

Implementação e Institucionalização da Rede de Referência Cadastral conforme NBR 14.166/2022

Patricia de CASTRO PEDRO, João Henrique BECKER and Emilia Grasielle NICOLODI, Brazil

Key words: Cadastre; municipal cadastral reference network; multipurpose cadastre

SUMMARY

The Brazilian Association of Technical Standards (ABNT) is responsible for the standardization in Brazil and published the NBR 14.166 in 1998, setting requirements for the Municipal Cadastral Reference Network (RRCM – Rede de Referência Cadastral Municipal). In 2022, a second edition of the standard was released, modernizing its regulations. The NBR 17.047:2022 provides guidelines for the use of the RRCM, which is crucial for ensuring the geometric consistency of surveys, preventing the propagation of errors, and is essential for accurate territorial cadastre, especially when considering three-dimensional cadastral elements. In Joinville, the Topographic Reference Network (RRT – Rede de Referência Topográfica) was established in 2007, with 27 planned topographic bases, of which only 26 pairs of survey markers met the specifications. The lack of mandatory use of these markers caused issues such as overlapping property titles and uncertainty in the placement of topographic survey polygons. Furthermore, the destruction of markers due to construction works reduced the RRT to 15 urban and 5 rural bases. Through a contract financed by the Inter-American Development Bank (IDB) for the Structuring of the Georeferenced Information Management Policy of the municipality of Joinville, among other products that were developed, the RRCM was implemented. The first stage involved a diagnosis of the existing markers, identifying 29 markers in no condition of use and 48 in good condition. The new RRCM was implemented with 21 Vértices Superiores (VS), or “Superior Vertices”, meeting the requirements of the NBR 14.166/2022. Although densification is described in the referred standard as a goal to be incorporated subsequently by public administration, the project included an early execution of the densification stage, with the implementation of Vértices Principais (VP), or Main Vertices. The planning methodology allowed for the use of existing vertices from the 2007 network that were still in good condition. Another important update was achieved with the analysis and consolidation of geodetic and normal altitudes, as the altitudes previously established through geometric leveling during the 2007 aerial photogrammetric mapping campaign were compared with values determined using the quasi-geoidal model provided by the Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE), HgeoHNOR2020, revealing a small divergence. In addition to being a primary data source for various studies and projects under development in the municipality, the RRCM is a dynamic element. Therefore, beyond establishing mandatory use of the RRCM for georeferencing surveys and other municipal projects, it is necessary to develop and institutionalize the densification process of the network, using data already collected by private sector companies or by municipal technicians. This article presents the stages of the RRCM restructuring; the problems faced during the project execution, such as the lack of technical training among professionals (in both public and private sectors) to adequately meet the standards established in the NBR 14.166/2022 in planning, data processing, and control; the integration of existing

RRT vertices considering the new standards; as well as the challenges faced by the public administration in institutionalizing and utilizing the network given its administrative structure and models of public governance, including its relationship with parcel certification processes as a means to ensure the geometric consistency of the base for the Multipurpose Territorial Cadastre (CTM - Cadastro Territorial Multifinalitário).

RESUMO

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) é responsável pela normalização no Brasil, tendo publicado a NBR 14.166 em 1998, que estabelece requisitos para a Rede de Referência Cadastral Municipal (RRCM). Em 2022, a segunda edição da norma foi lançada, modernizando sua regulamentação. A NBR 17.047:2022 orienta o uso da Rede de Referência Cadastral Municipal (RRCM), que é crucial para garantir a consistência geométrica dos levantamentos, evitando a propagação de erros, e é essencial para um cadastro territorial preciso, especialmente com a inserção de elementos cadastrais tridimensionais. Em Joinville, a Rede de Referência Topográfica (RRT) foi criada em 2007, com 27 bases topográficas planejadas, das quais apenas 26 pares de marcos atenderam às especificações. A falta de obrigatoriedade na utilização desses marcos causou problemas como sobreposições de títulos e insegurança na locação das poligonais dos levantamentos topográficos. Além disso, a destruição dos marcos devido a obras reduziu a RRT para 15 bases urbanas e 5 rurais. Através do contrato com financiamento pelo Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) para a Estruturação da Política de Gestão de Informações Georreferenciadas do município de Joinville, entre outros produtos, foi realizada a implantação da RRCM. A primeira etapa consistiu de um diagnóstico dos marcos existentes, na qual foram identificados 29 vértices sem condições de uso e 48 em bom estado. A nova RRCM foi implantada contendo 21 Vértices Superiores (VS), atendendo aos pressupostos da NBR 14.166/2022 e, embora a densificação seja descrita na citada NBR como um objetivo a ser incorporado pela administração pública, o trabalho abrangeu a etapa de densificação, com a implantação de Vértices Principais. A metodologia adotada para o planejamento da rede permitiu com que os vértices existentes da rede implantada em 2007, em boas condições de uso, fossem utilizados nessa etapa de densificação. Outra importante atualização se deu quanto a análise e consolidação das altitudes geodésicas e normais, sendo identificada pequena divergência, pois as altitudes anteriormente estabelecidas através de nivelamento geométrico quando da realização da campanha para o mapeamento aerofotogramétrico em 2007 foram comparadas com a determinação utilizando-se o modelo quase geoidal disponibilizada pelo IBGE, HgeoHNOR2020. Além de ser dado primário para diversos estudos e projetos em desenvolvimento no município, a RRCM é um elemento dinâmico, isto é, além da necessidade de se estabelecer a obrigatoriedade da utilização da RRCM para a amarração de levantamentos topográficos, bem como de outros projetos, executados no município, faz-se necessário o desenvolvimento e institucionalização do processo de densificação, utilizando-se de dados já levantados por empresas do ramo ou servindo-se de técnicos da prefeitura. O presente artigo apresenta as etapas da reestruturação da RRCM; os problemas enfrentados durante a execução do projeto como a falta de capacitação técnica de profissionais (no setor privado e público) para atender de forma otimizada os padrões estabelecidos na NBR 14.166/2022, tanto no planejamento como no processamento e controle dos dados; a integração dos vértices já existentes da RRT, considerando os novos padrões a

serem alcançados pela norma; assim como os desafios da administração pública para a institucionalização e utilização da rede frente a sua estrutura administrativa e os modelos de governança pública, inclusive as suas relações com os processos inerentes à certificação de parcelas como forma de consolidação geométrica da base cadastral do Cadastro Territorial Multifinalitário (CTM).

