

CARACTERIZAÇÃO DE ESTREMAS NO ESPAÇO GEOMÉTRICO: FUNDAMENTOS JURÍDICOS E GEODÉSICOS

Carlito Vieira de Moraes

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

SEPN 507, Bloco "B"
Ed. Sede CNPq
70750-901 Brasília, DF Brasil
carlito@swissinfo.org

RESUMO

O objetivo deste trabalho é analisar sucintamente os fundamentos jurídicos e geodésicos da caracterização de extremas no espaço geométrico. Dos fundamentos jurídicos analisa-se o princípio da especialidade do registro imobiliário. A este princípio, além dos aspectos estritamente jurídicos, é também requisito à individualização obrigatória do prédio os dados geográficos que determinam univocamente o espaço terrestre por ele ocupado. Dos fundamentos geodésicos são agrupados os sistemas de coordenadas geodésicas para as mensurações terrestres, dentre os quais se destacam o sistema de coordenadas polares astronômicas topocêntricas no qual as observações geodésicas são obtidas mediante os instrumentos de mensuração (e.g., os taquímetros) e o sistema de coordenadas polares elipsóidicas por ser o procedimento pelo qual os limites fundiários dos prédios são descritos. Desenvolve-se o procedimento matemático que calcula a superfície de polígonos quaisquer sobre o elipsóide em função das coordenadas geográficas elipsóidicas. As medidas de qualidade de rede geodésica são agrupadas. Propõem-se uma estrutura atualizada à matrícula imobiliária, em que as quantidades geodésicas e estatísticas interpretadoras do princípio da especialidade são contempladas, e complementos à norma jurídica pertinente, i.e., ao art. 225 da Lei n. 6015/1973 (Lei de Registros Públicos). Apóia-se na tese segundo a qual a concepção aprimorada do modelo geodésico para a caracterização de extremas no espaço geométrico, de modo que resulte limites fundiários *de iure* o mais próximo dos limites fundiários *de facto*, requerendo a intersecção dos princípios contidos no Direito Imobiliário com os princípios contidos na Geodésia.

ABSTRACT

The purpose of this study is to analyse succinctly the juridical and geodetic concepts of the characterization of corners in geometric space. From the juridical basis, the speciality principle of the real (*praedial*) property right is analysed. This principle embraces both juridical aspects strictly and requisite for the obligatory individualization of real property by means of geographic data that determine having one meaning only the terrestrial space which by he himself occupied. From the geodetic basis, the systems of coordinates for the terrestrial geodetic measurements are synthetized. Two distinct systems are selected as appropriate models. The first is the polar astronomical topocentric system of coordinates in which are collected the geodetic observations by means of measuring instruments (e.g., tachymeter). The second is the polar ellipsoidal system of coordinates in which are described boundaries. The mathematical method to determine the surface of the any polygons on the ellipsoid as function of the ellipsoidal geographic coordinates is presented. The quality measures of geodetic networks are listed. A refined structure for the real property registration in which geodetic and statistic quantities are necessary for the speciality principle interpretation and the complements for the pertinent juridical norm, i.e., the article 225 of the Brazilian federal Law n. 6015/1973 (*Lei de Registros Públicos*) are proposed. It is supported in the thesis that the refined conception of the geodetic model for the characterization of corners in the geometric space so that the boundaries *de iure* place approximately the boundaries *de facto* must be the intersection between the principles contained in the real (*praedial*) property right and principles contained in the Geodesy.

Palavras-chave: extremas, caracterização de extremas, princípio da especialidade, matrícula imobiliária, coordenadas polares elipsóidicas, coordenadas geográficas elipsóidicas, área de polígonos quaisquer no elipsóide, medidas de qualidade de rede geodésica, art. 225 da Lei n. 6015/1973 (Lei de Registros Públicos).

1. INTRODUÇÃO

O vocábulo estrema provém do latim *extremus* que possui a acepção de situado no fim, de canto e de extremidade. Nos Estados Unidos da América, o vocábulo é *corner* que significa um ponto de mudança da direção do limite da propriedade imóvel (BROWN et al., 1995, p. 267).

A origem da delimitação de prédio (do latim *praedium* ≡ *fundus*, que designa toda espécie de bens de raiz ou de bens imóveis) por estrema surgiu no Egito, na metade do século dezesseis antes da era cristã, onde se empregavam os monumentos de pedra (BENGEL e SIMMERDING, 2000, p. 216). Neste contexto são usuais os vocábulos prédios, imóveis, bens imóveis, ou bens de raiz, os quais podem ser reconhecidos pela denominação de terras.

Na atualidade, o tema estrema com a metodologia de sua caracterização é importante porque se constitui em um dos suportes do Direito Imobiliário, parte da essência do princípio da especialidade do registro público de imóveis concernente à individualização obrigatória de propriedade fundiária, pois a certeza dos limites físicos do prédio é dependente do conteúdo do título de domínio no qual se assentou as quantidades geodésicas e estatísticas, com as quais se caracterizaram as estrema; por isso a linha na superfície física terrestre (SFT) definida por estrema é o ente geométrico comum, enquanto objeto de definição, entre o Direito Imobiliário e a Geodésia.

O ponto de divisa materializado por sinal de demarcação que tem a função de mostrar ao detentor do domínio os limites de seu prédio chama-se estrema. Cada prédio enquanto domínio tem o memorial da caracterização de estrema em sua matrícula imobiliária. Na linguagem jurídica, o vocábulo domínio significa “a propriedade ou o direito de propriedade sobre *bens imóveis*” (SILVA, 2000, p. 289).

Nos trabalhos de perícia judicial em terras, e.g., na ação demarcatória (*actio finium regundorum*), na ação divisória (*actio communi dividundo*) e na ação discriminatória, agrimensores e arbitradores recorrem à Geodésia, a fim de que lhe forneça as medidas da SFT, as quais instruem estas ações. A função do agrimensor (latim *Ager + mensor*; *ager* ≡ grego $\alpha\gamma\rho\omicron\zeta$ = parcela de terras marcada por limites geográficos, e *mensor* que significa aquele que mensura) é agrimensurar (grego $\gamma\epsilon\omicron\delta\alpha\iota\tilde{\omega}$), e em norma jurídica brasileira antiga vem expressa no Decreto n. 1318/1854 que regulamentou Lei n. 601/1850 (1ª lei de terras brasileira), e em norma jurídica recente vem expressa no Capítulo VIII do Livro IV da Lei n. 5869/1973 que instituiu o Código de Processo Civil (CPC).

Na concepção jurídica, os limites fundiários segundo a espécie são os entes naturais, os entes artificiais, os limites *de iure* e os limites *de facto* (THEODORO JÚNIOR, 1999, p. 21). Os entes naturais são por suas próprias naturezas definidores de limites, e.g., rios, córregos, lagos e linhas de feito. Os entes artificiais são constituídos por linhas cujas estrema são materializadas por metodologia geodésica. Os limites *de*

iure são os que constam de títulos ou atos constitutivos e aqueles que constam de títulos ou atos declaratórios.

Títulos ou atos constitutivos são, e.g., a escritura de compra e venda e a sentença constitutiva de usucapião, e títulos ou atos declaratórios são, e.g., os julgados que partilharem imóveis ou os que demarcarem, as escrituras de partilha amigável ou de demarcação (BATALHA, 1999, p. 381). Os limites *de facto* são aqueles cujas estrema representam, no lugar determinado da SFT, o conteúdo do título.

Através do tempo, os limites têm sido caracterizados por diferentes modelos. Iniciou-se a caracterização utilizando-se somente entes naturais, depois as coordenadas de um sistema cartesiano de duas dimensões sem georreferenciação geodésica e o emprego também das coordenadas do sistema de projeção UTM (*Universal Transverse Mercator*) quando as coordenadas das estrema que compõem os limites fundiários são obtidas das cartas topográficas.

O aprimoramento da concepção do modelo geodésico para a caracterização de estrema no espaço geométrico de modo que resulte limites fundiários *de iure* o mais próximo dos limites fundiários *de facto* requer a intersecção dos princípios contidos no Direito Imobiliário com os princípios contidos na Geodésia (MORAES, 2001, p. 13, 34). Esta concepção depende de modelagem conforme mostra a Fig. 1.

