

## Rede de Referência Cadastral Municipal em Mogi Guaçu/SP – Materialização de Marco Inicial e Proposta de Localização Para Marcos Futuros

Antoniane Arantes de Oliveira Roque<sup>1</sup>, Marcos Alexandre de Godoy<sup>2</sup>, José Sidney de Oliveira Rodrigues<sup>3</sup> e Marcos Brandino<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Faculdades Integradas Maria Imaculada (FIMI), antoniane@yahoo.com.br; <sup>2</sup> FIMI, eng.marcosgodoy@icloud.com; <sup>3</sup> FIMI, sidney.vedder@bol.com.br; e <sup>4</sup> FIMI, brand\_m7@hotmail.com

### RESUMO

Num mundo conflitante por limites e posse de terra, a clareza quanto ao posicionamento fidedigno de coordenadas se torna imperativo para o desenvolvimento pleno da sociedade. Este estudo procura mostrar a importância de uma Rede de Referência Cadastral Municipal (RRCM) e os benefícios que esta rede poderá trazer ao município de Mogi Guaçu/SP. A metodologia adotada para o presente estudo reside na distribuição orientada e aleatorizada de pontos pela área do município e sua consolidação por meio dos triângulos de Delaunay e polígonos de Voronoi. Como resultado destaca-se a construção do primeiro marco da futura RRCM de Mogi Guaçu e a proposição da instalação de 20 marcos, os quais tiveram sua distribuição consolidada pelos polígonos de Voronoi resultantes da malha. A triangulação de Delaunay gerada pelos pontos propostos sugere que a distribuição atendeu os critérios estabelecidos e serve de base para a criação física da RRCM do município em análise.

**Palavras-chave** — Cadastro urbano, geodésia, triangulação de Delaunay, polígonos de Voronoi.

### ABSTRACT

*In a world conflicting with land boundaries and ownership, clarity as to the reliable positioning of coordinates becomes imperative for the full development of society. This study seeks to show the importance of a Municipal Register Reference Network (RRCM) and the benefits that it can bring to the city of Mogi Guaçu/SP. The methodology adopted for this study resides in the randomized and oriented distribution of points by the area of the city and its consolidation through the Delaunay triangulation and Voronoi polygons. As result, the construction of the first framework of the future RRCM of Mogi Guaçu and the proposition of the installation of 20 marks, which had their distribution consolidated by the resulting Voronoi polygons. The Delaunay triangulation generated by the points suggests that the distribution met the established criteria and serves as a basis for the physical creation of the RRCM of the city under analysis.*

**Key words** — Urban cadaster, geodesy, Delaunay triangulation, Voronoi polygons.

### 1. INTRODUÇÃO

Diante das exigências fiscais, sociais e imobiliárias, os municípios estão atualmente muito envolvidos em ambientes turbulentos, globalizados, competitivos e complexos. Isso evidencia uma realidade efetivamente relevante: a gestão municipal pública enfrenta a cada dia novos desafios para a atuação nos seus objetivos, projetos, estratégias e ações. Esses recentes desafios e transformações requerem novos e inovadores modelos públicos de gestão, assim como efetivos instrumentos, procedimentos e formas de ação, a fim de permitir que os gestores municipais tratem das mudanças contempladas pela sociedade globalizada [1].

A combinação do avanço tecnológico, aumento no número de sistemas e conseqüentemente um maior número de satélites disponíveis e com isso mais informações são coletadas pelos receptores e a existência de sistemas computacionais científicos, que permitem processar linhas-base longas e um grande número de informações, permitem a determinação de coordenadas com alta precisão, desde que o trabalho de campo seja realizado de forma correta [2].

Para isso o IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) disponibiliza dois documentos [3], que especificam as normas e diretrizes de levantamento para obtenção de coordenadas de alta precisão, sendo esses documentos: Recomendações para levantamentos relativos estáticos – GPS e Instruções para homologação.

A Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC), desde sua implantação em dezembro de 1996, tem sido de extrema importância para a manutenção e a atualização da estrutura geodésica no país, além de ser a primeira rede estabelecida na América do Sul [4]. Esta rede é a base para os levantamentos e registros de limites realizados por meio de sistemas de navegação global por satélites (GNSS - Global Navigation Satellite System).

A RBMC é hoje a estrutura geodésica de referência mais precisa do país, cujas informações atendem tanto a comunidade científica quanto a prática, proporcionando aos usuários um elo direto ao Sistema Geodésico Brasileiro (SGB), tornando-se a principal ligação com as redes geodésicas internacionais [5].