Implementação e Institucionalização da Rede de Referência Cadastral conforme NBR 14.166/2022

Patricia de CASTRO PEDRO, João Henrique BECKER and Emilia Grasielle NICOLODI, Brazil

1. A IMPORTÂNCIA DA RRCM

No Brasil, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) é o foro nacional de normalização. Em 1998 foi publicada a 1ª edição da NBR 14.166 – Rede de referência cadastral municipal – Requisitos e procedimento, e, no ano de 2022, foi publicada a 2ª edição trazendo modernidade e parametrização para a implantação e principalmente modernização da RRCM. A importância da RRCM é destacada pela NBR 14.166:2022 logo em seu escopo:

“A Rede de Referência Cadastral Municipal destina-se a apoiar a elaboração e a atualização de plantas cadastrais municipais e da base cartográfica; vincular, de modo geral, os serviços de topografia e de geodésia, visando as incorporações às plantas cadastrais do município; referenciar os serviços topográficos de demarcação, de anteprojetos, de projetos, de parcelamentos, de implantação e de acompanhamento de obras de engenharia em geral, de urbanização, de levantamentos de obras como construídas, de cadastros territoriais e de cadastros multifinalitários, e fornecer apoio aos serviços de aerolevantamentos.” (ABNT, 2022a)

A implantação e manutenção de uma Rede de Referência Cadastral Municipal (RRCM) é parte integrante da infraestrutura básica para o cadastro, garantindo que os levantamentos de parcelas e destinados a obras de engenharia estejam adequadamente georreferenciados assegurando uniformidade dos produtos apoiados na rede (SILVA, 2023). Klein et al. (2017) reforçam que os levantamentos realizados no município, independentes de sua finalidade, devem estar vinculados a um mesmo sistema de referência, facilitando a integração entre estes dados e alimentando um sistema único de informações geográficas. É a garantia de manter uma base sólida, precisa, detalhada e atualizada constantemente, que resultará em assertividade no planejamento urbano e evitarão danos ambientais e conflitos relacionados ao uso do solo.

Para a gestão do cadastro territorial urbano de forma moderna e contínua, sem que o município tenha que iniciar do zero (como ocorreu com o cadastro rural no Brasil) é importante que a base cadastral esteja organizada em parcelas certificadas e não certificadas (Silva, 2023). França et al. (2018) demonstram que a condição técnica fundamental para se definir a parcela como certificada na base cadastral é que ela esteja vinculada à Rede de Referência Cadastral Municipal. Assim, é exigível que os levantamentos para novos loteamentos, desmembramentos, retificações, entre outros, estejam vinculados à RRCM, garantindo o pleno atendimento da NBR 17.047:2022 que trata de Levantamento cadastral territorial para registro público:

“O levantamento cadastral territorial para registro público deve estar apoiado à Rede de Referência Cadastral Municipal (RRCM) ou, na inexistência desta, deve estar apoiado ao Sistema Geodésico Brasileiro (SGB).” (ABNT, 2022b)

A vinculação dos levantamentos à RRCM é uma condição técnica essencial para a certificação das parcelas na base cadastral, promovendo uma gestão moderna e contínua do cadastro territorial. Essa exigência é reforçada pela NBR 17.047:2022, que trata do Levantamento cadastral territorial para registro público e orienta que estes trabalhos devem estar apoiados na RRCM ou, na sua ausência, no Sistema Geodésico Brasileiro (SGB). A vantagem da RRCM reside no fato de que ela incorpora o princípio da vizinhança, um princípio geodésico que evita a propagação desordenada de erros ao exigir que novos pontos sejam determinados a partir dos mais próximos. Assim, a RRCM é a ferramenta chave que garante a consistência geométrica dos levantamentos, permitindo um cadastro sempre atualizado e contínuo, com erros dentro dos limites toleráveis para as diversas finalidades.

2. DIAGNÓSTICO DA REDE EXISTENTE

A Rede de Referência Topográfica (RRT), assim denominada à sua época de implantação, ocorreu em 2007 quando da execução do contrato que elaborou a base cartográfica digital do município de Joinville, a partir do levantamento aerofotogramétrico da área urbana na escala 1:1000.

O planejamento da RRT previu a materialização de 27 bases topográficas, formada por pares de marcos intervisíveis, separados por uma distância mínima de 200 metros e máxima de 1.000. Na sua implantação, foram implantados 59 marcos urbanos criando ao todo 36 bases, contudo, algumas delas não atendiam às especificações, restando então 26 pares. A materialização dos marcos foi realizada, em sua maioria, na forma de marco de concreto subterrâneo protegido por caixa de ferro fundido assentada ao nível do solo. Em locais onde este tipo de materialização não foi possível, como por exemplo cabeceira de pontes, foram utilizadas chapas metálicas assentadas ao solo. Marco de concreto no formato tronco piramidal também foram adotados em regiões menos urbanizadas.

Posteriormente, em 2010, foram implantados, para a área rural, 17 pares de marcos intervisíveis, distantes entre si entre 250 e 1250 metros. A maioria desses marcos foi materializada como marco de concreto tronco piramidal, sendo que nos locais em que não foi possível a materialização de marcos de concreto, foram utilizadas placas metálicas assentadas diretamente no solo.

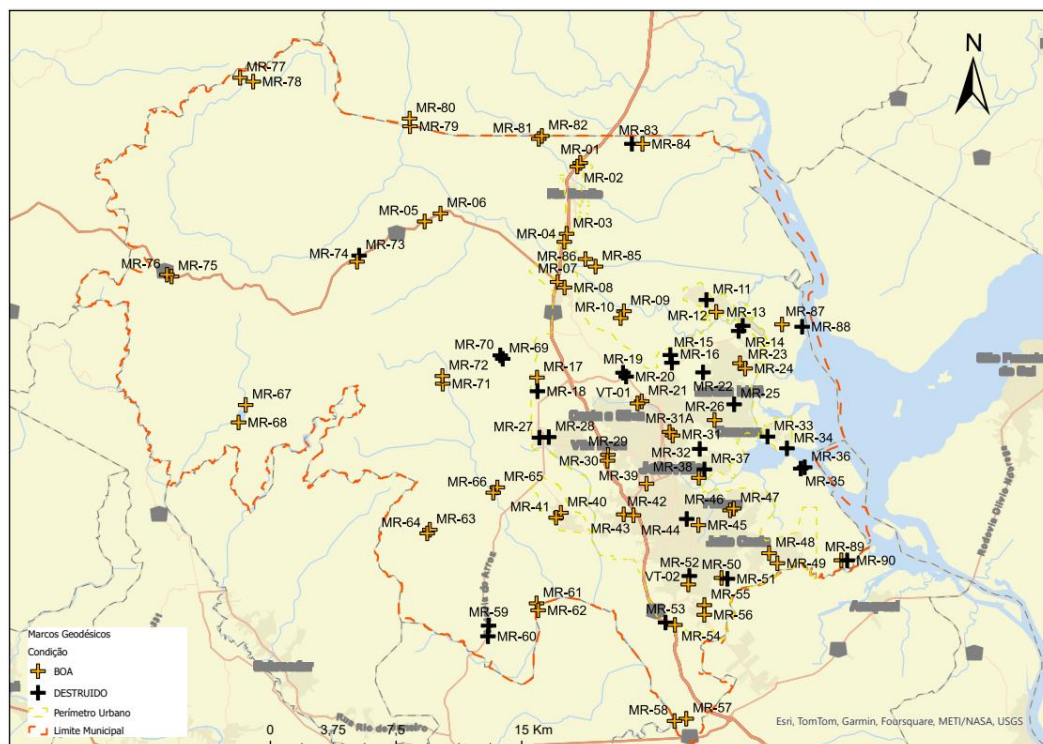


Figura 1. Distribuição dos vértices da RRT no município. Fonte: Consórcio Nippon Koei Lac - Senografia (2025).

A determinação das coordenadas geodésicas foi obtida por meio de levantamento GNSS, utilizando-se o método estático diferencial, com configuração mínima de três rastreadores geodésicos (dois em estações conhecidas e uma a ser determinada).

As altitudes ortométricas dos vértices foram determinadas a partir de redes de nivelamento geométrico com transporte das referências de nível pertencentes à rede altimétrica de primeira ordem do IBGE. A precisão das coordenadas obtidas, alcançou resíduos da ordem do milímetro planimétrico e altimétrico. Sendo assim, pode-se afirmar que a RRT implantada é tridimensional.

