

A NOVA VERSÃO DA NBR14166/2022: PRINCIPAIS ASPECTOS E RECOMENDAÇÕES

NBR14166/2022 updated edition: main aspects and recommendations

Ivandro Klein, Cesar Rogerio Cabral, Markus Hasenack
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina – IFSC
Departamento Acadêmico de Construção Civil (DACC) – Curso Técnico de Agrimensura
ivandro.klein@ifsc.edu.br, ccabral@ifsc.edu.br, hasenack@ifsc.edu.br

Resumo:

Recentemente, diversas normas técnicas foram atualizadas no âmbito da Agrimensura, dentre estas a NBR14166 que trata da rede de referência cadastral municipal (RRCM). Além disto, houve avanços na legislação nacional referentes ao cadastro territorial, como a exigência que os limites das parcelas cadastrais sejam georreferenciados. Para atender a estas demandas, é fundamental que os municípios disponham de RRCM. Neste contexto, propõe-se aqui uma análise crítica e profunda da nova versão da NBR14166 (recém lançada em Janeiro/2022), estruturada da seguinte forma: 1) Principais diferenças em relação a edição anterior; 2) Algumas recomendações para a execução técnica da norma; 3) Considerações sobre rigor científico vs. aplicação prática. Além disso, também trazemos reflexões referentes ao papel dos municípios, *softwares* disponíveis no mercado e atuação profissional.

Palavras-chave: rede de referência cadastral municipal (RRCM); agrimensura; topografia; georreferenciamento.

Abstract

Recently, several technical standards have been updated within the scope of geodetic surveying, including NBR14166, which deals with the reference network for land surveying (RRCM). In addition, there have been advances in national legislation regarding land registration, such as the exigence that the boundaries of cadastral parcels must be georeferenced. In order to fulfill these demands, it is essential the role of RRCM in municipalities. Inside this context, a critical and in-depth analysis of the new version of NBR14166 (released in January/2022) is proposed here, structured as follows: 1) Main differences from the previous edition; 2) Some recommendations for it technical execution; 3) Considerations on scientific accuracy vs. practical application. In addition, we also present reflections regarding the role of municipalities, available software and professional performance.

Keywords: geodetic reference network; land surveying; geospatial information.

1 INTRODUÇÃO

Recentemente, as áreas de Topografia e Agrimensura tiveram uma série de normas técnicas lançadas ou atualizadas, como a NBR13133/2021: Execução de levantamento topográfico – Procedimento; a NBR14166/2022: Rede de referência cadastral municipal – Requisitos e Procedimento; a NBR17047/2022: Levantamento cadastral territorial para registro público – Procedimento e a NBR17058/2022: Locação topográfica e controle dimensional de edificação – Procedimento.

Paralelamente a isto, uma série de atualizações na legislação brasileira referente ao cadastro territorial também vêm ocorrendo, como por meio do Decreto N° 11.208 de 26 de setembro de 2022 (BRASIL, 2022a), que trata do Sistema Nacional de Gestão de Informações Territoriais (SINTER); e da Portaria N° 3.242 de 9 de novembro de 2022 (BRASIL, 2022b), que trata das diretrizes do Cadastro Territorial Multifinalitário (CTM). O Artigo 11 desta portaria estabelece que os limites das parcelas cadastrais, como vértices de divisa dos imóveis

urbanos, devem ser vinculados a Rede de Referência Cadastral Municipal (RRCM) ou ao Sistema Geodésico Brasileiro (SGB), como previsto na NBR14166/2022 (ABNT, 2022).

No canal “Agrimensura IFSC” (<https://www.youtube.com/c/AgrimensuraIFSC>), estão disponibilizados dois encontros *online* relativos essencialmente ao conteúdo da nova versão da NBR14166. Aqui, por outro lado, se propõe uma análise mais crítica e profunda da mesma, estruturada da seguinte forma: 1) Principais diferenças em relação a edição anterior; 2) Algumas recomendações para a execução técnica da norma; 3) Considerações sobre rigor científico vs. aplicação prática. Além disso, também trazemos reflexões referentes ao papel dos municípios, *softwares* disponíveis no mercado e atuação profissional.