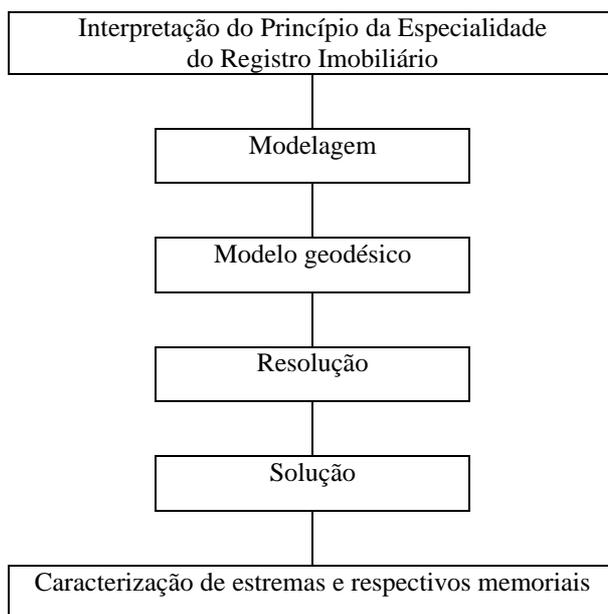


Fig. 1 – Relação entre caracterização de estrema, Direito Imobiliário e Geodésia.

Os memoriais da caracterização de estrema para o Direito Imobiliário servem como: elementos integrantes da Sentença Homologatória de Demarcação (CPC, art. 966) pela Corregedoria Geral de Justiça. Esta sentença integra o laudo do agrimensor e o laudo dos arbitradores, nos quais os limites *de iure* entre os prédios foram definidos (e.g., APIÁ. Comarca. Proc. n. 048/39, fls. 1259 e 1260).

Os arts. 959 a 966 do CPC que dão diretrizes aos trabalhos periciais do agrimensor e arbitradores e

dos quais estes peritos obtêm orientações às decisões não contemplam critérios de verificação da qualidade de levantamentos geodésicos, pois o desenvolvimento maior de tais critérios ocorreu após o ano de 1976 consoante as publicações na literatura geodésica a que os autores fazem remissão. Em contraste a isto, o art. 225 da Lei n. 6015/1973 determina que os tabeliães, escrivães e juízes façam com que nas escrituras e autos judiciais as partes indiquem, com precisão, os característicos, confrontações e a localização dos imóveis. Estes elementos a serem indicados são indispensáveis também para a ação de Registro Torrens (FALCÃO, 1995, p. 116).

A estrema tem as características que a norma jurídica atribui, e.g., a característica de ser elemento da linha que separará domínios distintos sobre imóveis distintos, mas a sua definição na SFT tem as características que a Geodésia atribui. Na Fig. 2, a estrema P_0 é caracterizada pelo par de coordenadas geográficas elipsóidicas (φ_0, λ_0) e pela altitude elipsóidica h_0 . *Strictu sensu*, o vocábulo geográficas (grego γεωγραφικὸς) concerne à descrição da Terra, e o vocábulo elipsóidicas concerne à figura elipsóide da Matemática. O uso da frase coordenadas geográficas elipsóidicas está consignada na literatura geodésica, e.g. TORGE (1991, p. 45), HECK (1995, p. 191), DIN (1995 a, p. 24), WITTE e SCHMIDT (2000, p. 19) e SCHÖDLBAUER (2000, p. 3).

Ao estabelecer um dos limites fundiários que distinguirá o domínio A do domínio B, exemplificado pela Fig. 2 em que n_0 e n_1 designam as respectivas normais ao elipsóide, são necessários dois pares (φ_0, λ_0) e (φ_1, λ_1) de coordenadas geográficas elipsóidicas para a caracterização do limite fundiário P_0P_1 .

Uma tríade de coordenadas para cada estrema pode ser constituída pela agregação das respectivas altitudes elipsóidicas h_0 e h_1 .

À caracterização de extremas no espaço geométrico em atenção ao princípio da especialidade devem ser propostos:

- a) a estrutura geral da matriz de dados que consiste de n observações em linhas e de p variáveis em colunas para a obtenção de dados das mensurações geodésicas (JOHNSON e WICHERN, 1998, p. 6);
- b) a análise de qualidade dos dados advindos do ajustamento de observações geodésicas pelo método dos mínimos quadrados, de modo que as estimativas obtidas tornem elementos integrantes da matrícula imobiliária;
- c) os conceitos de confiabilidade interna e externa de redes geodésicas;
- d) o conceito de sensibilidade de rede geodésica;
- e) o assento, na matrícula imobiliária, do nome e dos parâmetros do elipsóide de referência;
- f) a descrição dos limites fundiários por coordenadas polares elipsóidicas para a composição de parte da matrícula imobiliária (ver: seção 3.1.2 e o exemplo na seção 4.1);
- g) a superfície do prédio calculada em função das coordenadas geográficas elipsóidicas.

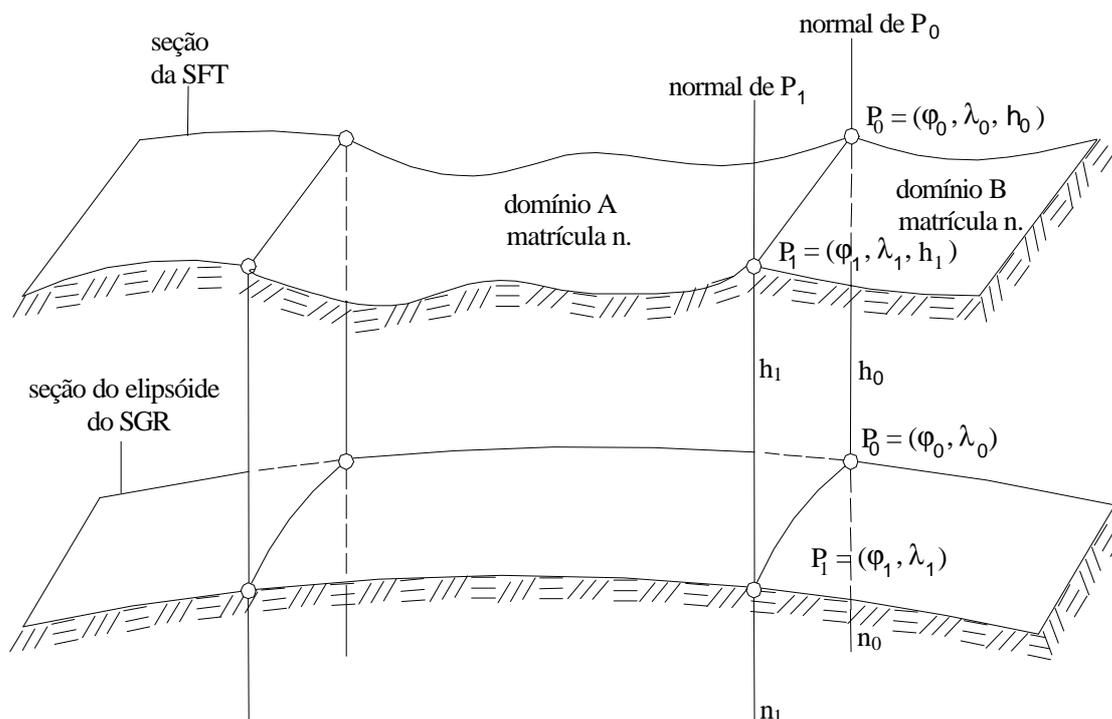


Fig. 2 – Representação de um limite fundiário dos domínios A e B.

2. REGISTRO IMOBILIÁRIO

A origem do registro imobiliário no Brasil ocorreu com o Registro Paroquial que foi instituído pelo Decreto n. 1318/1854. Seguiram-se o Registro Geral instituído pela Lei n. 1237/1864, o Registro Torrens instituído pelo Decreto n. 451-B/1890, a Lei n. 3071/1916 que instituiu o Código Civil Brasileiro (CCB) e a Lei n. 6015/1973 (Lei de Registros Públicos).