Contudo, embora tenha havido a execução de monografia dos marcos geodésicos integrantes da RRT, não houve a institucionalização desta através de normalização, instrução ou legislação. Ou seja, não houve a obrigatoriedade de utilização destes marcos para os levantamentos topográficos executados nos diversos processos no município de Joinville.

No entanto, ainda que sem obrigatoriedade, alguns profissionais utilizaram-se dos marcos implantados para transporte de coordenadas de seus projetos, tendo em vista a utilização da nova base cartográfica digital nas análises dos processos pela municipalidade. A instituição do SimGeo (Sistema de Informações Municipais Georreferenciadas) em 2009 também deu publicidade não somente às informações geográficas digitais, bem como a localização dos marcos.

Todavia, a não obrigatoriedade do uso da RRT trouxe inúmeros problemas, como a sobreposição de títulos aquisitivos quando da retificação ou abertura de novas matrículas. Além disso, há insegurança quanto à locação das poligonais dos levantamentos topográficos apresentados, pois verifica-se, em muitos casos, deslocamentos sistemáticos que culminam na sobreposição a áreas municipais, como logradouros, bem como a imóveis lindeiros.

Outra desvantagem da não institucionalização da RRT, foi a destruição de alguns marcos em razão de obras de infraestrutura ou mesmo de obstruções que inviabilizaram a intervisibilidade, reduzindo assim a RRT para 15 bases topográficas em área urbana e 5 bases em área rural. Contudo, a administração municipal de Joinville, reconhecendo a relevância da RRCM, incluiu sua implantação no escopo do contrato financiado pelo Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID), voltado à estruturação da Política de Gestão de Informações Georreferenciadas. Entre os diversos produtos previstos, a reestruturação da RRCM visa aprimorar os processos, reduzir custos e elevar a qualidade dos serviços prestados à sociedade.

3. IMPLANTAÇÃO DA RRCM

A NBR 14166:2022 (ABNT, 2022a) estabelece duas etapas distintas, sendo elas: implantação e densificação. A implantação é a determinação da rede fundamental, que sendo rígida, define a qualidade para a homogeneização dos vértices implantados em campo, devidamente injuncionada a vértices do SGB. Os vértices resultantes desta etapa são denominados Vértices Superiores (VS). A densificação é uma etapa progressiva e contínua, permitindo que a rede seja mantida operacional e crescente para sempre dar o apoio geodésico próximo às áreas levantadas, reduzindo custos e aumentando a qualidade para a sociedade. No processo de densificação são implantados os Vértices Principais (VP), quando o ajustamento é injuncionado em VS, e também os Vértices de Apoio (VA) quando o ajustamento é injuncionado em VP. Em ambas as etapas, é necessário realizar o planejamento que garantirá as condições técnicas para alcançar os resultados necessários, sem comprometer o fluxo de desenvolvimento, visto que é um processo complexo.

No município de Joinville já existiam 2 vértices homologados no SGB, porém afastados da região mais urbanizada do município. Para melhorar a qualidade da rede nesta área urbanizada foram homologados mais 4 vértices ao SGB em áreas de fácil acesso público (Figura 2). Os vértices foram monumentados com pilar de concreto e dispositivo de centragem forçada, no padrão definido pelo IBGE (2008).

Após a finalização dos procedimentos e o envio da documentação, o IBGE oficializou a homologação e incorporação destes vértices ao SGB, recebendo denominações oficiais: JOIN-001 (Código SGB IBGE 99886), JOIN-002 (99887), JOIN-003 (99888) e JOIN-004 (99889).



Figura 2. Novos vértices homologados em Joinville 99886(a), 99887(b), 99888(c) e 99889(d). Fonte: adaptado de Consórcio Nippon Koei Lac - Senografia (2025).

3.1 Vértices Superiores

3.1.1 Contexto e Planejamento

Conforme apresentado na NBR 14166/2022 o planejamento é o elemento crucial para o atendimento dos critérios estabelecidos a fim de garantir uma distribuição homogênea em toda a área do município. Neste sentido é importante que os Vértices de Superiores (VS) atendam a rigorosos critérios de qualidade como:

- PDOP médio deve ser inferior a 3 (máximo de 5).
- $\frac{3}{4}$ do mapa de obstrução não devem ter obstáculos acima de 20° (máximo de 30°).
- Não pode haver obstrução acima do nível da antena em um raio de 5 m ao redor dos VS.

Para garantir a aderência dos critérios acima elencados e verificar se os vértices da RRT existente atendiam este requisito, foram elaborados em campo os mapas de obstruções e verificação de PDOP numa data qualquer à época do levantamento, conforme exemplo na Figura 3.

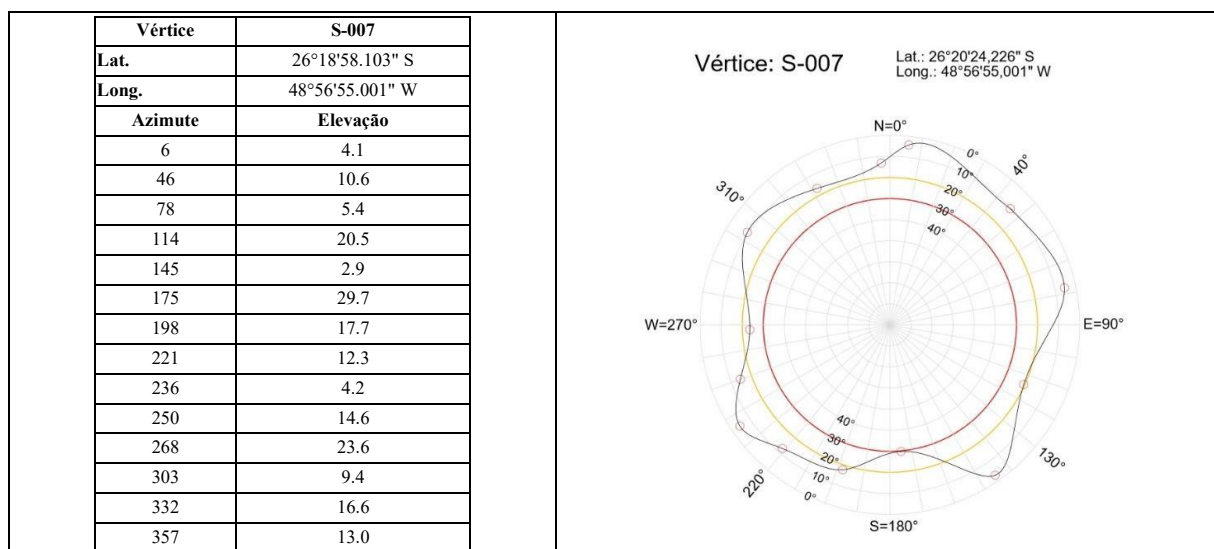


Figura 3. Exemplo de mapa de obstruções e gráfico de PDOP. Fonte: Consórcio Nippon Koei Lac - Senografia (2025).

