

APERFEIÇOAMENTO DA MEDIÇÃO CADASTRAL DE IMÓVEIS RURAIS À LUZ DA LEI 10.267 / 2001

Artur Caldas Brandão ¹

Jürgen Philips ²

Abel Vicente dos Santos Filho ³

¹ Universidade Federal da Bahia – Escola Politécnica - Laboratório de Geomensura (LABGEO) - Mestrado em Engenharia Ambiental Urbana (MEAU / UFBA) - acaldas@ufba.br

² Universidade Federal de Santa Catarina - Departamento de Engenharia Civil – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil - philips@ecv.ufsc.br

³ Universidade Federal da Bahia – Escola Politécnica - Mestrando em Engenharia Ambiental Urbana (MEAU / UFBA) - agrimensura@speedzone.com.br

RESUMO

Este trabalho discute a necessidade de se explicitar a qualidade métrica da medição cadastral como forma de aperfeiçoar a caracterização geodésica dos imóveis, à luz da Lei 10.267 / 2001. Nesse sentido, propõe a adoção do Princípio da Vizinhança no levantamento cadastral para determinar a precisão posicional, e também a qualidade métrica dos demais elementos que caracterizam geometricamente o imóvel - distâncias dos alinhamentos limites, azimutes de alinhamentos limites, ângulos entre alinhamentos limites, área superficial da parcela.

Palavras chaves: Medição cadastral, Princípio da Vizinhança, Lei 10.267 / 2001, Precisão posicional.

IMPROVEMENT OF THE CADASTRAL SURVEY IN BRAZIL CONSIDERING THE LAW 10.267 / 2001

ABSTRACT

This paper discusses the need of if explicit the metric quality of the cadastral survey as form of improving the geodesic characterization of the parcels in Brazil, considering the Law 10.267 / 2001. In that sense, it proposes the adoption of the “neighbouring accuracy” in the cadastral survey to determine the positional precision, and also the metric quality of the other elements that characterize the parcel geometrically - distances, azimuths, angles, superficial area.

Keywords: cadastral survey, neighbouring accuracy, Law 10.267 / 2001, positional precision.

1 INTRODUÇÃO

Do ponto de vista geodésico, a principal finalidade de um sistema cadastral consiste na caracterização espacial das parcelas territoriais. Isso é atingido com eficiência quando o sistema determina de forma inequívoca a localização e dimensões de todas as parcelas de um território. O sistema cadastral brasileiro experimenta, nas áreas rurais, um grande avanço no seu aperfeiçoamento geodésico e jurídico após a efetiva implementação da Lei 10.267 / 2001, ocorrida no final do ano de 2003 com a publicação da “Norma Técnica para Georreferenciamento de Imóveis Rurais” INCRA (2003). No aspecto geodésico esse avanço pode ser traduzido pelo estabelecimento do Cadastro Nacional de Imóveis Rurais (CNIR) com exigência da determinação das coordenadas dos pontos que definem os limites dos imóveis, bem como de suas respectivas precisões posicionais, cujos valores devem ser melhores que +/- 0,50m.

No entanto, conforme discutido por Brandão (2003), a caracterização geodésica de uma parcela territorial não se restringe somente às precisões posicionais, sendo necessário também a determinação da qualidade métrica dos demais elementos que caracterizam geometricamente a parcela - distâncias

dos alinhamentos limites, azimutes de alinhamentos limites, ângulos entre alinhamentos limites, área da parcela. Este artigo aponta a necessidade de se determinar tais parâmetros de qualidade métrica de parcelas territoriais como forma de aperfeiçoar a medição cadastral de imóveis rurais no âmbito da Lei 10.267 / 2001. Propõe-se que a caracterização espacial da parcela territorial seja estabelecida a partir da determinação das coordenadas dos pontos que definem suas extremas (linhas de limites), obtidas através de um levantamento cadastral com base no Princípio da Vizinhança das medições geodésicas, considerando a tolerância posicional especificada.