O registro imobiliário é regido por princípios que exprimem o conjunto de regras para direcionar a conduta, dentre os quais o princípio da prioridade, o princípio da especialidade, o princípio da presunção, o princípio da legalidade e o princípio da publicidade. O detalhamento destes princípios encontram-se na literatura jurídica que trata o registro (e.g., SWENSSON, 1991 e CARVALHO, 1997).

Destaque-se que o princípio da especialidade permite formar o vínculo do Direito Imobiliário à Geodésia, pois tem natureza dúplice em sua concepção. A primeira, estritamente jurídica, diz que a inscrição da propriedade imóvel no registro deve recair sobre um objeto precisamente individualizado (CARVALHO, 1997, p. 203) e que o registro imobiliário se constitui no modo de aquisição da propriedade imóvel (CCB, art. 530, I). A segunda é estritamente geodésica, porque esse princípio só pode ser concretizado pelas mensurações, a fim de que os limites geométricos de cada prédio seja tão precisamente descrito, de modo que no lugar seja encontrado (BENGEL e SIMMERDING, 2000, p. 188). A porção terrestre individualizada constitui o objeto do registro no sentido de que como a cada imóvel cabe um lugar certo na SFT, a cada imóvel cabe também um lugar certo no registro (CARVALHO, 1997, p. 27, 331).

A tarefa de interpretar este conceito e a tarefa de realizá-lo materialmente por demarcação são do agrimensor e dos arbitradores. O juízo de 1º grau nomeia um perito agrimensor e dois peritos arbitradores (CPC, art. 956). Estes peritos têm a função de identificar os limites dos imóveis, fixar o marco primordial (CPC, art. 963), fixar as demais extremas nos vértices (CPC, arts. 959 e 963), elaborar o laudo de arbitramento (CPC, art. 957), elaborar o laudo e demarcação (CPC, art. 957 § único) e protocolar esses laudos. A seguir o juízo de 1º grau determina o prazo para a manifestação dos requeridos e lavratura do auto de demarcação (CPC, art. 965) e sentença homologatória de demarcação (CPC, art. 966).

2.1 LIVROS DE REGISTRO

Para registrar os atos reconhecidos em lei sobre a propriedade imobiliária, o art. 173 da Lei n. 6015/1973 exige a existência de livros. O livro n. 2, chamado Registro Geral (Fig. 3), é aquele que contém o memorial da caracterização de extremas e entes naturais do perímetro do prédio. “O termo registro possui duas acepções: a primeira, de ofício público, em que se dá a publicidade dos direitos reais; a segunda, do ato ou

assento praticado em livro desse ofício para realizar o referido fim” (CARVALHO, 1997, p. 115).

O Livro n. 2 do Registro de Imóveis destina-se à matrícula, aos registros e às averbações. Os requisitos peculiares da matrícula são o número de ordem e a descrição do imóvel; este último requisito constitui o núcleo da matrícula (CARVALHO, 1997, p. 340) que define, que caracteriza o imóvel e que constitui a base para o registro dos atos jurídicos, dos atos judiciais e dos demais atos que concernem ao imóvel (BATALHA, 1999, p. 386). Os registros obedecem às disposições do art. 167, inciso I; as averbações às do art. 167, inciso II, e arts. 246 e 247 e a escrituração do livro 2, às do § 1º do art. 176 da Lei n. 6015/1973.

A averbação é a inserção na matrícula ou no registro de ocorrências que, por qualquer modo, os alterem, tais como a correção de erros, a complementação ou a atualização de informação (SWENSSON, 1991, p. 162). Averbam-se os limites fundiários da Reserva Florestal Legal, e também os limites fundiários das florestas e demais formas de vegetação consideradas de preservação permanente segundo os arts. 2º e 3º da Lei n. 4771/1965 (Código Florestal), cujos memoriais da caracterização de extremas devem estar à disposição do Oficial de Registro.

| | | |
|---|-------------|--|
| Livro n. 2 – Registro Geral | | Ofício de Registro de Imóveis de ... |
| Matrícula n. [] | Folha 1 [] | Data ... |
| Imóvel: (memorial da caracterização de extremas e entes naturais) | | |
| Proprietário | – | ... |
| Registro anterior | – | (título, data e Ofício de Registro de Imóveis) |
| Registro 1 | – | (data e nome do ato) |
| Averbação 2 | – | (data e nome do ato) |
| Averbação 3 | – | ... |
| Registro 4 | – | ... |
| ⋮ | ⋮ | ⋮ |

Fig. 3 – Estrutura do Livro n. 2 do Registro de Imóveis.

A descrição que abre a matrícula nem sempre é a definitiva, podendo conter retificações, mediante as averbações, de parte ou mesmo de toda a descrição (ORLANDI NETO, 1997, p. 12). Neste sentido, portanto, deverá ser entendido que as extremas de um imóvel sejam atualizadas através do tempo, considerando as evoluções da ciência que lhes sejam importante.

O art. 225 da Lei n. 6015/1973 traz a significação abrangente do princípio da especialidade do registro público de imóveis. Mister se faz que seja proposta a pormenorização do significado dos termos: característico de imóvel, confrontação de imóvel e localização de imóvel e que esta pormenorização torne conteúdo do art. mencionado, conforme se mostrará na seção 4.

3. SÍNTESE DA METODOLOGIA

A obtenção, o registro, a representação e a utilização do ente topográfico – objeto de mensuração, e.g., os entes que se inserem nas disposições do art. 167 da Lei n. 6015/1973 – exigem como sistema de ordenação um sistema de referência geodésico cuja principal característica é a univocidade de determinação que é um dos requisitos do princípio da especialidade. A realização de tal sistema exige pontos demarcados cujas coordenadas são determinadas com os dados das mensurações geodésicas e representadas em um sistema de coordenadas definido matematicamente.

3.1 SISTEMAS DE COORDENADAS

A posição de um ponto definida geodesicamente se constitui na realidade física como pontos do espaço euclidiano de três dimensões da realidade abstrata da Matemática, i.e., cada ponto é caracterizado pela tríade composta pelas coordenadas geográficas astronômicas (Φ, Λ) e a altitude ortométrica H , ou pela tríade de coordenadas cartesianas (x, y, z) , ou ainda pela tríade composta pelas coordenadas geográficas elipsóidicas (φ, λ) e a altitude elipsóidica h . As coordenadas (Φ, Λ, H) são chamadas coordenadas naturais (HEISKANEN e MORITZ, 1967, p. 55, 56), e as coordenadas (φ, λ, h) são chamadas coordenadas elipsóidicas.

O conceito posição designa o ponto do espaço de três dimensões se qualquer uma destas tríades for empregada, ou então, designa o ponto da superfície de referência se qualquer um dos pares (Φ, Λ) ou (φ, λ) for empregado.

A fim de descrever um ponto da realidade física e de estabelecer a relação geométrica entre os pontos distintos, os sistemas de coordenadas geodésicas são empregados. Os sistemas de coordenadas geodésicas são uma família de sistemas, da qual o sistema de coordenadas naturais e o sistema de coordenadas geográficas elipsóidicas são membros. Para as medições geodésicas terrestres são de significação dois grupos de sistemas de coordenadas (DIN, 1995a, p. 16-31): sistemas de coordenadas naturais e sistemas de coordenadas elipsóidicas. O primeiro compreende os sistemas definidos no espaço gravitacional terrestre, e o segundo compreende os sistemas definidos no espaço geométrico que utilizam o elipsóide de revolução.

Os sistemas de coordenadas naturais e os sistemas de coordenadas elipsóidicas podem ser subdivididos consoante os quadros 1 e 2. Cada um dos sistemas cartesianos é caracterizado pela tríade ordenada de coordenadas e de versores $\mathbf{i}, \mathbf{j}, \mathbf{k}$ das direções dos eixos coordenados. Cada tríade ordenada de coordenadas e os versores dos eixos coordenados são denotados por sinais sobrepostos, a fim de facilitar a transformação das coordenadas de um sistema nas coordenadas de outro, em virtude de os entes poderem

ser caracterizados por coordenadas de vários sistemas e se tornarem estremas definidoras de limites fundiários.