3.1.2 Proporcionalidade dos Vetores e Ajustamento da Rede

Para garantir que a geometria dos vetores dos VS no ajustamento atenda as precisões, a norma exige que seja analisada a propagação de erros a priori considerando a precisão nominal do equipamento e a precisão (desvio-padrão) das coordenadas de cada marco geodésico do SGB. Para o ajustamento foi adotado o método dos mínimos quadrados, por meio do modelo paramétrico também conhecido como Gauss-Markov. Este estudo foi realizado no software Adjust, versão 8.7.4, onde é exigida a entrada dos seguintes dados:

- Erro de centragem da ocupação: adotado 0,0015m considerando o uso de base nivelante;
- Precisão do receptor GNSS H: 3 mm + 0,5 ppm - V: 5mm + 0,6 ppm conforme equipamentos utilizados;
- Nível de Confiança: exigido pela norma de 95%;

- Coordenadas cartesianas geocêntricas dos vértices do SGB que serão adotados como injeção;
- Coordenadas cartesianas geocêntricas aproximadas dos VS a serem determinadas; e
- Vetores a serem medidos em campo.

As propagações realizadas das precisões a priori de todos os vértices superiores a serem implantados atendem à precisão horizontal de 20 mm e à precisão vertical da altitude geodésica de 50 mm das precisões a priori de todos os vértices superiores a serem implantados.

O levantamento inicial resultou em vetores com grandes diferenças de comprimento (de 200 m a 26.000 m), o que prejudicaria o ajustamento da rede. Para evitar essa desproporcionalidade, a NBR 14.166:2022 estabelece que:

- O maior vetor não pode ter mais do que duas vezes o comprimento do menor vetor.
- Vetores envolvendo marcos do SGB podem ter até três vezes o comprimento do menor vetor.

A análise da proporcionalidade foi conduzida por meio de ajustamentos independentes. Conforme ilustrado na Figura 4, observa-se que os vértices superiores (VS) localizados na área rural, mesmo quando pertencentes a ajustamentos distintos, apresentam vetores claramente dentro da proporção inferior a 3.

Na rede urbana, o menor vetor identificado foi entre os VS MR-30 e MR-42, com extensão de 3.354,30 metros. Com base nesse valor, estabeleceu-se que o maior vetor entre dois VS deve ser inferior a 6.708,60 metros, enquanto o vetor entre um VS e o ponto do Sistema Geodésico Brasileiro (SGB) deve ser limitado a 10.062,90 metros.

Dos 51 vetores analisados, apenas cinco excedem esses limites, e mesmo assim por margens reduzidas, o que não comprometeu a homogeneidade das precisões na simulação dos ajustamentos, como será demonstrado posteriormente nesta pesquisa.

Adicionalmente, os vetores foram posicionados em locais estrategicamente relevantes para a operação, contribuindo para a eficiência do sistema como um todo.

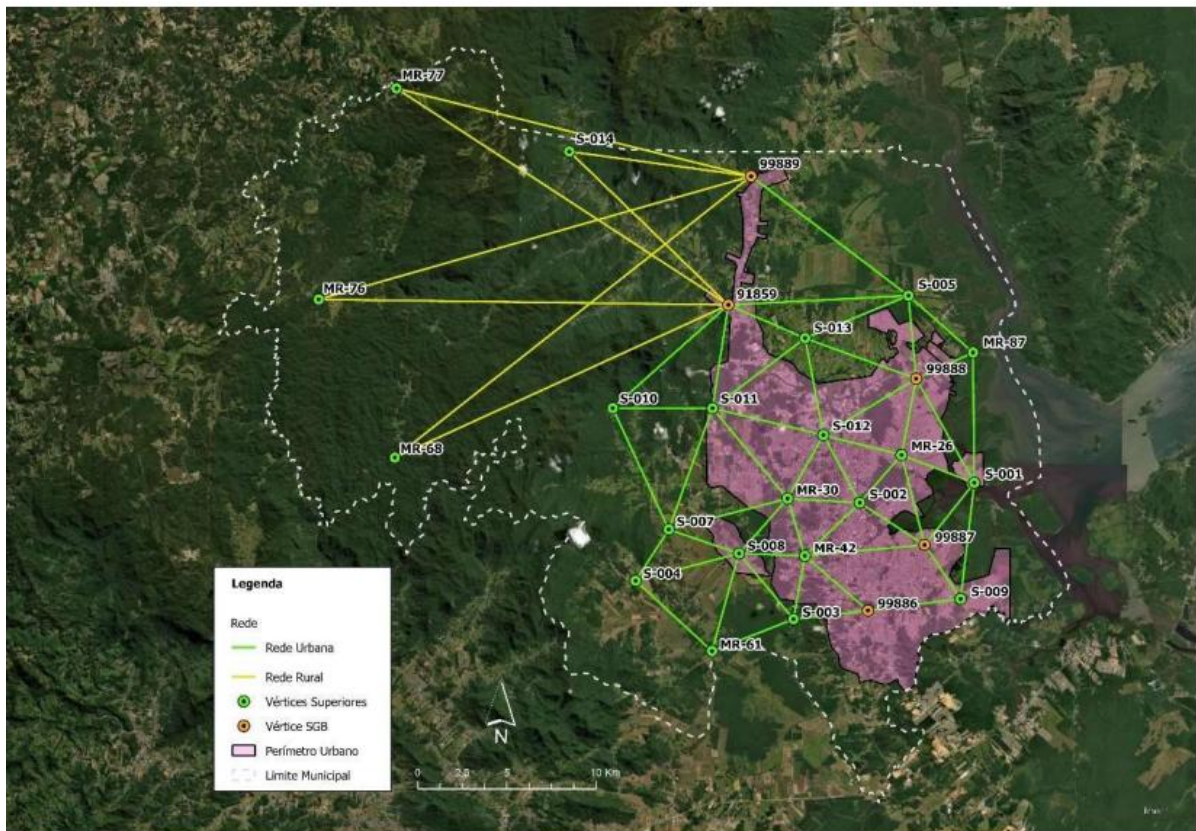


Figura 4. Vetores dos Vértices Superiores. Fonte: Consórcio Nippon Koei Lac - Senografia (2025).

3.1.3 Densidade e Materialização dos VS

O planejamento da distribuição dos VS considerou a exigência da norma, onde na área urbana deve-se ter um VS a cada quadrícula de 50 km² e na área rural 200 km², conforme pode ser observado na figura 5.

Os Vértices Superiores foram materializados por placas metálicas com 5 cm de diâmetro, e pino fixador com 5 cm de profundidade. As placas foram gravadas com as iniciais “PMJ” (Prefeitura Municipal de Joinville) no campo superior, e o nome do vértice (ex: S-001) no campo inferior. As placas foram incrustadas em calçadas estáveis ou no topo de marcos de concreto tronco-piramidais (14x14cm no topo, 26x26cm na base, 50cm de altura), dependendo das características do local, com furos para engaste dos pinos, dificultando o deslocamento ou remoção.

A nomenclatura dos vértices da Rede de 2007 que foram aproveitados foi mantida para evitar confusão. Para os novos vértices, a nomenclatura seguiu o padrão sugerido na Norma: S-XXX, onde "S" é a abreviatura de "Superior" e "XXX" é uma sequência numérica.