No caso da utilização dos receptores de sinais GNSS, as coordenadas resultantes do processamento dos dados coletados estão referidas ao modelo geométrico de aproximação da Terra conhecido por referencial elipsóidico.

Nesse referencial, as coordenadas são geodésicas e referidas a um sistema cartesiano ortogonal tridimensional, cuja origem é o centro de massas da Terra. Por sua vez, quando se usam para a definição dos pontos os equipamentos taqueômetros eletrônicos, as coordenadas obtidas estão referidas a um Plano Topográfico Local estabelecido na altitude ortométrica do ponto origem do levantamento, ou a uma altura arbitrária denominada de cota [6].

Várias atividades de levantamentos topográficos em áreas urbanas, públicas ou particulares, dependem de uma RRCM. Entre essas atividades, o cadastro urbano municipal é o que mais se beneficia desse tipo de rede. Todo administrador ou planejador público precisa dispor de informações cadastrais confiáveis e atualizadas para suporte de suas decisões, em quantidade maior ou menor, em função da densidade populacional e do estágio de desenvolvimento de sua cidade [7].

A NBR-14.166 mostra em detalhes os procedimentos básicos para implantação e realização da RRCM, que dá apoio às atividades cadastrais dos municípios e aos levantamentos destinados à cartografia sistemática, usualmente representados em projeção UTM (Universal Transversa de Mercator), e também presta suporte àquelas atividades do dia-a-dia das diversas especializações da engenharia, as quais geralmente precisam de coordenadas no plano topográfico local [7].

Sendo assim, verifica-se a importância da consolidação de um plano topográfico local por meio da RRCM, sendo seus vértices as bases para os levantamentos e cadastramentos com maior precisão e acurácia. O objetivo do presente estudo é fixar a importância do estabelecimento desta rede, trazendo alguns exemplos já consolidados em outros municípios do território nacional, propondo a distribuição espacial dos marcos que farão parte da mesma e trazer o exemplo da construção física do primeiro marco materializado para Mogi Guaçu/SP.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi conduzido e proposto para o município de Mogi Guaçu no Estado de São Paulo, no Brasil. Localiza-se a uma latitude de 22°22'15" sul e a uma longitude 46°56'38" oeste, estando a uma altitude média de 617 metros. Sua população era de 146.114 habitantes segundo a estimativa do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística de 2014, e possui uma área de 812,99 km<sup>2</sup>.

A implantação física do marco materializado seguiu as especificações técnicas do IBGE, sendo implantado nos limites da Faculdade Integrada Maria Imaculada, com vistas a sua posterior homologação.

A distribuição das localizações dos futuros marcos seguiu inicialmente (dois primeiros pontos) critérios que levassem em conta disponibilidade do local pela prefeitura, dentro da área urbanizada do município, e que atendessem a norma técnica. Para os demais pontos utilizou-se da

ferramenta de geoprocessamento “*Random points inside polygons (fixed)*”.

A checagem da distribuição dos pontos foi realizada primeiramente por meio da triangulação de Delaunay. Levando-se em consideração a falta de singularidade entre todas as triangulações existentes, a de Delaunay é aquela que maximiza o menor dos ângulos, o que garante uma triangulação o mais equiangular possível [8], disposição esta que melhor se adequa a questões de posicionamento.

De forma indireta, a triangulação poderia ser obtida a partir de seu dual, o diagrama de Voronoi [9]. Diagrama de Voronoi é um tipo especial de decomposição de um dado espaço, por exemplo, um espaço métrico, determinado pela distância para uma determinada família de objetos (subconjuntos) no espaço. Uma região de Voronoi é dada pela relação média métrica euclidiana. Por sua vez, o conjunto de cada uma das regiões, associadas a cada um dos pontos, define o diagrama de Voronoi. Desta forma permite-se obter as regiões físicas dos limites de Mogi Guaçu associadas a cada um dos pontos propostos para implantação de marcos materializados.

O processamento das informações, bem como confecção dos mapas finais foi realizado no software de SIG (Sistemas de Informações Geográficas) QGIS versão 2.12.3.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a escolha do local de instalação física do marco, procedeu-se à verificação das normas técnicas, desta forma, optou-se pelo melhor local dentro do espaço da Faculdade Integrada Maria Imaculada, que permitisse melhor amplitude de visibilidade no horizonte e que favorecesse uma melhor taxa de coleta de informações GNSS ao longo do tempo, levando-se em conta o possível crescimento das estruturas civis do entorno. Visando-se ainda favorecer o uso do marco pelos mais diferentes técnicos que o farão no futuro, escolheu-se o local com coordenadas aproximadas no Datum WGS84 projeção Universal Transversa de Mercator, 300358,00 m eixo E, 7524665,00 m eixo N, fuso 23K (Figura 1).