2 PRINCÍPIO DA VIZINHANÇA NA MEDIÇÃO CADASTRAL

O Princípio da Vizinhança é uma regra da geodésia definida na NBR 13.133 (ABNT, 1994) como sendo aquela em “que cada ponto novo determinado deve ser amarrado ou relacionado a todos os pontos já determinados, para que haja uma otimização da distribuição dos erros”. Geralmente essa regra não é utilizada nas medições de pontos de detalhes, mas apenas nos pontos da rede de referência. A aplicação do Princípio da Vizinhança nas medições de pontos de detalhes é uma garantia de qualidade desses levantamentos. Na medição cadastral, o Princípio da Vizinhança é aplicado quando toda extrema (linha de limites) das parcelas territoriais forem medidas de forma a ser possível a determinação da precisão posicional dos pontos que definem cada extrema.

O Princípio da Vizinhança aplicado na medição cadastral garante a consistência e a homogeneidade desse levantamento. A consistência do levantamento cadastral ocorre quando pontos comuns a duas ou mais parcelas apresentam o mesmo valor de posição. A homogeneidade do levantamento cadastral ocorre quando as posições dos pontos de limites de parcelas são determinadas com um valor de precisão posicional dentro de um limite especificado estatisticamente de modo a garantir que a tolerância posicional pré-definida seja atingida. Sua principal vantagem consiste na determinação das incertezas das posições dos pontos que podem ser confrontados e confirmados.

Os elementos representativos do Princípio da Vizinhança de um levantamento são os parâmetros estatísticos de avaliação da qualidade posicional dos pontos. Esses parâmetros são derivados da matriz variância-covariância (MVC) das coordenadas ajustadas do levantamento. Neste trabalho adotou-se a precisão posicional como indicador estatístico do Princípio da Vizinhança. A precisão posicional consiste na incerteza da posição de um ponto do levantamento e pode ser representada sob forma de uma elipse de confiança. Isso facilita o processo interativo de pré-análise e otimização do levantamento.

No Brasil, normalmente o Princípio da Vizinhança não é adotado nas medições de pontos de detalhes do levantamento, mas apenas, e em alguns casos, nas redes de referência. As normas de levantamentos geodésicos / topográficos no Brasil não fazem exigências sobre a determinação de valores de precisão posicional dos pontos de detalhes através de um indicador estatístico (ABNT, 1994; ABNT, 1998; ABNT, 2001, INCRA, 2003, ITESP, 1998). Geralmente, quando se referem a pontos de detalhes, essas normas estabelecem apenas padrões de qualidade métrica para a observação / medida direta. No entanto, exigir alta precisão da grandeza observada não é uma garantia de se obter alta precisão nos resultados finais.

No âmbito do cadastro, para se aplicar o Princípio da Vizinhança que também é chamado de precisão de vizinhança do termo em inglês “neighbouring accuracy”, o levantamento deve ser conduzido considerando as seguintes necessidades:

- a) medições cadastrais com repetição das observações para possibilitar a determinação da precisão de cada elemento medido em campo.
- b) medições cadastrais com observações de controle, ou seja, cada ponto de detalhe (limite de parcela) deve ser medido, pelo menos por duas formas distinta.
- c) ajustamento conjunto entre os pontos da rede de referência e os pontos de detalhes (pontos que definem limites de parcelas), incluindo as medições de controle.

O ajustamento cadastral do conjunto dos pontos de referência e dos pontos de limites de parcelas é necessário para homogeneizar os resultados do levantamento. O ajustamento tem por objetivos estimar um valor único para cada um dos parâmetros do problema mediante a aplicação de modelos matemáticos adequados e do método dos mínimos quadrados (MMQ), bem como estimar a precisão de tais parâmetros e a eventual correlação entre elas (Gemael, 1994). O MMQ é o método de ajustamento mais usado para o processamento de observações geodésicas, e garante uma padronização no processamento dos dados do levantamento cadastral. Com o MMQ, evita-se a utilização de critérios não recomendados nos levantamentos cadastrais, como por exemplo, a adoção de parâmetros globais de qualidade do levantamento, ou mesmo um valor para a qualidade posicional estimada ou nominal em função do método ou equipamento usado no levantamento.