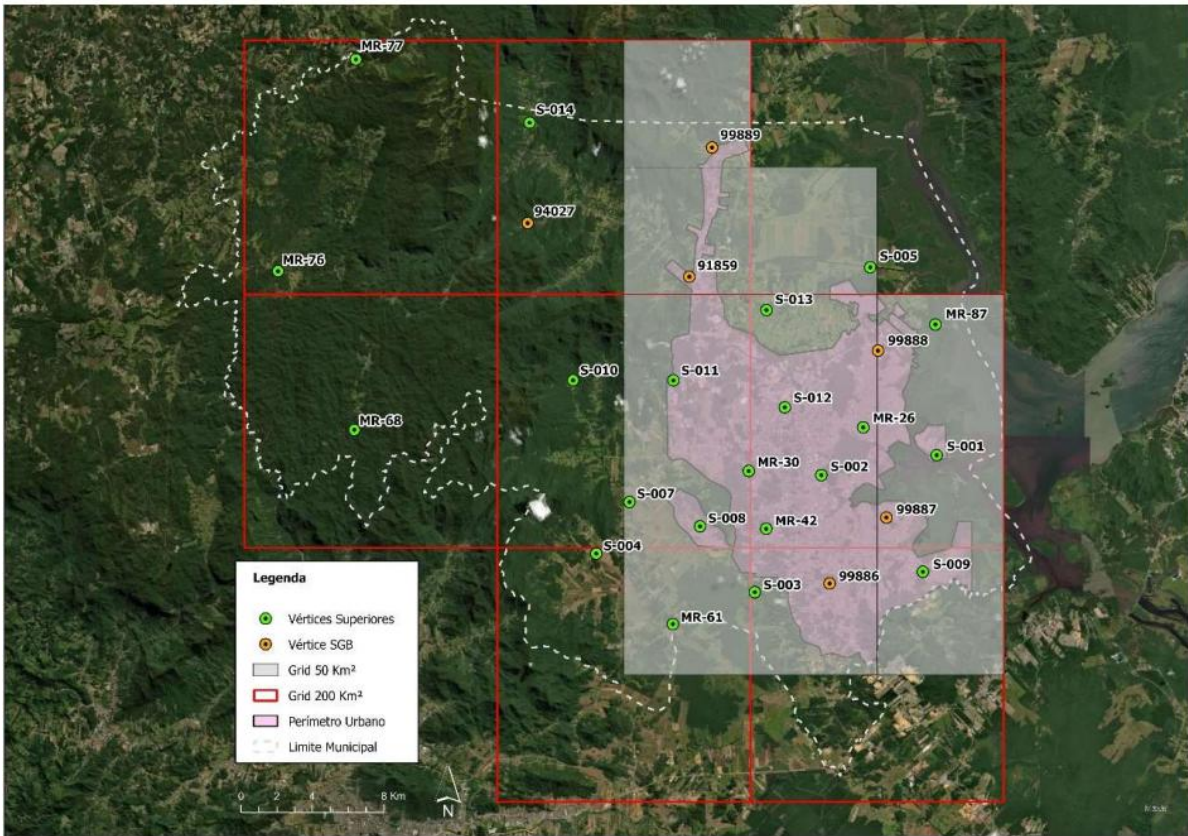


Figura 5. Distribuição dos VS no município. Fonte: Consórcio Nippon Koei Lac - Senografia (2025).

Um dos marcos de concreto tronco-piramidal implantado conforme as especificações apresentadas neste subitem é exibido na Figura 6.



Figura 6. Marco de concreto tronco-piramidal implantado. Fonte - adaptado de Consórcio Nippon Koei Lac - Senografia (2025).

3.1.4 Metodologia de Medição e Qualidade

Todos os VS, novos ou reaproveitados, foram medidos por GNSS pelo método relativo estático. A rede de medição foi ajustada, sendo injuncionada a cinco marcos geodésicos do SGB (91859, 99886, 99887, 99888 e 99889). Considerando os tempos de rastreamento conforme definido na norma.

Extensão da Linha Base km	Tempo mínimo de rastreamento min	Tipo de receptor GNSS
0 - 10	20	Simple ou multifrequências
10 - 20	40	Simple ou multifrequências
20 - 50	60	Multifrequências
50 - 100	90	Multifrequências
100 - 200	180	Multifrequências
200 - 500	240	Multifrequências

Figura 7. Ilustração da Tabela 01 da norma com tempos mínimos de rastreamento. Fonte: NBR 14166:2022. (ABNT, 2022).

Os VS que estão na região de serra (oeste do município) localizados em áreas tipicamente rurais, foram ajustados individualmente a partir do SGB, visto que formam vetores bastante extensos (acima de 20 km). Desta forma não trazem prejuízo à qualidade de ajustamento em rede na área urbana devido à desproporcionalidade dos vetores. Assim, ficou conformado um ajustamento único em rede bastante rígido que contempla toda a área urbanizada, incluindo áreas rurais com potencial para expansão urbana, garantido o princípio da vizinhança em sua densificação. No entanto, alguns vértices rurais foram ajustados individualmente a partir do SGB, pois formavam vetores muito extensos (acima de 20 km), o que evitaria prejuízo à qualidade do ajustamento em rede na área urbana.

Tabela 1. Tipo de Ajustamento e localidade dos VS. Fonte: Consórcio Nippon Koei Lac - Senografia (2025)

NOMENCLATURA DOS VÉRTICES SUPERIORES	AJUSTAMENTO	LOCALIDADE
S-001	Em rede	Urbano
S-002	Em rede	Urbano
S-003	Em rede	Urbano
S-004	Em rede	Rural
S-005	Em rede	Rural
S-007	Em rede	Urbano
S-008	Em rede	Urbano
S-009	Em rede	Urbano
S-010	Em rede	Rural

NOMENCLATURA DOS VÉRTICES SUPERIORES	AJUSTAMENTO	LOCALIDADE
S-011	Em rede	Urbano
S-012	Em rede	Urbano
S-013	Em rede	Urbano
S-014	Individual	Rural
MR-26	Em rede	Urbano
MR-30	Em rede	Urbano
MR-42	Em rede	Urbano
MR-61	Em rede	Rural
MR-68	Individual	Rural
MR-76	Individual	Rural
MR-77	Individual	Rural
MR-87	Em rede	Rural

Um exemplo de desafio na qualidade foi o vértice S-014, localizado em área rural, que apresentou um sigma 2D de 29,2 mm, não atendendo à exigência de 20 mm da NBR 14.166. Isso ocorreu porque os vetores formados a partir dos vértices SGB possuíam distâncias acima de 10 km, resultando em precisões nominais horizontais superiores a 10 mm.

No entanto, considerando sua localização rural e a piora nos resultados de novos rastreios, o vértice foi mantido.

A norma exige que nenhum obstáculo esteja no mesmo nível ou acima do nível da antena GNSS em um raio de 5 m em torno do vértice superior. Além disso, 3/4 do mapa de obstrução (cobertura de 270° do horizonte) não podem apresentar obstáculo com ângulo de elevação superior a 20° em relação ao horizonte da antena GNSS.

No caso do vértice S-014, foi observada uma obstrução de vegetação acima de 30°. Para lidar com essa e outras obstruções, foram planejadas a remoção de satélites que eventualmente estivessem na direção do obstáculo, a fim de evitar quebras de sinal e perda de qualidade.

3.1.5 Referencial altimétrico e metodologia adotada

O referencial altimétrico atualmente em uso no Sistema Geodésico Brasileiro (SGB) é o Datum de Imbituba, que utiliza a Altitude Normal (HN) (a partir do quase-geoide), conforme o Relatório de Reajustamento da Rede Altimétrica com Números Geopotenciais REALT-2018.

A norma NBR 14.166:2022 prevê várias possibilidades para a rede altimétrica, incluindo:

(i) Nivelamento geométrico a partir das Referências de Nível (RN) do SGB; (ii) Adoção de um modelo quase-geoidal próprio do município; e (iii) Adoção de um modelo quase-geoidal com acurácia conhecida.