Por fim, antes de entrarmos nos tópicos propostos, cabe destacar que a NBR14166/2022 separa a RRCM em duas etapas: implantação (por meio dos vértices superiores) e densificação (por meio dos vértices principais e de apoio). A implantação requer um vértice a cada 50 km² em áreas urbanas ou 200 km² em áreas rurais; enquanto a densificação pode ser feita conforme a necessidade do município. Desta forma, ressalta-se que a RRCM não se torna onerosa ao município, podendo ser feita de forma progressiva conforme as demandas do mesmo.

2 PRINCIPAIS DIFERENÇAS EM RELAÇÃO A EDIÇÃO ANTERIOR

São diversas as diferenças entre a primeira versão da NBR14166/1998 e a versão atual, inclusive pela latência temporal de cerca de 24 anos entre ambas. Desta forma, elencamos aqui 9 pontos que julgamos principais, além da questão implantação / densificação já mencionada:

- 1) Redução de 12 tipos de vértices para apenas 3: “superior”, “principal” e “apoio”, facilitando a implantação, densificação, entendimento e gestão da RRCM, uma vez que classes como “ponto de esquina” não devem fazer parte da mesma;
- 2) Redução da densidade de “marcos geodésicos de precisão” de 1 a cada 3 km² em áreas urbanas ou 1 a cada 16-50 km² em áreas rurais para “vértices superiores” de 1 a cada 50 km² em áreas urbanas ou 1 a cada 200 km² em áreas rurais, uma vez que o posicionamento GNSS (*Global Navigation Satellite System*) não requer tamanha densidade de vértices;
- 3) Alteração da distância máxima de esquinas a “pontos topográficos principais e secundários” de 400 m ou 250 m (respectivamente), para distância máxima de imóveis a “vértices principais ou de apoio” de 500 m, pois a densidade de vértices da RRCM deve ser baseada em conceitos como “imóvel” e não em conceitos como “esquina”;
- 4) Fim da obrigatoriedade da adoção do plano topográfico local (PTL), podendo o município adotar o sistema de projeção que julgar mais adequado a suas finalidades, desde que com parâmetros de transformação conhecidos para coordenadas geodésicas;
- 5) Unificação da rede horizontal e vertical (isto é, vértices obrigatoriamente 3D), considerando que tanto a altitude elipsoidal ou geométrica (h) quanto a altitude normal (H^N) integram a componente altimétrica dos vértices da RRCM;
- 6) Diversos tipos de materialização aceitos para os vértices “principais e de apoio” ao invés de materialização somente com marco de concreto ou pino metálico para toda a RRCM;
- 7) Padronização da nomenclatura dos vértices da RRCM de forma similar à adotada pelo INCRA no georreferenciamento de imóveis rurais, considerando o código do município no IBGE e o tipo de vértice da RRCM (“S” – Superior, “P” – Principal, “A” – Apoio);
- 8) Atualização dos métodos de levantamento com a inclusão dos métodos de estação-livre,

- alinhamento, nivelamento trigonométrico, nivelamento por satélites GNSS (absoluto e relativo) e exclusão de métodos atualmente em desuso como triangulação e trilateração;
- 9) Definição de valores de precisão posicional absoluta para os vértices da RRCM, ao invés de valores somente de tolerância para erros de fechamento ou de precisão relativa.

Considerações adicionais sobre alguns destes pontos se fazem necessárias. Por exemplo, em Florianópolis/SC, cerca de 17 vértices superiores são suficientes para atender a densidade de 1 a cada 50 km². Se a densidade requerida fosse de 1 a cada 3 km², esse número saltaria para cerca de 270, inviabilizando a implantação da RRCM em termos de custo-benefício.

Em função de sua extensão, municípios como Altamira/PA e outros deveriam possuir dezenas de PTL diferentes; enquanto que em função do seu desnível, municípios em regiões de relevo acidentado como serras deveriam possuir diversos PTL diferentes. Ao se adotar uma projeção cartográfica conforme, não há esse tipo de restrição, bastando aplicar o padrão de deformação linear das distâncias (“fator K_r ”) para devida correção (ver FRANÇA, 2015).

