidades com infraestrutura hospitalar são candidatas a sediar um equipamento de mamografia. Neste trabalho consideramos que uma localidade é

candidata a sediar um equipamento de mamografia se ela tiver, pelo menos, a demanda de  $demMin$  exames de mamografia na faixa de idade indicada para realizar o exame.

O objetivo é decidir aonde alocar os mamógrafos de forma a atender ao maior número possível de exames de mulheres na faixa de idade indicada para a realização do exame pelo SUS.

A Figura 1 ilustra uma alocação de  $p=2$  mamógrafos, cada aparelho com a capacidade de atendimentos igual a 5000 exames, e um conjunto de  $n=8$  cidades com demandas: 3000, 1200, 800, 300, 2100, 2500, 1000 e 1450, respectivamente. Neste exemplo, considerando a demanda mínima requerida para sediar mamógrafos igual a 2000, as únicas cidades com infraestrutura hospitalar são as cidades 1, 5 e 6. Uma solução é apresentada na Figura 1 em que as cidades 1 e 6 recebem um mamógrafo cada. A cidade 1 atende à demanda local e também a população feminina das cidades 2 e 3 que estão localizadas a um raio de 60 km da cidade sede. A cidade 6 atende a ela própria e a cidade 8. Por outro lado, as cidades 4, 5 e 7 ficam sem atendimentos com essa distribuição geográfica dos equipamentos. A cobertura de exames com a alocação representada é igual a  $3000+1200+800+2500+1450=8950$  atendimentos, sendo utilizada 89,5% da capacidade dos equipamentos disponíveis.

FIGURA 1 – Representação de uma solução  $n=8$  e  $p=2$ .



### 3. Revisão de literatura

Andrade *et al.* (2016) analisaram a quantidade de mamógrafos existentes e a população feminina atendida por exames de mamografia no Estado de Minas Gerais no ano de 2012. Os autores concluíram que a distância e o tempo de deslocamento da mulher ao mamógrafo é um importante limitador ao acesso à realização do exame. Segundo eles, isso ocorre porque se o mamógrafo está distante da residência das mulheres, é muito provável que elas não se deslocarão para fazer o exame. Os autores enfatizam a importância de estudos para otimizar a alocação desses mamógrafos.

Segundo Amaral *et al.* (2017), diversos fatores podem criar obstáculos ao acesso aos serviços de saúde, como disponibilidade de convênios, nível educacional, *status* socioeconômico, custo de transporte, localização dos centros de saúde etc. O conceito de acessibilidade não está relacionado apenas com a disponibilidade de recursos em dado período de tempo (ADAY *et al.*, 1974) *apud* (AMARAL *et al.*, 2017); mas com a capacidade de os indivíduos de se apropriarem dos serviços ofertados. De acordo com Hamer (2004), não basta ser ofertado o serviço de saúde, é necessário, igualmente, que o paciente seja capaz de alcançar o centro aonde ele é ofertado em tempo e custos razoáveis. Em Amaral *et al.* (2017), os autores concluem que a oferta de mamógrafos no Brasil é suficiente para atender a toda a demanda de mulheres por exames. Contudo, quando é adicionada a restrição de que uma mulher deve deslocar no máximo uma certa distância, a distribuição dos mamógrafos é inadequada pois muitos deles não cobrem todas as regiões.

Sathler *et al.* (2017) focaram no atendimento das demandas por especialidades médicas da saúde pública no Estado de Minas Gerais. O objeto de pesquisa foi a localização de 51 Centros de Especialidades Médicas (CEMs) em 853 municípios do Estado, e em cinco especialidades: cardiologia, pediatria, mastologia, ginecologia e endocrinologia, escolhidas pelo critério de maior demanda por atendimento no Estado e por horas médicas de atendimento. Os autores propuseram um modelo matemático de otimização inteira mista, baseado no problema de Máxima Cobertura (MCLP, das iniciais em inglês de *Maximal Covering Location Problem*), não capacitado, e consideraram três cenários para definir um conjunto de municípios candidatos a receber um CEM. No primeiro cenário foram considerados 853 municípios candidatos, no segundo 372 e no terceiro, 98. O parâmetro distância máxima foi variado nos valores 400, 300, 200 e 100 quilômetros (km), a fim de identificar a configuração que fornece a maior cobertura e a menor distância média de deslocamento. A distância entre os municípios foi obtida pelo cálculo da distância entre dois