3 INDICADORES DA PRECISÃO POSICIONAL

No processo de medição, a precisão posicional dos pontos de um levantamento é obtida a partir da matriz variância co-variância (MVC) dos parâmetros ajustados considerando uma determinada probabilidade ou nível de confiabilidade. A MVC dos parâmetros ajustados consiste numa matriz do tipo:

$$\Sigma_{X_a} = \begin{bmatrix} \sigma_{X_1}^2 & \sigma_{X_1Y_1} & \sigma_{X_1X_2} & \sigma_{X_1Y_2} & \dots & \sigma_{X_1X_n} & \sigma_{X_1Y_n} \\ \sigma_{X_1Y_1} & \sigma_{Y_1}^2 & \sigma_{Y_1X_2} & \sigma_{Y_1Y_2} & \dots & \sigma_{Y_1X_n} & \sigma_{Y_1Y_n} \\ \sigma_{X_1X_2} & \sigma_{Y_1X_2} & \sigma_{X_2}^2 & \sigma_{X_2Y_2} & \dots & \sigma_{X_2X_n} & \sigma_{X_2Y_n} \\ \sigma_{X_1Y_2} & \sigma_{Y_1Y_2} & \sigma_{X_2Y_2} & \sigma_{Y_2}^2 & \dots & \sigma_{Y_2X_n} & \sigma_{Y_2Y_n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \sigma_{X_1X_n} & \sigma_{Y_1X_n} & \sigma_{X_2X_n} & \sigma_{Y_2X_n} & \dots & \sigma_{X_n}^2 & \sigma_{X_nY_n} \\ \sigma_{X_1Y_n} & \sigma_{Y_1Y_n} & \sigma_{X_2Y_n} & \sigma_{Y_2Y_n} & \dots & \sigma_{X_nY_n} & \sigma_{Y_n}^2 \end{bmatrix} \quad (1)$$

onde,

Σ_{X_a} : matriz variância co-variância (MVC) dos parâmetros ajustados

$\sigma_{x_i}^2$: variância da coordenada x de um ponto i.

$\sigma_{y_i}^2$: variância da coordenada y de um ponto i.

$\sigma_{x_iy_i}$, $\sigma_{x_jy_j}$, $\sigma_{x_iy_j}$, $\sigma_{x_jy_i}$, $\sigma_{x_ix_j}$, $\sigma_{y_iy_j}$: covariâncias

A variância de um valor de coordenada ou de uma observação é uma medida estatística da confiabilidade desse valor. A covariância é uma medida de dependência estatística entre dois valores. No âmbito da geodésia, a covariância pode estar relacionada a duas observações ou a um par de valores de coordenadas (X e/ou Y) pertencentes a um ou dois pontos. A covariância é nula quando as componentes relacionadas são estatisticamente independentes, sem que a recíproca seja necessariamente verdadeira. Quando a covariância for igual a 1, significa correlação perfeita. Normalmente, em um ajustamento de um levantamento usando o mesmo conjunto de observações, as componentes estão correlacionadas.

A precisão de uma observação ou de uma coordenada, pode ser indicada: pela sua variância σ^2 , pelo seu desvio-padrão $\sigma = +\sqrt{\sigma^2}$, ou em termos mais geodésicos pelo erro médio quadrático (mean square error) $m = \sqrt{\sigma^2}$ com o duplo sinal.

Demonstra-se com base na função de distribuição de probabilidade da curva normal, que o erro médio quadrático representa uma probabilidade (nível de confiabilidade) de 68,3% de que a diferença entre o valor considerado, observado ou ajustado, e seu valor estimado como verdadeiro se encontra no intervalo compreendido entre $+\sigma$ e $-\sigma$. Para aumentar o nível de confiabilidade para 95% ou 99%, usuais em geodésia, deve-se multiplicar o erro médio quadrático (m) por 1,96 ou 2,58 respectivamente.

O erro médio quadrático (m) de uma coordenada X ou Y de um ponto descreve a precisão posicional do ponto com respeito somente às direções dos eixos X e Y do sistema de referência. Geralmente deseja-se conhecer o erro médio quadrático máximos e mínimos e suas direções, que podem ser calculadas a partir de elipses de confiança (Gemael, 1994).