Além disto, um vértice da RRCM não precisa ser materializado por marco de concreto ou pino metálico para apresentar estabilidade e durabilidade, até mesmo um furo devidamente identificável com croqui de amarração em sua monografia pode cumprir essa função. Aqui, cabe destacar também o exemplo da prefeitura de Campinas/SP, com áreas livres de obstruções para visadas com estação-total ou rastreamento GNSS no entorno do vértice “PMC08” (Figura 1). Nesta situação, o muro foi construído com possibilidade de abertura por meio de janelas ou “comportas” quando da utilização do vértice da RRCM com estação-total ou receptor GNSS.

Figura 1 – Exemplo de vértice da RRCM do município de Campinas/SP.



Fonte: <https://marcosgeodesicos.campinas.sp.gov.br/>

A inclusão de métodos como estação-livre, alinhamento e nivelamento por satélites GNSS é um avanço considerando a realidade nacional. Por exemplo, o método da estação-livre foi realizado pela primeira vez por W. Snellius por volta de 1.615 em local onde atualmente se situam os Países Baixos, mas quatro séculos depois, sequer está previsto no manual técnico para georreferenciamento de imóveis rurais no Brasil (ver INCRA, 2022). Ressalta-se que a estação-livre é um dos métodos mais utilizados para levantamentos em países com tradição em cadastro territorial como Alemanha, Áustria e Suíça (HASENACK, 2013).

Sobre a precisão posicional absoluta dos vértices da RRCM, o limiar de 50 mm para a componente horizontal está em concordância com o limiar de 80 mm para os vértices de divisa de parcelas ou imóveis urbanos conforme a NBR17047/2022, ou seja, há um alinhamento do ponto de vista técnico-operacional entre ambas normas técnicas. Além disso, precisões posicionais horizontais e verticais são definidas separadamente, em consonância com o princípio que o cadastro territorial deve se estruturar em parcelas 2D (ARAÚJO et al., 2020).

3 ALGUMAS RECOMENDAÇÕES PARA A EXECUÇÃO TÉCNICA DA NORMA

Nesta seção apresentamos algumas recomendações para a adequada execução técnica da norma, considerando aspectos que não estão explicitamente contemplados na mesma, além do fato que muitos destes aspectos não são do conhecimento de grande parte dos profissionais.

3.1 Nivelamento altimétrico

No caso do nivelamento geométrico, os procedimentos relativos ao levantamento de campo estão menos especificados do que no caso do posicionamento GNSS ou de métodos com estação-total. Desta forma, recomenda-se consultar as especificações contidas em IBGE (2018) com as devidas adequações, por exemplo, não é necessário utilizar nível com precisão nominal melhor do que 0,4 mm por km de duplo nivelamento.

Visando maior celeridade neste método notoriamente menos produtivo, pode-se utilizar trena a laser para verificar a equidistância entre as visadas a ré e a vante. Além disso, pode-se utilizar “sapatas” específicas para realizar o duplo nivelamento no mesmo lance (Figura 2).

Figura 2 – Exemplo de sapata com diferentes alturas para duplo nivelamento.



Fonte: <https://www.a1surveyequipment.net>

No caso do nivelamento trigonométrico com estação-total, deve-se considerar a correção da curvatura terrestre, pois os desníveis obtidos não devem ser em relação ao plano topográfico horizontal da estação. Esta correção pode ser feita no próprio *software* interno do equipamento.

No caso do nivelamento por GNSS pelo método relativo, ressalta-se que pode ser aplicado mesmo que o ponto base esteja “destruído”, pois não é necessária a ocupação do mesmo, apenas os valores das suas coordenadas geodésicas e altitude normal com as respectivas precisões. Esta é uma vantagem em relação aos demais métodos de nivelamento.

Por fim, no caso do nivelamento geométrico, recomenda-se utilizar a precisão nominal do equipamento referente a leitura na mira ao invés do km de duplo nivelamento, pois a precisão (desvio-padrão) do desnível depende das distâncias de visada (SURACI, 2018, pp. 48-51).