Nos quadros 1 e 2, as quantidades d, s, z, A_a, A_g e ζ são a distância medida no plano tangente ao topocentro, a geodésica do elipsóide, o ângulo zenital (referido à vertical do topocentro), o azimute astronômico, o azimute geodésico e o ângulo zenital elipsóidico, respectivamente.

3.1.1 Sistema de Coordenadas Polares Astronômicas Topocêntricas

O sistema de coordenadas polares astronômicas topocêntricas (PAT), definido em associação com o sistema de coordenadas cartesianas topocêntricas (CAT), é caracterizado pelas coordenadas polares obtidas no topocentro P_0 após a materialização da vertical (direção do vetor intensidade da gravidade \mathbf{g}) pelo instrumento de mensuração (e.g., taquímetro): a distância d , o azimute astronômico A_a e o ângulo zenital z .

O CAT, por sua vez, tem as características seguintes (PELZER, 1985, p. 495; VANÍČEK e KRAKIWSKY, 1986, p. 294; KLEIN, 1997, p. 13): coordenadas cartesianas; origem em um ponto P_0 (topocentro); eixo z^{**} coincidente com a direção vertical e positivo no sentido do zênite do topocentro; eixo x^{**} perpendicular ao eixo z^{**} e contido no plano do meridiano astronômico do ponto P_0 e positivo para o sentido do norte astronômico; eixo y^{**} perpendicular aos eixos x^{**} e z^{**} e contado positivamente para o leste astronômico; a tríade de eixos (x^{**}, y^{**}, z^{**}) forma um sistema cartesiano levogiro.

3.1.2 Sistema de Coordenadas Polares Elipsóidicas

Em analogia ao sistema de coordenadas polares matematicamente definido, é concebido o sistema de coordenadas polares elipsóidicas cuja origem para a contagem do comprimento da linha geodésica s é um ponto com as coordenadas geográficas elipsóidicas (φ, λ) conhecidas e cuja origem para a contagem do ângulo de orientação (azimute A_g) é a tangente ao meridiano passante pelo ponto.

A determinação destas coordenadas a partir de dois pontos com coordenadas geográficas elipsóidicas consiste na solução do problema inverso da Geodésia, também denominado segundo problema geodésico principal. A literatura geodésica traz uma variedade de solução deste problema, e.g., SODANO (1958, p. 16-19), SCHMIDT (1999) e SANTOS JÚNIOR (2002). As coordenadas polares d e A_a do PAT são transformadas nas correspondentes coordenadas polares elipsóidicas s e A_g pelos procedimentos de redução (e.g., VANÍČEK e KRAKIWSKY, 1986, p. 347-352; KUANG, 1996, p. 53-59; ZAKATOV, 1997, p. 431-446).

QUADRO 1 – SISTEMAS DE COORDENADAS NATURAIS E VERSORES DAS DIREÇÕES DOS EIXOS COORDENADOS

| Subdivisões dos sistemas | Abreviatura | Natureza geométrica das coordenadas | | Versores dos eixos |
|--|-------------|-------------------------------------|-----------------|--------------------------|
| | | retilínea | angular | |
| Cartesianas Geocêntricas | CG | x^*, y^*, z^* | – | i^*, j^*, k^* |
| Geográficas Astronômicas | GA | – | Φ, Λ | – |
| Cartesianas Astronômicas Topocêntricas | CAT | x^{**}, y^{**}, z^{**} | – | i^{**}, j^{**}, k^{**} |
| Polares Astronômicas Topocêntricas | PAT | d | A_a, z | – |

QUADRO 2 – SISTEMAS DE COORDENADAS ELIPSÓIDICAS E VERSORES DAS DIREÇÕES DOS EIXOS COORDENADOS

| Subdivisões dos sistemas | Abreviatura | Natureza geométrica das coordenadas | | | Versores dos eixos |
|--|-------------|-------------------------------------|--------------------|-----------|--------------------------|
| | | retilínea | angular | geodésica | |
| Cartesianas Elipsóidicas | CE | x^*, y^*, z^* | – | – | i^*, j^*, k^* |
| Geográficas Elipsóidicas | GE | h | φ, λ | – | – |
| Cartesianas Elipsóidicas Topocêntricas | CET | x^{**}, y^{**}, z^{**} | – | – | i^{**}, j^{**}, k^{**} |
| Polares Elipsóidicas | PE | – | A_g | s | – |
| Polares Elipsóidicas Topocêntricas | PET | d | A_g, ζ | – | – |

3.2 SUPERFÍCIE DE POLÍGONOS QUAISQUER SOBRE O ELIPSÓIDE

A superfície de um polígono constituído por p lados no elipsóide advém do somatório das p superfícies dos p polígonos que são formados pela linha geodésica, pelos meridianos dos pontos extremos da geodésica e pela linha do equador. Há superfícies que são excluídas, em virtude de não abrangerem o polígono objeto de cálculo.

A superfície dS do quadrilátero infinitesimal é

$$dS = (M d\varphi)(N \cos \varphi d\lambda) = \frac{a^2(1-f)^2}{(1-e^2 \sin^2 \varphi)^2} \cos \varphi d\varphi d\lambda, \quad (1)$$

em que M é o raio de curvatura da seção meridiana, N é o raio de curvatura da seção transversal, a é o semi-eixo maior, e é a excentricidade, f é o achatamento, dφ é a diferencial da latitude e dλ é a diferencial da longitude.

A integração (DANIELSEN, 1989; MORAES, 2001, p. 167-177) de (1) resulta

$$|S| = a^2(1-f)^2 \left[k_{00} \Delta\theta - (k_{20} + k_{22}c^2 + k_{24}c^4 + k_{26}c^6) \right. \\ \left. + k_{28}c^8 \right] c^2 \Delta J_1 - (k_{40} + k_{42}c^2 + k_{44}c^4 + k_{46}c^6) c^4 \Delta J_3 \\ - (k_{60} + k_{62}c^2 + k_{64}c^4) c^6 \Delta J_5 - (k_{80} + k_{82}c^2) c^8 \Delta J_7 \\ - k_{100}c^{10} \Delta J_9 \quad (2)$$

em que

$$k_{00} = 1 + \frac{2}{3}e'^2 - \frac{1}{15}e'^4 + \frac{4}{105}e'^6 - \frac{8}{315}e'^8 + \frac{64}{3465}e'^{10}, \quad (3)$$

$$k_{20} = \frac{2}{3}e'^2 - \frac{2}{15}e'^4 + \frac{4}{35}e'^6 - \frac{32}{315}e'^8 + \frac{64}{393}e'^{10}, \quad (4)$$

$$k_{22} = \frac{2}{45}e'^4 - \frac{8}{105}e'^6 + \frac{32}{315}e'^8 - \frac{256}{2079}e'^{10}, \quad (5)$$

$$k_{24} = \frac{32}{1575}e'^6 - \frac{256}{4725}e'^8 + \frac{1024}{10395}e'^{10}, \quad (6)$$

$$k_{26} = \frac{128}{11025}e'^8 - \frac{1024}{24255}e'^{10}, \quad (7)$$

$$k_{28} = \frac{8192}{1091475}e'^{10}, \quad (8)$$

$$k_{40} = \frac{1}{45}e'^4 - \frac{4}{105}e'^6 + \frac{16}{315}e'^8 - \frac{128}{2079}e'^{10}, \quad (9)$$

$$k_{42} = \frac{16}{1575}e'^6 - \frac{128}{4725}e'^8 + \frac{512}{10395}e'^{10}, \quad (10)$$

$$k_{44} = \frac{64}{11025}e'^8 - \frac{512}{24255}e'^{10}, \quad (11)$$

$$k_{46} = \frac{4096}{1091475}e'^{10}, \quad (12)$$

$$k_{60} = \frac{4}{525}e'^6 - \frac{32}{1575}e'^8 + \frac{128}{3465}e'^{10}, \quad (13)$$