A adoção de modelo quase geoidal com acurácia conhecida, é a forma atualmente mais econômica para implementar uma rede altimétrica. O IBGE disponibiliza o modelo matemático hgeoHNOR2020 que permite conversão das altitudes geodésicas (ou geométricas) em altitudes

normais, com acurácia modelada. Este modelo possui uma estimativa de acurácia variando na região de Joinville entre 80 e 90 mm. Para identificar a qualidade real deste modelo (não a estimada) é necessário comparar medições realizadas com nivelamento geométrico com as medições realizadas com GNSS devidamente transformadas para altitude normal.

Em Joinville existe apenas um vértice do SGB com estas características, que é o SAT 94017 = RN 2064P, tendo, portanto, a altitude Geométrica (h) e Normal (HN), conforme monografia do IBGE: $h_{94027} = 176,614 \pm 36$ mm e $HN_{94027} = 174,213 \pm 41$ mm.

Utilizando a altitude geométrica, foi calculada a altitude normal usando o modelo hgeoHNOR disponibilizado pelo IBGE, pela equação 1:

$$HN = h - \eta \quad (1)$$

Sendo η o fator de conversão obtido no serviço on-line do IBGE. $\eta = +2,38 \pm 80$ mm à $HN = 174,234 \pm 87,7$ mm.

Desta forma, foi identificada uma divergência de apenas 21 mm na altitude normal do vértice do SGB SAT 94027 usando o modelo hgeoHNOR, atendendo portanto, o exigido na NBR 14.166:2022 e quase a totalidade dos trabalhos de cadastro, planejamento e obras no município. Foram realizadas em campo outras medições com GNSS em RRNN existentes para mais amostragens de qualidade do hgeoHNOR.

Tabela 2. Divergências encontradas entre as altitudes ortométricas niveladas quando comparadas com as normais obtidas pelo hgeoHNOR2020 em 55 vértices. Fonte: Consórcio Nippon Koei Lac - Senografia (2025).

VÉRTICE	MONOGRAFIA		hgeoHNOR2020		
	H	h	η	$HN = h - \eta$	Divergência
MR-08	22,086	23,526	1,52	22,006	-0,08
MR-06	73,343	75,482	2,2	73,282	-0,061
MR-07	25,633	27,146	1,56	25,586	-0,047
MR-18	25,953	27,406	1,48	25,926	-0,027
MR-04	31,148	32,712	1,58	31,132	-0,016
MR-03	23,848	25,422	1,58	23,842	-0,006
MR-17	24,347	25,847	1,5	24,347	0
MR-27	15,719	17,099	1,38	15,719	0
MR-09	14,417	15,653	1,23	14,423	0,006
MR-15	6,101	7,097	0,99	6,107	0,006
MR-02	31,449	33,078	1,62	31,458	0,009
MR-01	36,218	37,855	1,62	36,235	0,017
MR-10	13,446	14,698	1,23	13,468	0,022
MR-28	15,56	16,931	1,34	15,591	0,031
MR-45	59,767	60,551	0,75	59,801	0,034
MR-20	9,946	11,121	1,14	9,981	0,035
MR-19	11,699	12,887	1,15	11,737	0,038
MR-05	101,249	103,559	2,27	101,289	0,04
MR-21	7,49	8,581	1,05	7,531	0,041
MR-16	6,967	7,989	0,98	7,009	0,042
MR-40	13,157	14,367	1,16	13,207	0,05
MR-41	13,235	14,445	1,16	13,285	0,05
MR-44	8,56	9,396	0,78	8,616	0,056
MR-11	6,14	7,108	0,91	6,198	0,058
MR-30	14,773	15,922	1,09	14,832	0,059
VT-01	7,171	8,296	1,06	7,236	0,065
MR-33	3,656	4,341	0,62	3,721	0,065
MR-31A	3,853	4,839	0,92	3,919	0,066
MR-31	4,318	5,285	0,9	4,385	0,067
MR-12	4,83	5,759	0,86	4,899	0,069
MR-13	2,739	3,576	0,76	2,816	0,077
MR-29	16,519	17,697	1,1	16,597	0,078
MR-23	2,491	3,322	0,75	2,572	0,081

VÉRTICE	MONOGRAFIA		hgcoHNOR2020		
	H	h	η	HN = h - η	Divergência
MR-26	37,098	37,973	0,79	37,183	0,085
MR-43	10,25	11,266	0,93	10,336	0,086
MR-14	3,469	4,328	0,77	3,558	0,089
MR-48	22,464	23,104	0,55	22,554	0,09
MR-25	3,152	3,992	0,74	3,252	0,1
MR-24	2,759	3,589	0,73	2,859	0,1
MR-34	4,625	5,301	0,57	4,731	0,106
MR-37	2,657	3,546	0,78	2,766	0,109
MR-38	2,972	3,862	0,78	3,082	0,11
MR-35	4,727	5,358	0,52	4,838	0,111
MR-42	14,188	15,261	0,96	14,301	0,113
MR-49	6,742	7,386	0,53	6,856	0,114
MR-36	7,474	8,107	0,51	7,597	0,123
VT-02	30,283	31,13	0,72	30,41	0,127
MR-46	7,931	8,732	0,67	8,062	0,131
MR-53	20,192	21,076	0,75	20,326	0,134
MR-55	15,338	16,154	0,68	15,474	0,136
MR-52	17,068	17,938	0,73	17,208	0,14
MR-51	16,43	17,211	0,64	16,571	0,141
MR-56	17,062	17,877	0,67	17,207	0,145
MR-47	15,668	16,486	0,67	15,816	0,148
MR-50	13,221	14,03	0,65	13,38	0,159

3.2 Vértices Principais

3.2.1 Contexto e Planejamento

A fase de Densificação envolveu a determinação dos Vértices Principais (VP) a partir dos Vértices Superiores (VS). Para minimizar a propagação de erros, não foram implantados Vértices de Apoio (VA), portanto, as medições dos VP usaram VS como controle.

No planejamento da densificação da rede, buscou-se integrar os vértices existentes da rede de 2007 que estavam em boas condições, assim como buscou-se a formação de pares de vértices intervisíveis, possibilitando a realização de levantamentos também com estação total.

A formação de pares intervisíveis ocorreu entre VP com VS, VP com SGB, e VP com VP em locais onde já havia vértices da rede antiga.

3.2.2 Desafios na determinação da densidade dos VP

Alguns parâmetros normativos da norma relacionados à densidade não foram atendidos plenamente nesta primeira densificação. Um desses requisitos é o de que, em áreas urbanas, nenhum imóvel deve apresentar distância superior a 500 m em relação a um vértice da RRCM ou a um marco geodésico do SGB. Assim como alguns vértices intervisíveis ficaram distantes em mais de 200 metros entre si.

As distâncias da área do município aos vértices implantados na RRCM podem ser observadas na Figura 8. Na área urbana, observa-se que quase em sua totalidade há disponibilidade de um vértice ou um par de vértices a uma distância inferior a 3 km, estando diversas regiões localizadas a menos de 1 km.