pontos de acordo com a lei esférica dos cossenos, atualizada por um fator de correção. Os autores verificaram que as variações adotadas mostraram uma melhor distribuição geográfica dos 51 CEMs para menores distâncias de cobertura máxima, em todos os cenários. Além disso, tendo em vista a crise econômica por que passa o Estado de Minas Gerais, sugeriram adotar o terceiro cenário, visto a possibilidade de diminuição de custos na medida em que o número de CEMs a serem instalados é reduzido, sem perda na cobertura da demanda.

Corrêa *et al.* (2018) analisaram a localização de mamógrafos em um conjunto de 12 regiões de saúde do Estado de Minas Gerais, envolvendo 151 cidades. Os autores desenvolveram quatro formulações de programação matemática, todas baseadas no problema das  $p$ -medianas. Na primeira delas o objetivo é minimizar a distância total percorrida pelas mulheres ao se deslocarem para realizar o exame. Na segunda formulação a restrição de distância máxima de deslocamento é relaxada e essa distância que supera a distância máxima é penalizada na função objetivo. As duas últimas formulações diferem das duas anteriores por considerarem na função objetivo, além da distância, também a demanda de mulheres a serem atendidas. Mais precisamente, a função objetivo é dada pelo produto entre a distância a ser percorrida até o local de instalação do mamógrafo e a demanda de mulheres que se deslocam. O objetivo dessas duas últimas formulações é incentivar a instalação de mamógrafos em cidades com mais mulheres na faixa de atendimento. Assim como observado por Amaral *et al.* (2017), os autores concluíram que há mais mamógrafos na região analisada do que o efetivamente necessário, e que a localização atual dos mamógrafos é inadequada, por não cumprir as regras preconizadas pelo Ministério da Saúde.

#### 4. Formulação de máxima cobertura

Para apresentar uma formulação de máxima cobertura relativa ao problema objeto de estudo, sejam os parâmetros de entrada e as variáveis de decisão, conforme definidos a seguir.

##### Parâmetros:

$N$  = conjunto das localidades

$d_{ij}$  = distância do local  $i$  ao local  $j$

$dem_j$  = demanda por exames de mamografia no local  $j$

$cap$  = capacidade de atendimento de exames do mamógrafo

$p$  = número de mamógrafos a serem alocados

$R$  = distância máxima para atendimento

$demMin$  = demanda de exames que um local deve possuir para sediar mamógrafos

$S_i = \{j \in N \mid d_{ij} \leq R \text{ and } d_{ji} \leq R\}$ , isto é, localidades que distam  $R$  km da localidade  $i$

Variáveis de decisão:

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{se as mulheres do local } j \text{ são atendidas por algum mamógrafo instalado no local } i \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases}$$

$y_i$  = número de equipamentos instalados na cidade  $i$

$$z_i = \begin{cases} 1, & \text{se a cidade } i \text{ hospeda algum equipamento} \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases}$$

As equações (1) a (11) representam o PLM.

$$\max \sum_{i \in N} \sum_{j \in S_i} dem_j \cdot x_{ij} \quad (1)$$

$$\text{s. t.} \quad \sum_{i \in S_j} x_{ij} \leq 1 \quad \forall j \in N \quad (2)$$

$$\sum_{i \in N} y_i \leq p \quad (3)$$

$$\sum_{j \in S_i} dem_j \cdot x_{ij} \leq cap \cdot y_i \quad \forall i \in N \quad (4)$$