Por exemplo, se for realizado 1 km de nivelamento com 20 leituras de 50 m (10 lances de 100 m), com nível com precisão na leitura da mira de 0,02 mm/m, a precisão do desnível

será: $\sqrt{\sum_{i=1}^{20} (0,02 \cdot 50)^2} = 4,5 \text{ mm}$. Entretanto, se o mesmo 1 km de nivelamento for realizado

com 50 leituras de 20 m (25 lances de 40 m) com o mesmo equipamento, a precisão do desnível

será: $\sqrt{\sum_{i=1}^{50} (0,02 \cdot 20)^2} = 2,8 \text{ mm}$. Mais detalhes podem ser obtidos em Suraci (2018).

3.2 Estação-total

Os procedimentos de campo estão bem especificados para os métodos com estação-total. Ressalta-se que os valores de tolerância independem da precisão nominal do equipamento, o que é um acerto da norma, pois a tolerância depende da finalidade do serviço e não do equipamento utilizado. Ressalta-se ainda que o bastão do prisma refletor deve estar apoiado em bipé ou tripé, ou seja, para implantação de RRCM, não se aplicam as novas tecnologias atualmente disponíveis para medição com bastão inclinado e sensor de compensação vertical.

Entretanto, em termos de processamento dos dados, algumas considerações se fazem necessárias. Por exemplo, no cálculo dos desvios-padrões das distâncias e dos ângulos, é fundamental a consideração do erro de centragem da estação total e dos prismas refletores, conforme formulário apresentado no Anexo E da NBR13133/2021.

No controle de qualidade das poligonais, duas estratégias são aceitas: erros de fechamento angular e linear dentro da tolerância especificada; ou resíduos do ajustamento pelo método dos mínimos quadrados (MMQ) menores do que três vezes o desvio-padrão (“sigma”) da respectiva medição. Se o fechamento angular ou linear exceder a tolerância, deve-se remedir a poligonal.

Ressalta-se que o ajustamento pelo MMQ é muito mais flexível nesta etapa. Como os resíduos são diferentes tanto em magnitude quanto em sinal para cada medição, é possível remedir apenas o(s) ponto(s) de estação cujas medições extrapolarem a tolerância da “regra dos três sigmas”, reduzindo assim o novo trabalho de campo necessário.

Além disso, se o valor do resíduo for 20” e o desvio-padrão do ângulo for 5”, o resíduo extrapola a tolerância, pois $20'' / 5'' = 4 > 3$. Entretanto, se o desvio-padrão deste ângulo for aumentado para 7”, o mesmo resíduo passa a ser aceito, pois $20'' / 7'' = 2,9 < 3$. Portanto, dependendo dos resíduos obtidos, não serão necessárias novas medições, apenas a adequação dos desvio-padrões assumidos para as mesmas. Naturalmente, isso não se aplica para resíduos muito elevados causados por erros grosseiros, por exemplo, na ordem de minutos de arco.

3.3 Posicionamento GNSS

Os procedimentos de campo estão bem especificados para o posicionamento GNSS assim como para os métodos com estação-total. Destaca-se os critérios objetivos para verificar se o local possui condições adequadas de rastreamento. Esta análise tira a subjetividade deste tipo de escolha e pode ser adotada em outras aplicações além da implantação de RRCM.

No planejamento do melhor horário para o rastreamento GNSS, recomenda-se considerar o mapa de obstrução do local bem como mapas de atividade ionosférica da região para obtenção de resultados mais realistas. Estas informações estão disponíveis gratuitamente em diversos endereços eletrônicos como <https://www.gnssplanning.com/>, bastando selecionar local e data.

Recomenda-se ainda atenção quanto a taxa de rastreamento adotada. Quanto maior a taxa, maior a quantidade de dados e, portanto, a precisão final esperada, o que pode causar problemas na etapa de controle de qualidade posteriormente. Por exemplo, uma taxa de rastreamento de 5s não é adequada para uma sessão de rastreamento de 4h, devendo-se adotar 15s neste caso.