A precisão posicional absoluta de um ponto de um levantamento é expressa pela elipse de confiança pontual, que corresponde à elipse de erro pontual padrão considerando um determinado nível de confiabilidade. Os elementos da elipse de erro pontual padrão são:

Semi-eixo maior (a):

$$a^2 = \frac{1}{2} \left(\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + \sqrt{(\sigma_x^2 - \sigma_y^2)^2 + 4\sigma_{xy}^2} \right) \quad (2)$$

Semi-eixo menor (b):

$$b^2 = \frac{1}{2} \left(\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sqrt{(\sigma_x^2 - \sigma_y^2)^2 + 4\sigma_{xy}^2} \right) \quad (3)$$

Orientação:

$$\operatorname{tg}(2\theta) = \frac{2\sigma_{xy}}{\sigma_y^2 - \sigma_x^2} \quad (4)$$

Os semi-eixos da elipse de erro pontual padrão correspondem aos erros médios quadráticos máximos e mínimos, ou seja: $a = \sigma_{\max}$ e $b = \sigma_{\min}$. Demonstra-se com base na distribuição de qui-quadrado que a elipse de erro pontual padrão representa uma região na qual se tem uma probabilidade de 39% de conter a posição estimada do ponto considerado como verdadeira. Para se elevar o nível de confiabilidade para 95% ou 99%, usuais em geodésia, os semi-eixos a e b devem ser multiplicados por 2,45 e 3,03 respectivamente (Gemael, 1994).

A precisão posicional relativa entre pontos de um levantamento é expressa pela elipse de confiança relativa, que corresponde à elipse de erro relativa padrão considerando um determinado nível de confiabilidade. Os elementos da elipse de erro relativa padrão são:

Semi-eixo maior (a)

$$a^2 = \frac{1}{2} \left(\sigma_{\Delta x}^2 + \sigma_{\Delta y}^2 + \sqrt{(\sigma_{\Delta x}^2 - \sigma_{\Delta y}^2)^2 + 4\sigma_{\Delta x \Delta y}^2} \right) \quad (5)$$

Semi-eixo menor (b)

$$b^2 = \frac{1}{2} \left(\sigma_{\Delta x}^2 + \sigma_{\Delta y}^2 - \sqrt{(\sigma_{\Delta x}^2 - \sigma_{\Delta y}^2)^2 + 4\sigma_{\Delta x \Delta y}^2} \right) \quad (6)$$

Orientação:

$$\operatorname{tg}(2\theta) = \frac{2\sigma_{\Delta x \Delta y}}{\sigma_{\Delta y}^2 - \sigma_{\Delta x}^2} \quad (7)$$

sendo:

$$\sigma_{\Delta x}^2 = \sigma_{x_j}^2 + \sigma_{x_i}^2 - 2\sigma_{x_i x_j}$$

$$\sigma_{\Delta y}^2 = \sigma_{y_j}^2 + \sigma_{y_i}^2 - 2\sigma_{y_i y_j}$$

$$\sigma_{\Delta x \Delta y} = \sigma_{x_j y_j} - \sigma_{x_j y_i} - \sigma_{x_i y_j} + \sigma_{x_i y_i}$$

De forma análoga à elipse pontual, a elipse de erro relativa padrão corresponde à probabilidade de 39%. Para elevar o nível de confiabilidade para 95% ou 99%, deve-se multiplicar os semi-eixos por 2,45 ou 3,03.

4 QUALIDADE MÉTRICA DAS LINHAS DE LIMITES DE PARCELAS

Além dos indicadores de precisão posicional apresentados no item 3, a matriz variância co-variância (MVC) dos parâmetros ajustados (Σ_{X_a}) possibilita também o cálculo dos indicadores de precisão relacionadas a quantidades derivadas das coordenadas ajustadas de um levantamento, conforme discutido em Brandão (2003). Com isso, pode-se determinar o erro médio quadrático correspondente à distância entre dois pontos, ao azimute de um alinhamento, à direção qualquer entre dois pontos, ao ângulo entre três pontos, e à área de um polígono fechado.