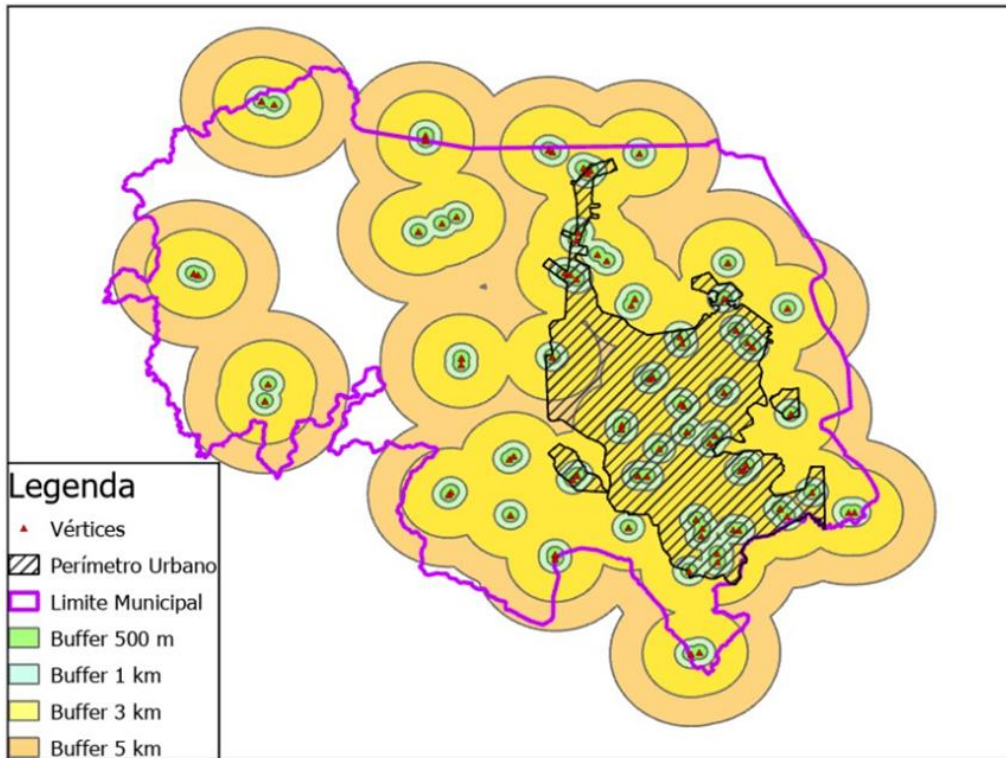


Figura 8. Distâncias no município a um vértice mais próximo da RRCM. Fonte: Consórcio Nippon Koei Lac - Senografia (2025).

3.2.3 Materialização (VP)

Os Vértices Principais foram materializados de forma idêntica aos Vértices Superiores. Utilizaram-se placas metálicas com 5 cm de diâmetro e pino fixador de 5 cm de profundidade. As placas foram gravadas com “PMJ” no campo superior e o nome do vértice no inferior (ex: P-0001, P-0002). As placas foram incrustadas em calçadas estáveis ou em marcos de concreto tronco-piramidais (14x14cm no topo, 26x26cm na base, 50cm de altura).

3.2.4 Controle de Obstruções

O controle de obstruções para os Vértices Principais seguiu requisitos ligeiramente diferentes dos VS. A norma exige que nenhum obstáculo esteja no mesmo nível ou acima do nível da antena GNSS em um raio de 3 m em torno do vértice Principal (em comparação com 5m para o VS). O requisito de cobertura de 3/4 do horizonte (270°) sem obstáculos com ângulo de elevação superior a 20° foi mantido.

Houve vários casos de vértices onde foram observadas obstruções que excediam a tolerância, exigindo a remoção de satélites durante o processamento para garantir a qualidade, como por exemplo:

- Vértice MR-01: Obstruções acima de 20° em extensão maior que o máximo permitido (1/4), exigindo remoção de satélites.
- Vértice MR-47: Semelhante ao MR-01, com obstruções acima de 20° em extensão excessiva.

- Vértice P-0018: Pontos de obstrução acima de 30°, referentes a vegetação.
- Vértice MR-75: Obstruções acima de 20° em extensão excessiva.

3.3 Processamento e Qualidade dos Dados

O processamento das medições GNSS, assim como no caso dos VS quanto para VP, foi realizado no software Trimble Business Center na versão 4.10.3. O método de rastreamento GNSS foi o relativo estático, seguindo os tempos mínimos especificados pela NBR 14.166:2022.

Para a propagação das precisões (análise a priori), foi utilizado o software Adjust, indicando as coordenadas geocêntricas dos vértices de controle, adotados como injunção, e as coordenadas geocêntricas dos vértices a serem determinados. No entanto, considerando que este software considera os pontos injuncionados como coordenadas absolutas, sem variâncias, foi utilizada uma planilha de cálculo que implementou as equações previstas na NBR 14.166:2022, para incluir na propagação das precisões, também, as variâncias (precisões) dos pontos injuncionados.

A medição dos VP ocorreu em várias redes independentes, que foram injuncionadas a, no mínimo, dois vértices de controle, sendo estes vértices do Sistema Geodésico Brasileiro (SGB) ou Vértices Superiores (VS). O objetivo dessa metodologia foi formar vetores com os vértices mais próximos, aderindo ao princípio da vizinhança para melhor distribuição de erros. O processamento dos vetores foi executado utilizando o software Trimble Business Center na versão 4.10.3.

Para garantir que a geometria dos vetores dos VP no ajustamento atenda as precisões, a norma exige que seja analisada a propagação de erros a priori considerando a precisão nominal do equipamento e a precisão (desvio-padrão) das coordenadas de cada marco geodésico de controle (SGB ou VS). Para o ajustamento foi adotado o método dos mínimos quadrados, por meio do modelo paramétrico também conhecido como Gauss-Markov. O estudo foi realizado seguindo a mesma metodologia do VS.

Para o ajustamento dos VP, a norma prevê duas estratégias, sendo uma com ajustamento em rede e outra com ajustamento individual. Todos os ajustamentos dos VPs foram realizados em rede, garantido o princípio da vizinhança em sua densificação.

Tabela 3. Vetores dos vértices principais. Fonte: Consórcio Nippon Koei Lac - Senografia (2025).

DE	PARA	HORA INÍCIO	DURAÇÃO	RMS Horz	RMS Vert	PDOP MÁXIMO	DISTÂNCIA (m)	REDE
91859	MR-04	27/11/2024 09:27	00:21:10	0,008	0,012	3,1	2392,09	01
91859	MR-07	27/11/2024 11:13	00:19:35	0,003	0,006	3,0	360,796	01
91859	MR-85	12/12/2024 09:14	00:22:20	0,011	0,019	1,8	2720,466	01
91859	P-0023	27/11/2024 10:12	00:21:10	0,008	0,014	2,0	2376,702	01
91859	P-0030	12/12/2024 09:17	00:19:40	0,005	0,007	1,8	2458,565	01
99889	MR-02	22/11/2024 10:41	00:20:40	0,006	0,01	2,2	472,409	01
99889	P-0018	13/12/2024 18:31	00:21:50	0,008	0,018	3,8	149,8	01

Embora alguns vetores curtos tenham sido processados com durações menores do que o rastreamento completo devido à necessidade de corte para atender a parâmetros normativos como PDOP e controle de propagação de erros, todos os vetores destacados atenderam o tempo mínimo recomendado pelo IBGE (2008) e a qualidade posicional após a propagação das precisões a posteriori.