Se as estações ativas ou passivas do SGB estiverem muito distantes do município cuja RRCM deve ser implantada, uma possibilidade é homologar marcos do SGB no próprio município, conforme as especificações contidas em IBGE (2018).

Ressalta-se ainda que os tempos de rastreamento da NBR14166/2022 em função da extensão

do vetor estão muito mais adequados a realidade atual do posicionamento GNSS do que aqueles constantes em INCRA (2022). Por exemplo, para um vetor de 25 km, o tempo de rastreamento recomendado é 60 minutos ao invés de 120 minutos.

Outro aspecto positivo da norma é a não inclusão de métodos como o RTK (*Real Time Kinematic*) e o PPP (Posicionamento por Ponto Preciso), pois estes não permitem o ajustamento em rede de múltiplos vetores com posterior controle dos resíduos, não sendo adequados, portanto, para a implantação de RRCM, embora possuam diversas outras aplicações.

Entretanto, um ponto negativo é o nível de confiança mínimo de 95% exigido para a solução das ambiguidades, isto é, com 5% de probabilidade para “falsos positivos”. Se o nível de confiança mínimo exigido fosse 99%, a probabilidade de falsos positivos seria de 1%, ou seja, reduziria de cerca de 1 a cada 20 para cerca de 1 a cada 100. Portanto, a recomendação geral é adotar o maior nível de confiança possível para a solução das ambiguidades.

Por fim, como não está explícito na norma, recomenda-se realizar o rastreamento GNSS para implantação de RRCM com receptor instalado em tripé com base nivelante, ao invés de bastão apoiado em bipé ou tripé, visando reduzir erros de centragem e fechamento de poligonais.

4 CONSIDERAÇÕES SOBRE RIGOR CIENTIFICO VS. APLICAÇÃO PRÁTICA

Nesta seção serão abordados alguns aspectos relativos as limitações do rigor científico em aplicações práticas, muitas das vezes devido a restrições dos próprios *softwares* disponíveis. Discussões avançadas fogem do escopo deste artigo, mas podem ser obtidas na disciplina “Análise da qualidade de redes geodésicas” do Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas da UFPR, disponível gratuitamente no seguinte endereço eletrônico: https://www.youtube.com/watch?v=bmp4hgF_dvo&list=PLzgOSTFYTAkqnZH5XPLYxpm6rH54MZjX.

4.1 Nivelamento altimétrico

Na Figura 3 da NBR14166/2022 (não reproduzida aqui por restrições de divulgação), a situação apresentada no lado esquerdo é menos produtiva do que a situação apresentada no lado direito. Entretanto, em termos de controle de erros, têm-se um desnível redundante a cada dois medidos (redundância de medições de 50%); enquanto na situação do lado direito, têm-se um único desnível redundante entre cinco medidos (redundância de medições de apenas 20%).

Outro aspecto é que as altitudes normais das referências de nível (RRNN) do SGB possuem precisão centimétrica (ou decimétrica); enquanto o nivelamento geométrico fornece precisão milimétrica por vários quilômetros. Desta forma, é possível a obtenção de desníveis com qualidade milimétrica (isto é, em uma análise relativa), mas não é possível a obtenção de altitudes normais com qualidade milimétrica (isto é, na análise absoluta vinculada ao SGB).

Considere o seguinte exemplo com dados reais em Florianópolis/SC: um nivelamento geométrico com extensão de cerca de 4 km resultou em desnível com desvio-padrão de 9 mm. Considerando o desvio-padrão de 27 mm da altitude normal da RN de partida do SGB (9303V), o desvio-padrão da altitude normal do ponto nivelado resulta em: $\sqrt{27^2 + 9^2} = 28 \text{ mm}$. Portanto, o desvio-padrão do nivelamento geométrico praticamente não contribui com o desvio-padrão do ponto nivelado, dado o desvio-padrão muito maior do próprio RN de partida do SGB.