$$z_i \geq y_i/p \quad \forall i \in N \quad (5)$$

$$z_i \geq x_{ij} \quad \forall i, j \in N \quad (6)$$

$$x_{ii} = z_i \quad \forall i \in N \quad (7)$$

$$y_i = 0 \quad \forall i \in N \mid dem_i < demMin \quad (8)$$

$$x_{ij} \in \{0, 1\} \quad \forall i, j \in N \quad (9)$$

$$y_i \in \mathbb{Z}^+ \quad \forall i \in N \quad (10)$$

$$z_i \in \{0, 1\} \quad \forall i \in N \quad (11)$$

A função objetivo (1) visa à maximização do somatório das demandas por exames de mamografia. As restrições (2) indicam que cada local  $j$  deve ser atendido por um único mamógrafo instalado no local  $i$ , ou não ser atendido. A restrição (3) determina que todos os  $p$  mamógrafos disponíveis devem ser alocados. As restrições (4) indicam que não pode ser violada a capacidade de exames de um mamógrafo instalado no local  $i$ . As restrições (5) asseguram que se pelo menos um mamógrafo for instalado no local  $i$ , então  $z_i$  assume valor unitário. As restrições (6) garantem que um local  $j$  só será atendido por um local  $i$  se nesse local  $i$  estiver instalado um mamógrafo. As restrições (7), por sua vez, asseguram que se um

mamógrafo for instalado no local  $i$  então as mulheres desse local devem ser atendidas por ele. As restrições (8) impedem que locais com demanda por atendimentos menores que a demanda mínima estabelecida sejam candidatos a sediar um equipamento de mamografia. Finalmente, as restrições (9), (10) e (11) impõem o domínio das variáveis de decisão.

## 5. Resultados

O modelo de programação matemática apresentado na Seção 4 foi implementado no *resolver* Gurobi, versão 8.1, e testado em um computador Intel Core i3 @ 1.70GHz, 4GB de memória RAM, sob o sistema operacional Ubuntu, versão 18.04.

Para testá-lo foram analisados dois cenários de uma instância relativa ao Estado do Espírito Santo. Os dados de demanda por exames de mamografia e número de mamógrafos são dos anos de 2015 e 2019, respectivamente. As distâncias entre as cidades foram obtidas pela *GraphHopper Directions API*, escolhendo-se a opção de deslocamento por carro. O Estado possui 78 cidades e, conforme consta na página do Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde do Brasil (DATASUS), há 30 mamógrafos em todo o Estado.