A Matriz Variância Covariância (MVC) foi calculada para os diversos vetores de processamento em rede (Redes 1 a 9, 10, etc.). A precisão alcançada em diferentes componentes do vetor (Norte, Leste, Elevação), demonstrando o rigor técnico aplicado ao ajustamento pelo Método dos Mínimos Quadrados (MMQ). A figura 9 apresenta o exemplo de rede estabelecida para o processamento.



Figura 9. Rede 02 - vetores de ajustamento para P-005 e MR-16. Fonte: Consórcio Nippon Koei Lac - Senografia (2025).

Ao todo, além dos 4 marcos homologados do IBGE, nesta etapa inicial de implantação e primeira densificação da rede de referência cadastral, foram implantados 46 novos marcos e reaproveitados 29 da rede existente de 2007, totalizando 75 vértices, sendo 21 Vértices Superiores e 54 Vértices Principais.

Quanto às precisões posicionais horizontais, para os vértices principais, as precisões preconizadas na norma foram atendidas, sendo o maior desvio-padrão horizontal obtido, para esta classe, de 30,8 mm, inferior aos 50 mm exigidos pela norma.

Enquanto que para os vértices superiores, os requisitos quanto às precisões posicionais preconizados na norma foram, também, atendidos, com uma ressalva. Para esta classe de vértices, a norma preconiza uma precisão horizontal de 20 mm, contudo dentre os vértices implantados, um dos vértice ficou com desvio-padrão horizontal resultante de 29,2 mm. Esta situação foi já apresentada no item 3.1.4, se trata de um vértice localizado em área rural com vetores extensos para o qual foi realizado um ajustamento individual e, mesmo com diferentes rastreios, a precisão da norma não foi atendida. Este vértice foi mantido como vértice superior visando atender a exigência da norma de 1 vértice superior a cada 200 km² para área rural.

Os demais vértices superiores ficaram com desvios-padrão horizontal inferiores a 12,2 mm, sendo que na área urbana o pior desvio-padrão horizontal foi de 8,9 mm, atendendo os 20 mm da norma.

Quanto à componente altimétrica o maior desvio-padrão para a altitude geodésica foi de 48,50 mm para vértices principais e de 34,4 mm para os vértices superiores, atendendo a precisão de 50 mm exigida na norma.

4. DIFICULDADES E DESAFIOS DA ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA PARA A INSTITUCIONALIZAÇÃO DA RRCM

De acordo com Cabral et al (2023) para que a RRCM se perpetue em um município, faz-se necessária a adoção de procedimentos adequados, gestão e materialização de seus vértices. Esta questão abrange desde procedimentos de implantação e densificação, até mesmo ao uso e manutenção da rede.

Diante da conclusão do contrato que teve duração de 24 meses e um custo de R\$ 514.000,00 financiado pelo Banco Interamericano de Desenvolvimento, com a efetiva reestruturação da rede de referência cadastral, o desafio da prefeitura de Joinville reside na implementação de procedimentos para garantir a utilização e a densificação da rede.

A estrutura organizacional do município de Joinville não possui um departamento específico que possa absorver a demanda para execução dos levantamentos necessários à densificação da rede com a implantação de vértices de apoio VA, ou ainda para a verificação dos dados de processamentos dos profissionais que realizam levantamentos topográficos e geodésicos no município. Os profissionais estão distribuídos em várias secretarias e possuem atribuições e rotinas diversas.

Neste sentido, considerando que o corpo técnico da Unidade de Cadastro Técnico, vinculado a Secretaria da Fazenda, atuou no grupo de trabalho que realizou o acompanhamento e fiscalização do contrato que reestruturou a rede, este iniciou os estudos com relação a quais os aspectos técnicos a serem levados em consideração para a institucionalização.

O primeiro passo foi a publicação do Decreto n.º 68.284/2025 que atualiza o Decreto n.º 16.171/2009 e reformula o Sistema de Informações Municipais Georreferenciadas (SIMGeo), incluindo a Rede de Referência Cadastral Municipal como parte integrante deste.

Levando em consideração o Manual Técnico de Levantamento Cadastral de Santa Catarina que fundamenta a Instrução Normativa 09 da Secretaria de Administração do Estado em vigor, tem-se a intenção de que os procedimentos tenham abrangência similar. No momento ainda estão sendo realizadas reuniões com as secretarias afins para estabelecer e decidir como será realizada a entrada de novos dados e como será sua avaliação, para a densificação progressiva da rede de referência.

REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13133: Execução do levantamento topográfico - Procedimento. Rio de Janeiro, 2021. 57 p.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14166: Rede de Referência Cadastral Municipal - Procedimento. Rio de Janeiro, 2022a. 23 p.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 17047: Levantamento cadastral territorial para registro público – Procedimento. Rio de Janeiro, 2022a. 12 p.

CABRAL, C. R. et al. O método do alinhamento para a densificação de rede de referência cadastral municipal – RRCM. Revista Brasileira de Geomática, 11(1), 2023. <https://doi.org/10.3895/rbgeo.v11n1.15647>

CONSÓRCIO NIPPON KOEI LAC – SENOGRAFIA. Relatório final do produto P03 -rede de referência cadastral, conforme termo de contrato do Município de Joinville 1052/2022 Março. Joinville, 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Padronização de Marcos Geodésicos. Rio de Janeiro: IBGE, 2008. Disponível em: https://geoftp.ibge.gov.br/metodos_e_outros_documentos_de_referencia/normas/padronizacao_marcos_geodesicos.pdf. Acesso em: 19 ago. 2024.

KLEIN, I.; GUZZATTO, M. P.; HASENACK, M.; CABRAL, C. R.; BERBERT LIMA, A. P.; FRITSCHÉ, S.; REGINA JUNIOR, L. A. M.; MOMO, G. F. Rede de referência municipal para estações livres: uma proposta de baixo custo e grande abrangência. Revista Brasileira de Cartografia, [S. l.], v. 69, n. 3, 2017. DOI: 10.14393/rbcv69n3-44346. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/revistabrasileiracartografia/article/view/44346>. Acesso em: 19 ago. 2024.

MANUAL TÉCNICO DE LEVANTAMENTO CADASTRAL DE SANTA CATARINA. Secretaria de Estado da Administração (SEA). 2021. Disponível em: https://www.sea.sc.gov.br/wp-content/uploads/2021/11/Manual-IN-09_2021.pdf. Acesso em: 20/08/2025.

SILVA, E. (Org.) Cadastro Territorial Multifinalitário aplicado à gestão municipal . Florianópolis, ed. UFSC, 2023. 214 p. ISBN 978-85-8328-172-6. DOI: 10.5281/zenodo.7869277

CONTACTS

Patricia de Castro Pedro

Prefeitura Municipal de Joinville

Av. Hermann August Lepper, 10

Joinville-SC

BRAZIL

Tel : +55 (47) 3431-3233

Email: patricia.pedro@joinvilles.sc.gov.br

Website: <https://www.joinville.sc.gov.br/>

João Henrique Becker

Prefeitura Municipal de Joinville
Av. Hermann August Lepper, 10
Joinville-SC
BRAZIL
Email: joao.becker@joinville.sc.gov.br
Website: <https://www.joinville.sc.gov.br/>

Emilia Grasiela Nicolodi
Prefeitura Municipal de Joinville
Av. Hermann August Lepper, 10
Joinville-SC
BRAZIL
Email : emilia.nicolodi@joinville.sc.gov.br
Website: <https://www.joinville.sc.gov.br/>