Além disso, é possível que o novo ponto possua melhor desvio-padrão que os próprios

pontos de referência, dependendo da redundância (número de medições) do ajustamento, bem como do desvio-padrão destas medições. Considere hipoteticamente que no exemplo anterior o ponto foi nivelado por três RRNN distintos, todos com mesmo desvio-padrão de 27 mm e todos desníveis com mesmo desvio-padrão de 9 mm, resultando em três altitudes diferentes para o ponto nivelado com desvio-padrão de 28 mm cada. Pela propagação de erros no ajustamento pelo MMQ (ver KLEIN, 2012), o desvio-padrão da altitude média resulta em: $28 \text{ mm}/\sqrt{3} = 16,2 \text{ mm}$, ou seja, um valor menor que o desvio-padrão dos RRNN de partida.

Por fim, uma fonte de erro sistemático somente parcialmente reduzida no nivelamento geométrico ou trigonométrico é a refração atmosférica. Devido a variações complexas como do gradiente vertical de temperatura em relação ao solo, seu efeito pode atingir magnitude milimétrica ou até mesmo centimétrica caso não seja devidamente considerado na técnica de medição ou processamento dos dados. Infelizmente, poucos estudos no Brasil são conduzidos neste sentido, como por exemplo Wiggers et al. (2020). Devido a importância e qualidade posicional dos vértices da RRCM, recomenda-se atenção a este erro sistemático, mesmo que este não esteja explicitamente abordado na NBR14166/2022.

4.2 Estação-total

A NBR14166/2022 estabelece algumas recomendações e/ou restrições quanto a distribuição espacial dos pontos em poligonais e estações-livres, novamente de forma assertiva. Por exemplo, no caso da estação-livre pela transformação de Helmert, a distância do ponto de estação ao centroide dos pontos de apoio deve ser a menor possível, independente desta se situar dentro ou fora do polígono formado pelos pontos de apoio (ver LIMA, 2020).

Poucas recomendações adicionais se fazem necessárias neste sentido, por exemplo, deve-se evitar um ponto de apoio muito mais distante ao ponto de estação do que os demais, para que essa distância não exerça grande influência na determinação do fator de escala do modelo.

Ressalta-se que no posicionamento GNSS essas restrições de distribuição espacial não se fazem necessárias, pois as distâncias aos satélites, da ordem de 20.000 km, são muito maiores que as distâncias entre os receptores. A “qualidade geométrica” do posicionamento GNSS é refletida nos valores de DOP (*Dilution of Precision*, ver, por exemplo, MONICO, 2008).

Um aspecto negativo da NBR14166/2022 é considerar somente os desvios-padrões das coordenadas e não as respectivas elipses de erros dos pontos, pois as covariâncias exercem papel importante na qualidade posicional destes. Além disso, não podemos associar de forma direta o nível de confiança esperado pela distribuição normal de $\approx 68\%$ para os desvios-padrões das coordenadas, pois este depende ainda dos graus de liberdade, isso é, do número de observações redundantes do ajustamento (ver KLEIN, 2014). De qualquer forma, desconhece-se *software* comercial nacional atento a estas questões, sendo mais um exemplo de abstenção do rigor teórico visando a imediata aplicação prática, pois a norma não especifica nenhum nível de confiança para as coordenadas dos vértices que compõem a RRCM.

Por fim, uma fonte de erro sistemático negligenciada pelos *softwares* no posicionamento geodésico horizontal com estação-total é o desvio da vertical. França et al. (2021) mostram que no Brasil este efeito pode atingir até 45 mm por km na componente horizontal. Como não é permitido o transporte de altitudes elipsoidais (h) com estação-total ou nível, esta fonte de erro é evitada na componente vertical, mas o profissional deve estar atento a possíveis problemas no fechamento de poligonais dependendo dos valores de desvio da vertical da região da RRCM.

4.3 Posicionamento GNSS

No caso do posicionamento GNSS, a limitação entre a dimensão máxima e mínima dos vetores da rede é muito rigorosa. Há relação entre extensão do vetor e precisão deste, mas muitas vezes vetores menores apresentam pior precisão e vice-versa em função da complexidade de erros envolvidos. Uma sugestão para atualizações futuras da NBR14166 seria considerar tolerâncias entre o desvio-padrão máximo e mínimo para os vetores da rede GNSS.