Figura 1. Local de instalação e construção do marco materializado.



Contando com equipe de mestre de obras e servente, iniciou-se a escavação das estacas de 20 cm de diâmetro, preparação do radier e confecção das armaduras. Fundamental na confecção do marco materializado do Sistema Geodésico Brasileiro, com especial cuidado na garantia do nivelamento do cilindro central, o qual será o eixo de instalação dos equipamentos de GNSS.

Realizada a instalação do dispositivo de centragem forçada e após período de cura do concreto, pôde-se iniciar a etapa de coleta dos dados de GNSS nas frequências das portadoras L1 e L2 (Figura 2A).

A cor do marco materializado é também definida em norma e visa a facilitação de identificação do mesmo em imagens de alta resolução de sensoriamento remoto e de aerofotogrametria (Figura 2B).



Figura 2 Início de coleta de dados (A) e final da coleta (B).

Destaca-se com a construção do marco sua robustez a abalos físicos no entorno e sua facilidade de visualização, contrastando com a paisagem local. É importante frisar a necessidade da instalação de um dispositivo de centragem forçada com excelente acabamento e seguindo-se as normas do IBGE, o que garantirá sua permanência em longo prazo, resistindo às intempéries e aos possíveis vandalismos que porventura ocorram.

Para a construção do primeiro marco a quantia de R\$891,00 foi despendida em materiais e mão de obra. É importante salientar que quando os valores forem diluídos numa maior quantidade de marcos, este tenderá a diminuir, bem como o tempo gasto pela equipe de mão de obra, que aperfeiçoará seus processos construtivos.

Procedeu-se então para a verificação de redes de referência cadastral existentes em outros municípios brasileiros. Alguns municípios como: Campinas (SP), Vitória (ES), Guarulhos (SP), Ilha Solteira (SP), São Carlos (SP), Paulínia (SP) Poços de Caldas (MG), Belém (PA), já implantaram suas redes de referência cadastral municipal.

Pôde-se constatar que tal informação não se encontra consolidada em local único da esfera federal e encontra-lo é

tarefa ainda de difícil realização pois trata-se de lei municipal e com divulgação a nível local.

Para a proposição dos marcos para o município alvo do presente estudo, partiu-se para a escolha de dois pontos distribuídos na área urbanizada, desta forma garantindo uma boa cobertura na região com maior fluxo de obras civis.

Apresentam-se os locais propostos para os dois marcos seguintes, sendo o primeiro em canteiro central da Avenida Clara Lanzi Bueno (Figura 3A) e o segundo a ser construído em praça contendo marco comemorativo no cruzamento da rua João Assenço com a Avenida Emília Marchi Martini (Figura 3B).



Figura 3. Proposta região norte da área urbanizada (A) e região central (B).

De posse dos três primeiros locais propostos, procederam-se para a execução do algoritmo de geração aleatória de pontos dentro dos limites municipais, para outros 17 pontos. Com isto, o presente estudo apresenta como proposição final da distribuição de 20 vértices distribuídos ao longo do território de Mogi Guaçu (Figura 4).



Figura 4. Distribuição dos 20 pontos para a implantação de marcos da RRCM.

É importante destacar que os pontos devem passar por etapa de depuração de sua localização espacial, verificando-se facilidade de acesso, proximidade de locais povoados, evitar interior de áreas privadas, interior de glebas, distância mínima de corpos hídricos e matas nativas, e demais características que os tornem passíveis de uso pelas equipes

de levantamentos geodésicos e topográficos, bem como sua manutenção com o passar do tempo.

Destaca-se ainda que o município de Mogi Guaçu, conforme o banco de dados geodésicos do Sistema Geodésico Brasileiro possui cinco estações em bom estado de conservação, porém todas elas sendo do tipo de referência de nível, com dados de posicionamento coletados com equipamentos de navegação do sistema GPS, nenhum destes servindo-se aos padrões estabelecidos para a RRCM.

Para verificação da consistência desta distribuição espacial, procede-se a rotina de construção dos triângulos de Delaunay (Figura 5A).