$$k_{62} = \frac{16}{3675}e'^8 - \frac{128}{8085}e'^{10}, \quad (14)$$

$$k_{64} = \frac{1024}{363825}e'^{10}, \quad (15)$$

$$k_{80} = \frac{8}{2205}e'^8 - \frac{64}{4851}e'^{10}, \quad (16)$$

$$k_{82} = \frac{512}{218\,295} e'^{10}, \quad (17)$$

$$k_{100} = \frac{64}{31\,185} e'^{10}, \quad (18)$$

$$e' = \frac{e}{1-f} = \frac{\sqrt{2f-f^2}}{1-f}, \quad (19)$$

$$\Delta\theta = \theta_2 - \theta_1 = \arcsin(\sin\beta_0 \sin\omega_2) - \arcsin(\sin\beta_0 \sin\omega_1), \quad (20)$$

calculado em radianos,

$$\beta_0 = \arctan \frac{\tan \beta_1}{\cos \omega_1}, \quad (21)$$

$$\omega_1 = \arctan \left[\frac{1}{\sin \Delta\omega} \left(\cos \Delta\omega - \frac{\tan \beta_2}{\tan \beta_1} \right) \right]. \quad (22)$$

$$\beta_i = \arctan[(1-f) \tan \varphi_i], \quad i \in \{1,2\} \quad (23)$$

é a latitude reduzida nos pontos extremos da linha geodésica sob a restrição

$$|\varphi_i| \geq |\varphi_{i+1}|, \quad (24)$$

e

$$\omega_2 = \omega_1 + \Delta\omega. \quad (25)$$

A diferença angular $\Delta\omega$ pode ser calculada pelo procedimento em SODANO (1958, p. 15-18):

$$\Delta\omega = |\Delta\lambda| + x, \quad (26)$$

em que $\Delta\lambda$ é a diferença de longitude geográfica elipsóidica dada por:

$$\Delta\lambda = \lambda_2 - \lambda_1 \quad (27)$$

e a quantidade x é dada pela série de Helmert:

$$\left. \begin{aligned} x = & \frac{e^2 C}{128} [128nF + 128e^2 n^2 C^2 F - 8hF \\ & - 8h \sin F \cos F + 128e^2 n^2 P F^2 + 16e'^2 P \sin^2 F \\ & + 128e^4 n^3 C^4 F - 24e^2 n h C^2 F + 3h^2 F \\ & - 8e^2 n h C^2 \sin F \cos F + 5h^2 \sin F \cos F \\ & - 64e^4 n^3 C^2 m F^3 - 2h^2 \sin^3 F \cos F \\ & + (16e^2 e'^2 n + 448e^4 n^3) C^2 P F^2 - 16e^2 n h P F^2 \\ & + 16e^2 e'^2 n C^2 P \sin^2 F - 8e'^2 h P \sin^2 F \\ & - 16n h P F \sin F \cos F - 192e^4 n^3 C^2 P F^3 \cot F \\ & - 8e'^2 h P \sin^2 F \cos^2 F + 128e^4 n^3 P^2 F^3 \\ & + 32e^2 e'^2 n P^2 F \sin^2 F + 8e'^4 P^2 \sin^3 F \cos F] \end{aligned} \right\} \quad (28)$$

em que

$$n = \frac{e'}{e' + e}, \quad (29)$$

$$A = \sin \beta_1 \sin \beta_2, \quad (30)$$

$$B = \cos \beta_1 \cos \beta_2, \quad (31)$$

$$F = \arccos(A + B \cos \Delta\lambda), \quad (32)$$

$$C = \frac{B \sin |\Delta\lambda|}{\sin F}, \quad (33)$$

$$m = 1 - C^2, \quad (34)$$

$$h = e'^2 m, \quad (35)$$

$$P = \frac{m}{\tan F} - \frac{A}{\sin F}. \quad (36)$$

Calculados os ângulos $\theta_i, i \in \{1,2\}$, calculam-se os ΔJ_{n-1} e $c^n, n = (2,4,6,8,10)$, respectivamente por

$$\Delta J_{n-1} = \frac{\sin \theta_2}{\cos^{n-1} \theta_2} - \frac{\sin \theta_1}{\cos^{n-1} \theta_1}, \quad (37)$$

$$c^n = \cos^n \beta_0. \quad (38)$$

3.3 MEDIDAS DE QUALIDADE DE REDE GEODÉSICA

A qualidade de um ajustamento de rede geodésica é caracterizado pelas medidas de acurácia, pelas medidas de confiabilidade e pela medida de sensibilidade.

3.3.1 Medidas de Acurácia

A acurácia (latim *accuratio* que significa ação de cuidar, de refinar, de completar, de aperfeiçoar) tem sua medida dependente de dois critérios: a precisão e a correção (SCHMIDT, 1997, p. 215; WITTE e SCHMIDT, 2000, p. 156; DIN, 1995b, p. 30; DIN, 1986, p. 3). Esta medida define a região em que o valor tido como verdadeiro ou, então, o valor de referência se situa com uma probabilidade pretendida.

A matriz dos cofatores de covariância das incógnitas $\mathbf{Q}_{\hat{x}}$ – inversa da matriz de coeficientes das incógnitas das equações normais, oriunda do ajustamento de observações geodésicas pelo MMQ – descreve o comportamento estocástico do vetor das incógnitas \mathbf{x} . Esse comportamento é entendido sob o conceito de medidas de acurácia, se os erros sistemáticos conhecidos forem eliminados das observações antes de proceder ao ajustamento.

A Fig. 4 mostra o modo de a matriz $\mathbf{Q}_{\hat{x}}$ ser empregada, em que são distinguidas as medidas locais e globais de acurácia (LEONHARD e NIEMEIER, 1980, p. 488-489; DUPRAZ e NIEMEIER, 1981, p. 394; NIEMEIER, 1985a, p. 160, 171; JÄGER e BILL, 1986, p. 75-79; MARSHALL, 1989, p. 98-112).

As medidas locais de acurácia são aquelas obtidas das submatrizes da matriz $\mathbf{Q}_{\hat{x}}$; cada submatriz utilizada é a portadora da informação de acurácia das incógnitas de um ponto ou de dois pontos da rede geodésica.

As medidas globais de acurácia são aquelas obtidas da matriz $\mathbf{Q}_{\hat{x}}$ completa, a qual é a portadora das informações de acurácia da rede geodésica como um todo.