Além disto, no controle de qualidade, o mais adequado seria aplicar o teste “*Data Snooping*” fazendo uso da matriz de covariância dos resíduos (ver KLEIN, 2012), ao invés da “regra dos três sigmas” considerando somente os desvios-padrões individuais das observações, mas esta matriz de covariância não é fornecida pelos *softwares* comerciais em geral.

Outra limitação dos *softwares* em geral é que estes não permitem alterar os desvios-padrões das componentes 3D de um único vetor em específico, somente de todos os vetores da rede por meio do “*fator de variância a priori*”. Desta forma, se uma componente de um único vetor exceder a tolerância (exemplo: resíduo de 8 mm com desvio-padrão de 2 mm e tolerância de $2 \cdot 3 = 6$ mm), o mesmo deve ser excluído da rede, pois não é possível alterar os desvios-padrões de suas componentes 3D sem alterar de todos os demais vetores da rede.

Este problema é particularmente crítico no posicionamento GNSS, pois sabe-se que os *softwares* em geral fornecem desvios-padrões “otimistas” ou “superestimados” (MONICO, 2008, pp. 259), e, quanto menor o desvio-padrão (“sigma”) de referência, menor a tolerância para o respectivo resíduo pela “regra dos três sigmas”.

Por fim, a norma exige que os pontos de controle permaneçam fixos no ajustamento, porém, que seus desvios-padrões sejam devidamente propagados para os pontos ajustados. Na prática, isso deve resultar em dois ajustamentos distintos no *software* utilizado: um considerando os pontos de controle “fixos” como injunções absolutas para obtenção das coordenadas dos pontos da rede; enquanto outro considerando os pontos de controle “ponderados” como injunções relativas para obtenção dos desvios-padrões dos pontos da rede. Mais detalhes sobre injunções podem ser obtidos em Klein (2012) e Gemael et al. (2015).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesta contribuição, destacamos diversos aspectos positivos e negativos da nova versão da NBR14166/2022, com a devida contextualização em cada tópico abordado. De forma geral, boa parte dos aspectos negativos é devido a limitação dos *softwares* comerciais atualmente disponíveis, especialmente no ajustamento pelo MMQ com análise dos resíduos das observações e adequada propagação de erros (variâncias e covariâncias) aos pontos ajustados.

Desta forma, destacamos a importância de os desenvolvedores atualizarem os *softwares* de processamento de dados de GNSS, estação-total e nível, visando atender as exigências de uma RRCM, e, portanto, buscando um diferencial no mercado. Com a devida atualização dos *softwares*, pode-se aprimorar futuras versões da referida norma, resultando, deste modo, no crescimento conjunto da comunidade nacional voltada a Agrimensura como um todo.

Quanto ao papel dos municípios, destaca-se a busca pelo cadastro territorial visando atender as novas demandas da legislação, evitando eventuais sanções pela falta de georreferenciamento adequado das parcelas cadastrais. Neste contexto, é fundamental a implantação, densificação e manutenção de RRCM conforme estipulado na NBR14166/2022.

Ressalta-se que uma RRCM traz inúmeros benefícios e redução de custos aos municípios, pois possui diversas aplicações na construção civil (locação e controle de obras como terraplanagem, túneis, pontes, dutos, edificações e loteamentos); em serviços de agrimensura (definição e demarcação de limites legais, retificações de imóveis, parcelamento do solo, desmembramentos, remembramentos e usucapião); no cadastro territorial multifinalitário (cadastro fiscal, físico, legal, ambiental, viário, urbano), dentre outras finalidades que requerem informações geoespaciais (georreferenciadas) com qualidade posicional ao nível centimétrico.

Além disto, o posicionamento GNSS possui limitações em áreas urbanas devido a erros de multicaminho, obstruções e perdas de sinais (ver MONICO, 2008). Desta forma, a RRCM se faz necessária para apoio a levantamentos georreferenciados com estação-total, uma vez que estes instrumentos medem essencialmente distâncias e direções mas necessitam de pontos com posições (coordenadas) georreferenciadas conhecidas. Logo, enquanto houver demanda por levantamentos georreferenciados com estação-total, haverá necessidade da RRCM.