TABELA 1 - Resultados

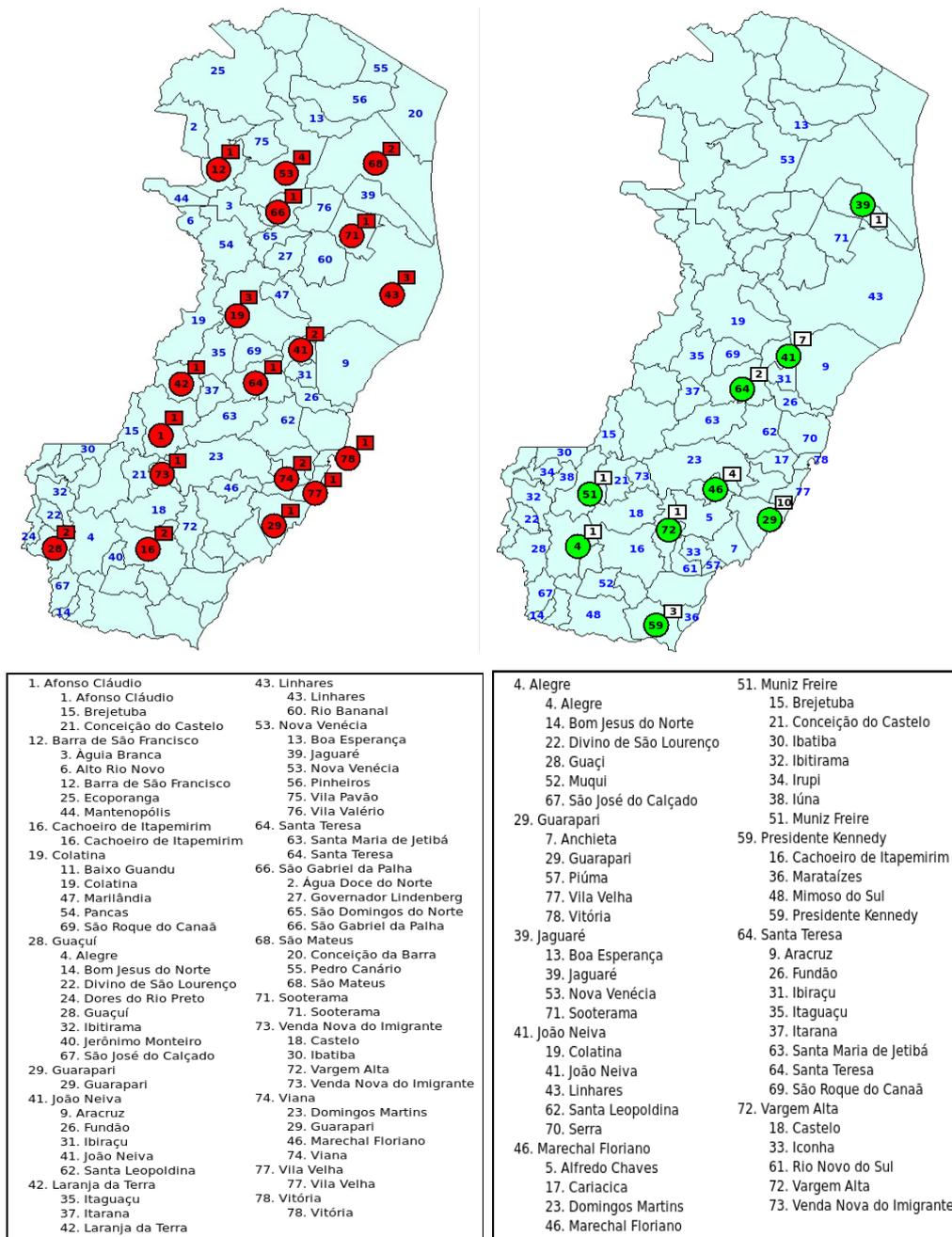
Cenário 1					Cenário 2				
$p$	Demanda atendida	Capacidade total	Gap (%)	Tempo (s)	$p$	Demanda atendida	Capacidade total	Gap (%)	Tempo (s)
30	96000	152070	0,00	0,02	30	151923	152070	0,04	3600
31	101081	157139	0,00	0,07	31	156899	157139	0,13	3600
32	109653	162208	0,00	0,05	32	161880	162208	0,07	3600
33	114896	167277	0,00	0,09	33	166724	167277	0,08	3600
34	119997	172346	0,00	0,22	34	171318	172346	0,11	3600
35	126747	177415	0,00	0,10	35	176096	177415	0,11	3600
36	131983	182484	0,00	0,11	36	180077	182484	0,00	456,53
37	137064	187553	0,00	0,19	37	181359	187553	0,00	1357,2
38	142448	192622	0,00	0,25	38	182008	192622	0,00	6,64
39	147529	197691	0,00	0,24					
40	152577	202760	0,00	0,36					
41	157153	207829	0,00	0,49					
42	162202	212898	0,00	0,5					
43	167283	217967	0,00	0,42					
44	172331	223036	0,00	0,73					
45	176318	228105	0,00	3,16					
46	179340	223174	0,00	0,85					
47	180854	238243	0,00	5,17					
48	182008	243312	0,00	0,05					

A Tabela 1 mostra os resultados obtidos pela aplicação do modelo matemático. Para cada cenário são informados o número de mamógrafos ( $p$ ) a ser instalados, a demanda atendida por esses  $p$  equipamentos, a capacidade total de atendimento desses equipamentos,

bem como o *gap* de otimalidade fornecido pelo Gurobi e o tempo por ele consumido. No cenário 1 consideramos 30 mamógrafos fixos de acordo com a disposição atual. No cenário 2 não foi fixado nenhum mamógrafo, ou seja, eles estão livres para serem alocados em todo o estado do Espírito Santo. Nos dois cenários consideramos possível a aquisição gradativa de novos equipamentos até suprir toda a demanda de exames.

A Figura 2 ilustra a localização dos 30 equipamentos existentes e os locais de atendimento. No mapa da esquerda está a configuração atual e no da direita a configuração ideal gerada pelo modelo.