O indicador estatístico da qualidade métrica de uma quantidade derivada das coordenadas ajustadas é o correspondente erro médio quadrático (m_F), obtido da propagação dos erros decorrentes da precisão posicional dos pontos que definem os limites de parcelas e da configuração geométrica dos pontos considerados.

$$m_F = \sqrt{\Sigma_F} \quad (8)$$

onde,

m_F : erro médio quadrático do elementos geométrico da parcela territorial

Σ_F : matriz variância do elemento considerado que consiste num escalar.

A qualidade métrica ou precisão de quantidades determinadas a partir de funções (F) das coordenadas ajustadas é obtida da lei geral de propagação de erros (ou lei de propagação de variâncias) dada pela expressão (Gemael, 1994):

$$\Sigma_F = A \Sigma_{X_a} A^T \quad (9)$$

onde,

A : matriz das derivadas parciais da função (F) considerada em relação aos parâmetros $(X_i, Y_i), i = 1, \dots, n$

Σ_{X_a} : matriz variância co-variância das coordenadas ajustadas

A matriz A tem a forma geral:

$$A = \begin{bmatrix} \frac{\partial F}{\partial X_1} & \frac{\partial F}{\partial Y_1} & \frac{\partial F}{\partial X_2} & \frac{\partial F}{\partial Y_2} & \dots & \frac{\partial F}{\partial X_n} & \frac{\partial F}{\partial Y_n} \end{bmatrix} \quad (10)$$

No modelo funcional do ajustamento paramétrico por variação de coordenadas, cada observação (medição) do levantamento corresponde uma equação de observação, com diferentes aspectos de acordo com a natureza da grandeza observada. Assim, num mesmo ajustamento de um levantamento cadastral podem ocorrer equações relativas a distâncias, direcções, ângulos e azimutes. Cada equação de observação possui como incógnitas as correções das coordenadas aproximadas dos pontos envolvidos e as discrepâncias entre os valores observados e calculados a partir das coordenadas aproximadas de cada grandeza observada. As equações de observações de um levantamento cadastral são não lineares, o que torna necessário linearizá-las por série de Taylor que apresenta a forma geral:

$$v = \frac{\partial l}{\partial X_1} dX_1 + \frac{\partial l}{\partial Y_1} dY_1 + \dots + \frac{\partial l}{\partial X_k} dX_k + \frac{\partial l}{\partial Y_k} dY_k + l_b - l_0 \quad (11)$$

Então, para a formação da matriz A as derivadas parciais de cada uma das funções (F) são obtidas das expressões apresentadas a seguir.

4.1 EQUAÇÃO DE OBSERVAÇÃO DE DISTÂNCIA

A distância entre os pontos i e j – dois pontos envolvidos, pode ser expressa por:

$$s_{ij} = \sqrt{(X_j - X_i)^2 + (Y_j - Y_i)^2} \quad (12)$$

o que corresponde a equação de observação de distância, linearizada por Taylor:

$$v_s = \frac{X_j - X_i}{s} dX_j + \frac{Y_j - Y_i}{s} dY_j - \frac{X_j - X_i}{s} dX_i - \frac{Y_j - Y_i}{s} dY_i + s_b - s_0 \quad (13)$$

4.2 EQUAÇÃO DE OBSERVAÇÃO DE AZIMUTE

O azimute entre os pontos i e j – dois pontos envolvidos, pode ser expresso por:

$$\alpha = \arctan \frac{Y_j - Y_i}{X_j - X_i} \quad (14)$$

o que corresponde a equação de observação de azimute, linearizada por Taylor:

$$v_\alpha = \frac{X_j - X_i}{s^2} dY_j - \frac{Y_j - Y_i}{s^2} dX_j - \frac{X_j - X_i}{s^2} dY_i + \frac{Y_j - Y_i}{s^2} dX_i + \alpha_b - \alpha_0 \quad (15)$$