Destaca-se ainda que para o cadastro territorial municipal ser exitoso, é fundamental a qualidade e padronização dos serviços realizados, e, portanto, é imprescindível a observância de normas técnicas modernas e em consonância como a NBR14166/2022 e a NBR17047/2022.

Por fim, cabe incentivar a busca contínua pelo aperfeiçoamento e atualização por parte dos profissionais, tanto do ponto de vista teórico quanto prático. Em nosso entendimento, não apenas a RRCM, mas a complexidade do cadastro territorial como um todo requer profissionais com diferentes níveis de formação e especialidades. Desta forma, os profissionais de diferentes formações não devem se ver como concorrentes, mas sim, entender as suas competências e limitações no desafio de extensão continental que é o cadastro territorial no Brasil.

Agradecimentos

O primeiro autor agradece ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq pela Bolsa de Produtividade em Pesquisa (Processo 313699/2021-6).

Referências

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 14.166: Rede de Referência Cadastral Municipal – Requisitos e procedimento**. Rio de Janeiro, 2022. 23p.

ARAÚJO, A. L. et al. Porque o Cadastro Territorial deve se estruturar com parcelas 2D. In: **Anais do COBRAC 2020**. Florianópolis, 09 a 12 de novembro, 2020.

BRASIL. **Decreto Nº 11.208, de 26 de setembro de 2022**. Dispõe sobre o Sistema Nacional de Gestão de Informações Territoriais e sobre o Cadastro Imobiliário Brasileiro e regula o compartilhamento de dados relativos a bens imóveis. Diário Oficial da União, Brasília, 27 de setembro de 2022a.

BRASIL. **Portaria Nº 3.242, de 9 de novembro de 2022**. Aprova as diretrizes para a criação, a instituição e a atualização do Cadastro Territorial Multifinalitário – CTM, nos municípios brasileiros. Diário Oficial da União, Brasília, 11 de novembro de 2022b.

FRANÇA, R. M.; KLEIN, I.; VEIGA, L. A. K. The influence of the deflection of the vertical on geodetic surveys in Brazil. **Boletim de Ciências Geodésicas**, v. 27(spe), 2021.

FRANÇA, R. M. **Uso de sistemas de projeção transversa de Mercator em obras de engenharia**. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2015.

GEMAEL, C.; MACHADO, A. M. L.; WANDRESEN, R., **Introdução ao Ajustamento de Observações: Aplicações geodésicas**. 2º Ed. Editora UFPR, Curitiba, 2015.

HASENACK, M. **A Cartografia Cadastral no Brasil**. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Especificações e Normas para Levantamentos Geodésicos associados ao Sistema Geodésico Brasileiro**. Rio de Janeiro, 2018. 62p.

INCRA. Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. **Manual Técnico para georreferenciamento de imóveis rurais**. 1º Edição, 2022. 55p.

KLEIN, I. **Proposta de um novo método para o planejamento de redes geodésicas**. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto, Porto Alegre, 2014.

KLEIN, I. **Controle de qualidade no ajustamento de observações geodésicas**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto, Porto Alegre, 2012.

LIMA, A. P. B. **Avaliação do método da estação livre para a densificação de uma rede de referência cadastral municipal**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes e Gestão Territorial, Florianópolis, 2020.

MONICO, J. F. G. **Posicionamento pelo GNSS: Descrição, fundamentos e aplicações**. 2º Ed. Editora UNESP, São Paulo, 2008.

SURACI, S. S. **Aplicação das normas L1 e L ∞ em redes altimétricas: identificação de outliers e construção do modelo estocástico**. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Cartográfica, Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, 2018.

WIGGERS, D.; FAGGION, P. L.; DA CRUZ, W. Análise do Índice de Refração Vertical no Monitoramento de Barragens: Estudo de Caso UHE Governador Jayme Canet Junior. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 43, n. 3, p. 303-312, 2020.