FIGURA 2 – Representação da localização atual (cenário 1) e da localização ideal (cenário 2).



Na Figura 2 os círculos vermelhos representam a localização atual dos equipamentos, enquanto os círculos verdes indicam a localização ideal segundo o modelo proposto. O número indicado no retângulo acima de cada círculo representa a quantidade de equipamentos em cada local. Abaixo dos mapas encontram-se as legendas para os números das cidades, as quais incluem as cidades que sediam os mamógrafos, bem como aquelas que são atendidas por esses equipamentos. Por exemplo, no mapa do cenário 1, a cidade que aparece no canto superior direito é a de número 68, identificada na legenda como a cidade de São Mateus possui 2 mamógrafos. Como pode ser observado na legenda, essa cidade atende aos municípios 68, 55 e 20, isto é, a ela própria e aos municípios Pedro Canário e Conceição da Barra.

Fazendo-se uma análise entre a localização atual (cenário 1) e a localização ideal (cenário 2) dos mamógrafos observamos que na situação atual, 30 mamógrafos atendem a 52,7% da demanda total de exames, fazendo uso de 63,1% da capacidade total dos equipamentos, enquanto na localização ideal eles atendem a 83,5% da demanda total, com um aproveitamento de 99,9% da capacidade dos mamógrafos. No mesmo viés, para atender toda a demanda de exames é necessária a aquisição de 18 mamógrafos, além dos 30 já existentes na localização atual. Entretanto, com essa aquisição, o aproveitamento dos equipamentos é de apenas 74,8% de suas capacidades. Por outro lado, considerando-se a localização ideal dos 30 mamógrafos, dada pelo modelo, sem fixar nenhum equipamento, é necessária a aquisição de apenas mais 8 equipamentos, para ter cobertura total com um aproveitamento de 94,5%.

No que tange à eficiência do recurso público, na localização ideal ao se diminuir o número de equipamentos, diminuem-se também os gastos com os técnicos que operam os equipamentos, os custos de manutenção, além do próprio gasto com a aquisição desses mamógrafos.

## 6. Conclusões

Este trabalho tratou o problema de localização de mamógrafos no Sistema de Saúde Pública (SUS) do Estado do Espírito Santo, Brasil.

Para resolvê-lo, foi desenvolvida uma formulação de máxima cobertura com restrição de distância entre o local de instalação de mamógrafos e os locais de atendimento desses equipamentos.

Essa formulação foi aplicada ao Estado do Espírito Santo avaliando-se dois cenários. No primeiro, avaliou-se a demanda total atendida considerando a localização real dos

equipamentos. Já no segundo cenário, aplicou-se a formulação desenvolvida para obter a localização ideal dos equipamentos de mamografia. Os resultados mostraram que no primeiro cenário é possível ter uma cobertura de apenas 52,7% da população feminina e um aproveitamento de apenas 63,1% da capacidade total dos mamógrafos. Já no segundo cenário, em que não há pré-alocação dos equipamentos, é possível ter uma cobertura de 83,5% da demanda total, com um aproveitamento de 99,9% da capacidade dos mamógrafos.

Também foi analisada a influência da aquisição gradativa de mamógrafos nesses dois cenários pela aplicação do modelo até se alcançar a cobertura completa em todo o Estado. Os resultados mostraram que a partir da localização dos mamógrafos no primeiro cenário são necessários mais 18 mamógrafos para se atingir a cobertura total, entretanto com um aproveitamento de apenas 74,8% da capacidade desses equipamentos. Por outro lado, considerando que todos os equipamentos atualmente existentes fossem localizados conforme apontado pela formulação desenvolvida, seriam necessários apenas mais 8 equipamentos para se atingir a cobertura total via SUS, com um aproveitamento de 94,5% da capacidade desses equipamentos.