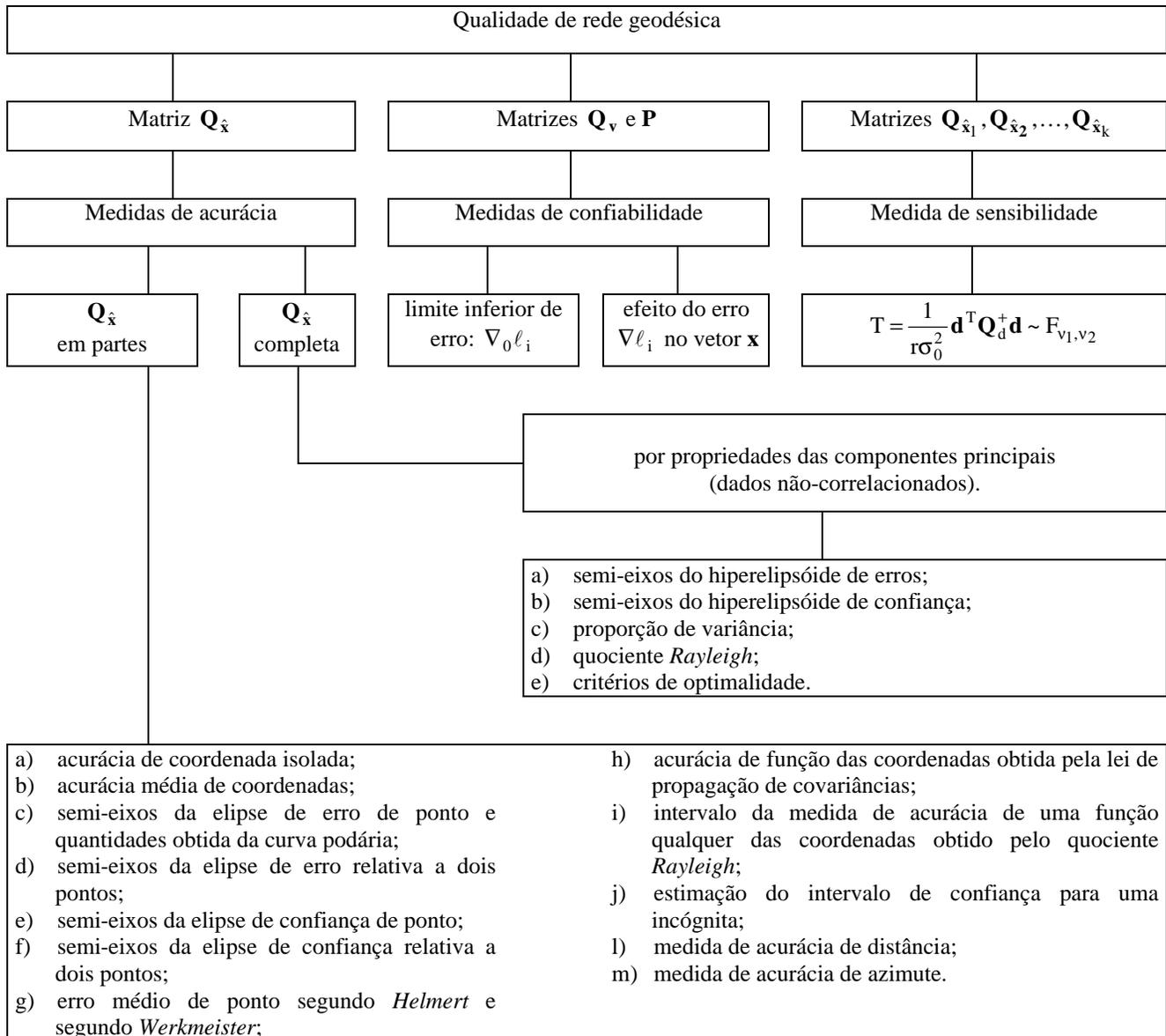


Fig. 4 – Medidas de qualidade de rede geodésica.

3.3.2 Medidas de Confiabilidade

O conceito de confiabilidade vincula a detecção dos erros grosseiros, que podem falsificar os resultados, às observações geodésicas. A teoria da confiabilidade serve para a decisão se um erro é detectável e qual influência tem o erro não-detectável nos resultados do ajustamento. Portanto é parte de um conceito para a avaliação da qualidade do resultado do ajustamento.

Os erros que não foram eliminados das observações ocasionam a alteração dos resultados, e.g., a alteração das coordenadas. Por isso são necessárias medidas que representem o quanto são confiáveis as observações. A essas medidas dá-se o nome de medidas

de confiabilidade. O conceito de medidas de confiabilidade introduzido por BAARDA (1967, 1968) se subdivide em confiabilidade interna e confiabilidade externa. A primeira quantifica a menor porção do erro ∇l_i existente na observação que pode ser localizado com uma dada probabilidade. A segunda quantifica a influência dos erros não-detectáveis nas coordenadas dos pontos. A pormenorização desta conceituação pode ser encontrada em FÖRSTNER (1979), MÜRLE e BILL (1984), MORAES (1998) e MÖSER et al. (2000a, p. 437-446; 2000b, p. 228-234).

A fim de inspecionar o modelo estocástico empregado, calcula-se a estatística

$$T = \frac{\mathbf{v}^T \mathbf{P} \mathbf{v}}{\sigma_0^2} = \frac{\hat{\sigma}_0^2}{\sigma_0^2} r \sim \chi_r^2 \quad (39)$$

para a detecção de erros grosseiros, em que r é o número de graus de liberdade do ajustamento, i.e., o número de equações superabundantes do sistema de equações normais. A variância de uma observação de peso unitário *a priori* σ_0^2 sob o nível de significância α na distribuição de probabilidades qui-quadrado (χ^2) com r graus de liberdade deve ser testada estatisticamente com a variância de uma observação de peso unitário *a posteriori* $\hat{\sigma}_0^2$.

3.3.3 Medida de Sensibilidade

A fim de determinar os deslocamentos da posição de uma estrema do terreno com procedimentos geodésicos, é necessária a discretização do terreno por um número definido de pontos cujo conjunto é designado por rede. A rede é medida em momentos distintos. A análise geodésica dos deslocamentos baseia-se na avaliação das medidas repetidas. Se houver deslocamento real da estrema entre duas épocas significará a existência de mudança na geometria da rede e, por conseguinte, a variação da posição dos pontos.

O objetivo da análise de deslocamentos é detectar variações nas posições dos pontos, as quais se situam na ordem de grandeza da acurácia das observações.

Para as redes geodésicas de controle deve ser examinado se o movimento de pontos são detectáveis. Neste sentido define-se sensibilidade de rede geodésica como a habilidade para detectar deslocamentos com probabilidades dadas a partir de observações em duas épocas (NIEMEIER e HOLLMANN, 1984, p. 47). Para cada época são calculados o vetor das incógnitas das coordenadas \mathbf{x} e a respectiva matriz de cofatores de covariância das incógnitas $\mathbf{Q}_{\hat{\mathbf{x}}}$. Sejam as épocas denominadas 1 e 2, das quais se obtém os respectivos vetores $\hat{\mathbf{x}}_1$ e $\hat{\mathbf{x}}_2$ das incógnitas coordenadas e as respectivas matrizes de cofatores de covariância $\mathbf{Q}_{\hat{\mathbf{x}}_1}$ e $\mathbf{Q}_{\hat{\mathbf{x}}_2}$. A decisão sobre deslocamentos significativos de ponto entre as duas épocas requer a formulação das hipóteses nula e alternativa:

$$H_0 : E\{\mathbf{d}\} = 0, \quad (40)$$

$$H_A : E\{\mathbf{d}\} \neq 0, \quad (41)$$

nas quais o vetor

$$\mathbf{d} = \hat{\mathbf{x}}_2 - \hat{\mathbf{x}}_1 \quad (42)$$

é chamado vetor deslocamento.

A matriz de cofatores de covariância do vetor \mathbf{d} , considerando que os vetores $\hat{\mathbf{x}}_1$ e $\hat{\mathbf{x}}_2$ das incógnitas são não-correlacionados, é expressa por:

$$\mathbf{Q}_d = \mathbf{Q}_{\hat{\mathbf{x}}_1} + \mathbf{Q}_{\hat{\mathbf{x}}_2}. \quad (43)$$

A estatística empregada para avaliar as hipóteses formuladas na (40) e (41) tem a expressão (NIEMEIER, 1985b, p. 549):

$$T = \frac{1}{r\hat{\sigma}_0^2} \mathbf{d}^T \mathbf{Q}_d^+ \mathbf{d} \sim F_{v_1, v_2}, \quad (44)$$

em que o sinal algébrico $+$ indica a inversa generalizada de Moore-Penrose. Esta estatística segue a distribuição F com v_1 e v_2 graus de liberdade.

4. PROPOSIÇÃO: INTRODUÇÃO DE QUANTIDADES GEODÉSICAS E ESTATÍSTICAS NA MATRÍCULA

Os sistemas de coordenadas destinados à caracterização de estremas devem pertencer também à família de sistemas de coordenadas geodésicas. As coordenadas de estrema que definem o limite fundiário resulta do modelo matemático no qual o vetor médio amostral $\bar{\ell}$ das observações ℓ_{ij}

$$\bar{\ell}^T = [\bar{\ell}_1 \quad \bar{\ell}_2 \quad \dots \quad \bar{\ell}_j \quad \dots \quad \bar{\ell}_p], \quad j \in \{1, 2, \dots, p\}, \quad (45)$$

que advém da matriz de dados

$$\mathbf{L} = [\ell_{ij}]_{n \times p} = \begin{bmatrix} \ell_{11} & \ell_{12} & \dots & \ell_{1j} & \dots & \ell_{1p} \\ \ell_{21} & \ell_{22} & \dots & \ell_{2j} & \dots & \ell_{2p} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & \vdots & \vdots \\ \ell_{i1} & \ell_{i2} & \dots & \ell_{ij} & \dots & \ell_{ip} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \ell_{n1} & \ell_{n2} & \dots & \ell_{nj} & \dots & \ell_{np} \end{bmatrix} \quad (46)$$

e a respectiva matriz covariância

$$\mathbf{S} = [s_{ij}]_{p \times p} = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [(\ell_i - \bar{\ell})(\ell_i - \bar{\ell})^T] \quad (47)$$

em que $\ell_i, i \in \{1, 2, \dots, n\}$, é a i -ésima linha da matriz \mathbf{L} são as quantidades de entrada. Na (46), cada valor numérico ℓ_{ij} é a realização da j -ésima variável aleatória para resultar o seu valor médio $\bar{\ell}_j$ da (45).