4.3 EQUAÇÃO DE OBSERVAÇÃO DE UMA DIREÇÃO QUALQUER

A direção do alinhamento formado pelos pontos i e j – dois pontos envolvidos, pode ser expressa por:

$$\delta = \alpha - \omega = \arctan \frac{Y_j - Y_i}{X_j - X_i} - \omega \quad (16)$$

onde,

ω : é o ângulo de orientação da leitura 0 (zero) do círculo horizontal, sendo um parâmetro a mais para cada grupo de direções.

o que corresponde a equação de observação de direção, linearizada por Taylor:

$$v_\delta = \frac{X_j - X_i}{s^2} dY_j - \frac{Y_j - Y_i}{s^2} dX_j - \frac{X_j - X_i}{s^2} dY_i + \frac{Y_j - Y_i}{s^2} dX_i - d\omega + \delta_b - \delta_0 \quad (17)$$

4.4 EQUAÇÃO DE OBSERVAÇÃO DE UM ÂNGULO

O ângulo formado por dois alinhamentos ij e ik com vértice em i - envolve 3 vértices i , j e k , pode ser expresso por:

$$\beta = \alpha_j - \alpha_k = \arctan \frac{Y_j - Y_i}{X_j - X_i} - \arctan \frac{Y_k - Y_i}{X_k - X_i} \quad (18)$$

o que corresponde a equação de observação de ângulo, linearizada por Taylor:

$$v_\beta = \frac{X_j - X_i}{s_j^2} dY_j - \frac{Y_j - Y_i}{s_j^2} dX_j - \frac{X_k - X_i}{s_k^2} dY_k + \frac{Y_k - Y_i}{s_k^2} dX_k + \left(\frac{X_k - X_i}{s_k^2} - \frac{X_j - X_i}{s_j^2} \right) dY_i - \left(\frac{Y_k - Y_i}{s_k^2} - \frac{Y_j - Y_i}{s_j^2} \right) dX_i + \beta_b - \beta_0 \quad (19)$$

4.5 CÁLCULO DA ÁREA SUPERFICIAL

Com relação ao cálculo da área superficial, Brandão et all (2004) apresenta um aplicativo que determina também a qualidade métrica correspondente (erro médio quadrático da área) O cálculo da área superficial (S) de uma parcela territorial definida pelas coordenadas cartesianas $(X_i, Y_i), i = 1, \dots, n$ dos pontos de limites do polígono correspondente, é dada pela fórmula de Gauss:

$$S = \frac{1}{2} \left(\sum_{i=1}^n Y_i X_{i+1} - \sum_{i=1}^n X_i Y_{i+1} \right) \quad (20)$$

sendo n a quantidade de vértices do polígono e o vértice $i+1=n$ coincidente com o vértice $i=1$, e as derivadas parciais da função de área S em relação aos parâmetros $(X_i, Y_i), i = 1, \dots, n$:

$$\frac{\partial S}{\partial X_i} = \frac{1}{2} (Y_{i-1} - Y_{i+1}) \quad (21)$$

$$\frac{\partial S}{\partial Y_i} = \frac{1}{2} (X_{i+1} - X_{i-1}) \quad (22)$$

5 CONCLUSÃO

A exigência de uma precisão posicional para as medições georreferenciadas dos imóveis rurais na Lei 10.267 / 2001 possibilitou uma grande discussão nacional a respeito da qualidade métrica do sistema cadastral brasileiro. Este trabalho, baseado na tese de doutorado de Brandão (2003) aponta a necessidade de se explicitar a qualidade métrica da medição cadastral. Nesse sentido, propõe a adoção do Princípio da Vizinhança no levantamento cadastral. Como consequência, adota-se matriz variância co-variância (MVC) das coordenadas ajustadas como referência estatística para o cálculo da precisão posicional, e também para a determinação da qualidade métrica dos demais elementos que caracterizam geometricamente o imóvel - distâncias dos alinhamentos limites, azimutes de alinhamentos limites, ângulos entre alinhamentos limites, área da parcela.