## Referências

- Aday, Lu Ann; Andersen, Ronald. (1974). A framework for the study of access to medical care. *Health Services Research*, v. 9, n. 3, p. 208–220.
- Amaral, Pedro; Luz, Luciana; Cardoso, Francisco e Freitas, Rosiene. (2017). Distribuição espacial de equipamentos de mamografia no Brasil. *Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais*, v. 19, n. 2, p. 326–341.
- Andrade, M. V.; de Souza Noronha, K. M.; do Amaral, P. V. M.; Barbosa, A. C. Q.; de Carvalho, L. R.; Calazans, J. A.; Souza, M. N.; de Souza, A., Rocha, T. A. H.; e da Silva, N. C. (2016). Distribuição espacial dos mamógrafos em minas gerais e o efeito na probabilidade da realização do exame. Em *Anais do XX Encontro Nacional de Estudos Populacionais*, p. 1–21. Associação Brasileira de Estudos Populacionais (ABEP). Disponível em <http://www.abep.org.br/publicacoes/index.php/anais/article/view/2506/2450>. Acesso em 10/09/2018.
- Corrêa, V.H.V.; Lima, B.J.C.; Silva-e-Souza, P.H.; Penna, P.H.V.; Souza, M.J.F.: Localização de mamógrafos: um estudo de caso na rede pública de saúde. Em *Anais do L Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional – L SBPO*, Rio de Janeiro. Disponível em <http://www.decom.ufop.br/prof/marcone/Publicacoes/SBPO2018-Mamografos.pdf>. Acesso em 01/12/2018.
- Hamer, L.: *Improving patient access to health services: A National Review and Case Studies of Current Approaches*. Health Development Agency, London (2004).
- INCA: Parâmetros técnicos para o rastreamento do câncer de mama. INCA (2009), disponível em

- [http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/parametros\\_rastreamento\\_cancer\\_mama.pdf](http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/parametros_rastreamento_cancer_mama.pdf). Acesso em 01/09/2018.
- INCA: INCA estima que haverá 596.070 novos casos de câncer em 2016. INCA (2015a), disponível em <https://www.inca.gov.br/noticias/inca-estima-que-havera-596070-novos-casos-cancer-em-2016>. Acesso em 03/03/2019.
- INCA: Diretrizes para a Detecção Precoce do Câncer de Mama no Brasil. INCA (2015b), disponível em [http://www.saude.pr.gov.br/arquivos/File/Deteccao\\_precoce\\_CANCER\\_MAMA\\_INCA.pdf](http://www.saude.pr.gov.br/arquivos/File/Deteccao_precoce_CANCER_MAMA_INCA.pdf). Acesso em 04/09/2018.
- INCA Revisão do Parâmetro para Cálculo da Capacidade de Produção do Mamógrafo Simples - 2015. INCA (2015c), disponível em [https://www.inca.gov.br/sites/ufu.sti.inca.local/files//media/document/nota-revisao-capacidade-dos-mamografos-2015\\_0.pdf](https://www.inca.gov.br/sites/ufu.sti.inca.local/files//media/document/nota-revisao-capacidade-dos-mamografos-2015_0.pdf). Acesso em 10/09/2018.
- Sathler, T. M., Conceição; S. V., Almeida; J. F., Pinto; L. R., de Campos; F. C. C. e Miranda Júnior, G. (2017). Problema de localização e alocação de centros de especialidades médicas no estado de minas gerais. Em Anais do XLIX Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional – XLIX SBPO, p. 2988 – 2999, Blumenau.
- Torre, L. A.; ISLAMI, F.; SIEGEL, R. L.; WARD, E. M.; JEMAL, A. Global cancer inwomen: Burden and trends. *Cancer Epidemiology and Prevention Biomarkers*, 26(4), 444–457, (2017). <https://doi.org/10.1158/1055-9965.EPI-16-0858> .
- Villar, V.C.F.L.; de Souza, C.T.V.; Delamarque, E.V.; de Seta, M.H: Distribuição dos mamógrafos e dos exames mamográficos no estado do Rio de Janeiro, 2012 e 2013. *Epidemiologia e Serviços de Saúde* 24, 105–114 (2015).
- Xavier, D.R.; de Oliveira, R.A.D.; de Matos, V.P.; Viacava, F.; de Campos Carvalho, C.: Cobertura de mamografias, alocação e uso de equipamentos nas Regiões de Saúde. *Saúde em debate* 40(110), 20–35 (2016).