Do ajustamento das observações geodésicas pelo MMQ resulta a matriz covariância dos parâmetros $\mathbf{K}_{\hat{\mathbf{x}}}$ e a matriz covariância dos resíduos \mathbf{K}_v . Com os elementos da matriz $\mathbf{K}_{\hat{\mathbf{x}}}$, as coordenadas podem ser escritas com suas respectivas acurácias bem como os azimutes mediante a lei de propagação de covariâncias. A controlabilidade das observações será possível com a aplicação do teste *data snooping* de Baarda e para isto são necessários a matriz covariância dos resíduos, a matriz dos pesos das observações, o nível de significância α e a potência do teste, denotada pelo símbolo $1 - \beta$.

O art. 225 da Lei n. 6015/1973 traz a significação abrangente do princípio da especialidade. As pormenorizações dos termos: característico de imóvel, confrontação de imóvel e localização de imóvel lá

contidos devem considerar os conceitos e procedimentos da Geodésia, por meio da agregação de parágrafos a este artigo. Esta pormenorização assim concebida ao art. 225 da Lei n. 6015/1973 serviria de referência a todos os outros dispositivos de norma jurídica de mesma natureza.

A seguir é proposta a pormenorização mediante o acréscimo de parágrafos.

Art. 225. (...).

§ 1º (...).

§ 2º (...).

§ 3º (introduzido pela Lei n. 10 267/2001).

§ 4º São requisitos da localização de imóvel as estremas com coordenadas geográficas elipsóidicas latitude (φ) e longitude (λ), podendo ainda formar uma tríade com a altitude elipsóidica (h), referidas ao Sistema Geodésico Brasileiro (SGB) e os dados de toponímia das Cartas do Mapeamento Sistemático se os limites forem entes naturais.

§ 5º São requisitos da confrontação de imóvel o número da matrícula do imóvel, o nome do Ofício de Registro de Imóveis e o nome da Comarca, devendo só na ausência do número considerar o nome do imóvel e o nome do confrontante, e se entes naturais formarem confrontação, empregar-se-ão os dados de toponímia das Cartas do Mapeamento Sistemático.

§ 6º O memorial da caracterização de estremas interpreta o princípio da especialidade do registro de imóveis e consiste da estrutura seguinte:

I – Caracterização das estremas do imóvel no Sistema Geodésico Brasileiro (SGB), contendo:

1. os parâmetros do elipsóide: semi-eixo maior (a) e achatamento (f);

2. a denominação do imóvel;

3. a estrema que inicia o perímetro em coordenadas geográficas elipsóidicas latitude (φ) e longitude (λ), podendo ainda ser incorporada a altitude elipsóidica (h);

4. a descrição do perímetro por coordenadas polares elipsóidicas formando uma tríade com a inclusão do nome da estrema, de modo que permita a recuperação do vetor de coordenadas geográficas elipsóidicas;

5. a descrição do perímetro de superfícies excluídas do registro;

6. a disponibilização dos memoriais da caracterização de estremas dos limites fundiários que delimitam a reserva florestal legal, e também os limites fundiários que delimitam as florestas e demais formas de vegetação consideradas de preservação permanente segundo os arts. 2º e 3º da lei n. 4771/1965 (Código Florestal) ao Oficial de Registro para as averbações;

7. superfície remanescente do imóvel calculada como função matemática das coordenadas geográficas elipsóidicas, i.e., $S = f(\varphi, \lambda)$ ou $S = f(\varphi, \lambda, h)$.

II – Dados complementares para a interpretação do princípio da especialidade concernente à individualização obrigatória do imóvel, os quais compreendem:

1. dados instrumentais: as medidas de acurácia interna nominais, i.e., o desvio padrão de medida de ângulo e desvio padrão de medida linear, o cálculo do desvio padrão de uma observação segundo a NBR 13133 em ABNT (1994, p. 33-35) e a DIN 18723: Teil 3 em DIN (1990) e a calibração por meio de seu certificado;

2. estimativas das mensurações geodésicas: o vetor médio amostral e a matriz covariância amostral;

3. estimativas do ajustamento das observações geodésicas pelo do método dos mínimos quadrados (MMQ) para a identificação, a renovação e a aviventação de estremas: variância de uma observação de peso unitário *a priori*, variância de uma observação de peso unitário *a posteriori*, vech (operador matemático que transforma uma matriz simétrica em um vetor) da matriz dos cofatores de covariância das coordenadas, vech da matriz dos cofatores de covariância dos resíduos, matriz diagonal das redundâncias parciais, nível de significância, qualidade ou poder do teste e parâmetro de não-centralidade da distribuição normal.

4.1 EXEMPLO NUMÉRICO

Sejam as coordenadas geográficas elipsóidicas das estremas da Parcela 1 do Parcelamento da Gleba Pó de Serra, elaborado pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA), as quais foram obtidas de INCRA (1998a, 1998b) e estão escritas no quadro 3.

As coordenadas polares elipsóidicas s e A_g são calculadas aqui pelas fórmulas de SODANO (1958, p. 16-19):

$$s = a(1-f) \left[\begin{array}{c} \left(\begin{array}{c} 64F + 16hF + 16h\sin F \cos F \\ -32e'^2 P \sin^2 F - 3h^2 F \\ -5h^2 \sin F \cos F \\ + 2h^2 \sin^3 F \cos F + 8e'^2 h P \sin^2 F \\ + 8e'^2 h P \sin^2 F \cos^2 F \\ - 8e'^4 P^2 \sin^3 F \cos F \end{array} \right) \\ + \frac{1}{2} (2C + hC - e'^2 CPF)_x + \frac{1}{2} P_x^2 \end{array} \right] \quad (48)$$

O azimute depende do cálculo do rumo R:

$$\cot R_{12} = \left[\begin{array}{c} U_1 - \frac{U_2 \cos \beta_1}{\sin \Delta \lambda \cos \beta_2} x \\ + \left(\frac{U_1}{2 \sin^2 \Delta \lambda} + \frac{U_2 \cos \Delta \lambda \cos \beta_1}{2 \sin^2 \Delta \lambda \cos \beta_2} \right) x^2 \end{array} \right] \quad (49)$$

em que

$$U_1 = \frac{\tan \beta_2 \cos \beta_1 - \cos \Delta \lambda \sin \beta_1}{\sin \Delta \lambda} \quad (50)$$

e

$$U_2 = \frac{\sin \beta_2 \cos \Delta \lambda - \cos \beta_2 \tan \beta_1}{\sin \Delta \lambda} \quad (51)$$