Observando-se a disposição dos triângulos percebe-se a consistência da escolha dos pontos na região urbanizada do município (região sul), pois os mesmos possuem uma menor área, favorecendo assim a cobertura do entorno dos marcos propostos. Porém destaca-se que triângulos com áreas pouco expressivas também se encontram em regiões com concentração de grandes propriedades (região centro-oeste) o que deve ser evitado, pois não maximiza o investimento de recursos nestas regiões de pouca expressão para levantamentos topográficos.

A cobertura de cada ponto sobre o território pode ser verificada com a criação dos polígonos de Voronoi (Figura 5B).



**Figura 5. Triangulação de Delaunay para os pontos adotados (A) e Polígonos de Voronoi da RRCM (B).**

Salienta-se que como esperado, áreas menores foram verificadas na porção sul do território, corroborando com o esperado de maior consistência de cobertura próximo as áreas urbanizadas, porém apresentando dois polígonos com expressiva área na porção norte da área urbanizada (áreas 18 e 20 identificadas), o que deve ser evitado.

Conclui-se que 13 polígonos estão com áreas inferiores a média das áreas dos Polígonos de Voronoi (área média igual a 40,65 km<sup>2</sup>), o que permite concluir como uma boa distribuição obtida pelos pontos propostos para serem parte da RRCM.

## 5. CONCLUSÕES

A implantação do marco materializado, seguindo-se a norma técnica do IBGE, trouxe como resultado a construção física do primeiro marco da futura RRCM para o município de Mogi Guaçu. Sua existência física traz a possibilidade da consolidação da proposta de uma rede cadastral, uma vez

que apresenta valores envolvidos e a demonstração dos métodos envolvidos em sua construção.

Permite ainda à instituição que a abriga, Faculdade Integrada Maria Imaculada, a visitação de diferentes profissionais da área da geomática, que recorrerão frequentemente a utilização do marco em seus levantamentos.

A construção física do marco permite ainda demonstrar aos gestores públicos do município, a possibilidade concreta de existência do mesmo, os valores envolvidos em sua construção, sua utilização por outros municípios brasileiros e a exposição da importância de uma RRCM para o município, trazendo padrões aos posicionamentos locais.

## 6. REFERÊNCIAS

- [1] Resende, D.A.; Guagliardi, J.A. “Sistemas de informações e de conhecimentos para contribuir na gestão municipal e no mercado imobiliário das cidades”. *IV Seminário Internacional Da Lares*, p. 1-16, 2004.
- [2] Vaz, J.A.; Silva, A.L.; Ribeiro, G.P. “Estudos Das Etapas E Critérios Para Homologação De Marcos Geodésicos SAT”. *IV Simpósio Brasileiro De Ciências Geodésicas E Tecnologias Da Geoinformação*. P 1-9, maio 2012.
- [3] IBGE. Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS - 15 anos - Relatório Técnico.
- [4] Fortes L.; Costa S.; Abreu M.; Júnior N.; Silva, A.; Lima M.; Mônico J, “Santos M. Plano de Expansão e Modernização das Redes Ativas RBMC/RIBaC”. *Congresso Brasileiro de Cartografia*, 2007.
- [5] Acosta S.; Lima M.; Júnior N.; Abreu M.; Silva A.; Fortes L. “RBMC em Tempo Real, via NTRIP e seus Benefícios nos Levantamentos RTK e DGPS”. *II Simposio Brasileiro de Ciencias Geodésicas y Tecnologías de Geoinformación*, 2008.
- [6] Dal’forno, G.L.; Antoniazzi, R.L; Strieder, A.J.; Aguirre, A.J. “Programa computacional para la transformación de Coordenadas Geodésicas Geocéntricas en Coordenadas Topográficas Locales y el proceso inverso”. *Congreso Argentino y Latinoamericano de Agrimensura*, 2008.
- [7] Amorim, G.P. “Confiabilidade de rede GPS de referência cadastral municipal-estudo de caso: rede do município de Vitória (ES)”. *Tese de Doutorado*, 2004.
- [8] Sibson, R. “Locally equiangular triangulations”. *Computer Journal*, v.21, p. 243-245, 1978.
- [9] Piteri, M.A.; Meneguette Jr, M.; Dos Santos, A.G.; Oliveira, F.F. “Triangulação de Delaunay e o princípio de inserção randomizado”. *II Simpósio Brasileiro de Geomática e V Colóquio Brasileiro de Ciências Geodésicas*, p. 655-663, jun. 2007.