À luz da Lei 10.267 / 2001 e do Decreto 4.449 / 2002, a determinação de tais quantidades e sua incorporação ao memorial descritivo da medição cadastral, possibilita um aperfeiçoamento técnico de inestimável valor ao Cadastro Nacional de Imóveis Rurais (CNIR) e ao Registro Imobiliário. Verifica-se, no entanto que a “Norma Técnica para Georreferenciamento de Imóveis Rurais” INCRA (2003) não reconhece a necessidade de se determinar as referidas quantidades de precisão métrica dos elementos geométricos na medição cadastral. A referida Norma recomenda, mas não exige o ajustamento das medições cadastrais. Ou seja, não se exige a aplicação do Princípio da Vizinhança. Assim, como recomendação deste trabalho, propõe-se que tais exigências sejam incorporadas nas medições cadastrais. No levantamento cadastral a exigência de qualidade é duplamente necessária, uma vez que o cadastro envolve o aspecto técnico da medição e o aspecto jurídico da determinação dos limites legais das parcelas territoriais. Portanto, a aplicação do Princípio da Vizinhança no levantamento cadastral deve ser uma obrigatoriedade.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT, *NBR 13133 - Execução de Levantamento Topográfico*. 1994.

ABNT, *NBR 14166 - Rede de Referência Cadastral Municipal – Procedimentos*. 1998.

ABNT, *NBR 14645-1 – Elaboração do “como construído” (as built) para edificações – Parte 1: Levantamento planialtimétrico e cadastral de imóveis urbanizado com área de até 25000 m², para fins de estudos, projetos e edificação. Procedimentos*. 2001.

BRANDÃO, Artur Caldas. *O Princípio da Vizinhança Geodésica no Levantamento Cadastral de Parcelas Territoriais*. Tese de Doutorado (no prelo). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2003.

BRANDÃO, Artur Caldas, FONTES, Luiz Carlos A de A, SANTOS FILHO, Abel Vicente, PHILIPS, Jürgen. *Qualidade métrica da área superficial de parcelas territoriais*. In: COBRAC 2004 – Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário. Florianópolis, out. 2004. (no prelo)

BRASIL. *Lei 3071*, de 1º de janeiro de 1916. Institui o Código Civil Brasileiro. Disponível em: <www.planalto.gov.br/CCIVIL/Leis/L3071.htm>. Acesso em: 26/03/2000.

BRASIL. *Lei 6015*, de 31 de dezembro de 1973. Dispõe sobre os Registros Públicos. Disponível em: <www.senado.gov.br/legbra/brssorry2.html>. Acesso em: 26/03/2000.

BRASIL. *Lei 10.267*, de 28 de agosto de 2001. Altera dispositivos das Leis nos 4.947, de 6 de abril de 1966, 5.868, de 12 de dezembro de 1972, 6.015, de 31 de dezembro de 1973, 6.739, de 5 de dezembro de 1979, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e dá outras providências.

BRASIL, *Decreto 4.449 de 30 de outubro de 2002*. Regulamenta a Lei 10.267 de 28/08/2001.

CARNEIRO, Andrea Flávia Tenório. *Cadastro Imobiliário e Registro de Imóveis*. SAFEeditor. Coleção IRIB em Debate. Porto Alegre, 2003.

GEMAEL, Camil. *Introdução ao Ajustamento de Observações – Aplicações Geodésicas*. Editora UFPR. Curitiba, 1994. 319p.

INCRA. *Norma Técnica para Georreferenciamento de Imóveis Rurais*. 1ª Ed. Ministério do Desenvolvimento Agrário – Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. Nov, 2003.

ITESP. *Terra e Cidadãos: Aspectos da Regularização Fundiária no Estado de São Paulo*. n.4 . São Paulo: ITESP, 1998. 128p. Série Cadernos ITESP

PHILIPS, Jürgen. *Fé Pública para as Coordenadas do Cadastro de Bens Imobiliários!*. IX Congresso Nacional de Engenharia de Agrimensura e Congresso Brasileiro de Cartografia. Anais. Porto Alegre, 2001.

WOLF, Paul R., GHILANI, Charles D. *Adjustment Computations – Statistics and Least Squares in Surveying and GIS*. John Wiley & Sons. 1997