QUADRO 3 – COORDENADAS DE ESTREMAS DA PARCELA 1 COM O CÁLCULO DAS COORDENADAS POLARES ELIPSÓIDICAS DE CADA LIMITE FUNDIÁRIO

| Designação da estrema | Coordenadas geográficas elipsóidicas | | Geodésica s [m] | Azimute geodésico A_g | Confrontante |
|-----------------------|--------------------------------------|---------------------|-----------------|-------------------------|-----------------------|
| | Latitude φ | Longitude λ | | | |
| M27 | - 23 43'39,9880" | - 50 58'42,3100" | 182,129 | 180 59'29,1" | Parcela 5 |
| M28 | - 23 43'45,9038" | - 50 58'42,4212" | | | |
| M28 | - 23 43'45,9038" | - 50 58'42,4212" | 169,712 | 181 18'00,6" | Parcela 6 |
| M29 | - 23 43'51,4203" | - 50 58'42,5572" | | | |
| M29 | - 23 43'51,4203" | - 50 58'42,5572" | 152,910 | 180 44'54,8" | Parcela 7 |
| M15 | - 23 43'56,3949" | - 50 58'42,6278" | | | |
| M15 | - 23 43'56,3949" | - 50 58'42,6278" | 109,669 | 297 30'24,6" | Rio Águas da Serraria |
| 24B | - 23 43'54,7453" | - 50 58'46,0689" | | | |
| 24B | - 23 43'54,7453" | - 50 58'46,0689" | 196,519 | 338 54'20,1" | |
| 24A | - 23 43'48,7842" | - 50 58'48,5667" | | | |
| 24A | - 23 43'48,7842" | - 50 58'48,5667" | 138,684 | 312 44'00,1" | |
| 25A | - 23 43'45,7138" | - 50 58'52,1767" | | | |
| 25A | - 23 43'45,7138" | - 50 58'52,1767" | 187,242 | 311 58'50,8" | |
| M16 | - 23 43'41,6426" | - 50 58'57,0913" | | | |
| M16 | - 23 43'41,6426" | - 50 58'57,0913" | 421,810 | 83 04'06,1" | Parcela 2 |
| M27 | - 23 43'39,9880" | - 50 58'42,3100" | | | |

Parâmetros do elipsóide adotado pelo SGB: $a = 6\,378\,160\text{ m}$ e $f = 1/298,25$

O quadrante em que se situa R depende do sinal algébrico, abreviado sgn , de $\Delta\lambda$ e do sinal da função trigonométrica \cot na (49) segundo o quadro 4.

QUADRO 4 – QUADRANTES E AZIMUTES

| $\text{sgn}(\Delta\lambda)$ | | | |
|-----------------------------|-----------------|--------------------|------------------|
| + | | - | |
| $\text{sgn}(\cot)$ | | $\text{sgn}(\cot)$ | |
| + | - | + | - |
| I | II | III | IV |
| $A_g = R$ | $A_g = R + \pi$ | $A_g = R + \pi$ | $A_g = R + 2\pi$ |

A fórmula

$$A_g = \pi \left[1 - \frac{1}{2} \text{sgn}(\Delta\lambda) - \frac{1}{2} \text{sgn}^2(\Delta\lambda) \text{sgn}(\cot) \right] + \text{arc cot } R_{12} \quad (52)$$

fornece o azimute em radianos sem a preocupação com o quadrante. O sinal algébrico de $\Delta\lambda$ pode ser expresso pela função

$$\text{sgn}(\Delta\lambda) = \frac{\Delta\lambda}{|\Delta\lambda|} \quad (53)$$

Aplicando a (2), obtêm-se os resultados no quadro 5; o sinal algébrico negativo indica a superfície que não abrange a parcela. Esta superfície é subtraída da soma daquelas indicadas com o sinal algébrico positivo.

QUADRO 5 – SUPERFÍCIE DA PARCELA 1

| Linha sob a restrição $ \varphi_i \geq \varphi_{i+1} $ | Integração $ S $ | sinal |
|---|------------------|-------|
| M28 – M27 | 8 806 469,1 | + |
| M29 – M28 | 10 770 656,8 | + |
| M15 – M29 | 5 592 543,6 | + |
| M15 – 24B | 272 529 935,5 | + |
| 24B – 24A | 197 813 728,1 | + |
| 24A – 25A | 285 880 261,8 | + |
| 25A – M16 | 389 177 785,9 | + |
| M16 – M27 | 1 170 465 848,9 | - |
| $S = f(\varphi, \lambda) = 105\,531,9\text{ m}^2 = 10,553\,2\text{ ha}$ | | |

A seguinte disposição das quantidades geodésicas e estatísticas na matrícula imobiliária é proposta.

| | | |
|--|----------------|--|
| LIVRO N. 2 – REGISTRO GERAL | | (...)º OFÍCIO DE REGISTRO DE IMÓVEIS DE ... |
| Matrícula (número) | Folha 1 | Data ... |
| <p>I – CARACTERIZAÇÃO DAS ESTREMAS DO IMÓVEL NO SISTEMA GEODÉSICO BRASILEIRO (SGB) Parâmetros do elipsóide: semi-eixo maior $a = 6\,378\,160\text{m}$; achatamento $f = 1/298,25$. Denominação do imóvel: Parcela 1. Estrema que inicia o perímetro em coordenadas geográficas elipsóidicas: M27 = $(-23\ 43'39,988\ 0''; -50\ 58'42,310\ 0'')$. Descrição do perímetro por coordenadas polares elipsóidicas (azimute e comprimento de limite fundiário): Da estrema M27 segue confrontando com a Parcela 5 com a tríade constituída pelas coordenadas polares elipsóidicas (azimute e comprimento de limite fundiário) e nome de estrema: $(180\ 59'29,1''; 182,129\text{m}; \mathbf{M28})$. Da estrema M28 segue confrontando com a Parcela 6 com a tríade $(181\ 18'00,6''; 169,712\text{m}; \mathbf{M29})$. Da estrema M29 segue confrontando com a Parcela 7 com a tríade $(180\ 44'54,8''; 152,910\text{m}; \mathbf{M15})$. Da estrema M15 segue confrontando com o Rio Águas da Serraria com as seguintes tríades: $(297\ 30'24,6''; 109,669\text{m}; \mathbf{24B})$; $(338\ 54'20,1''; 196,519\text{m}; \mathbf{24A})$; $(312\ 44'00,1''; 138,684\text{m}; \mathbf{25A})$; $(311\ 58'50,8''; 187,242\text{m}; \mathbf{M16})$. Da estrema M16 segue confrontando com a Parcela 2 com a tríade $(83\ 04'06,1''; 421,810\text{m}; \mathbf{M27})$. Superfície da parcela: $S = f(\varphi, \lambda) = 10,553\ 2\text{ha}$.</p> <p>II – DADOS COMPLEMENTARES PARA A INTERPRETAÇÃO DO PRINCÍPIO DA ESPECIALIDADE (...)</p> <p>Proprietário: ... Registro anterior: ... Registro 1 – ... Averbação 2 – ... Averbação 3 – ... Registro 4 – ... : : : :</p> | | |

Fig. 5 – Matrícula imobiliária com quantidades geodésicas e estatísticas para o Livro n. 2 do Registro de Imóveis.

5. CONCLUSÃO

A interpretação do art. 225 da Lei n. 6015/1973 nos memoriais da caracterização de estremas consiste no emprego das quantidades geodésicas e estatísticas segundo o modelo da Fig. 5 que pormenoriza o princípio da especialidade do Registro de Imóveis, no que concerne à individualização (sem imbricação significativa que as estimativas das quantidades estatísticas tem a função de indicar) do prédio na SFT por meio de seus limites.

Estes memoriais, se estiverem na matrícula imobiliária, tornarão as primitivas que fornecerão orientações segura aos peritos nas diligências exigidas, e.g., na ação demarcatória (*actio finium regundorum*), na ação divisória (*actio communi dividundo*) e na ação discriminatória. Uma diligência exigida é a aviventação *in loco* dos limites *de facto* que correspondem aos limites que constam dos títulos de domínio (limites *de iure*). Esta diligência tornará facilitada na medida em que os memoriais sejam elaborados com dados geodésicos e estatísticos.

A perícia geodésica é exigida judicialmente, pois a sentença de procedência da demarcação – ato da 1ª fase do procedimento demarcatório – tem de determinar o traçado da linha de demarcação. A falta desta diligência acarreta a nulidade da sentença. Na 2ª fase, as estremas são fixadas, os memoriais da caracterização de estremas e da caracterização de entes naturais são mantidos se o referido princípio foi atendido com rigor; caso contrário, tais memoriais são novamente gerados. Estes memoriais integram a sentença homologatória de demarcação que, por sua vez, é registrável no Registro de Imóveis.

As diretrizes metodológicas são propostas para constar da norma jurídica que trata o Registro de Imóveis; por isso, ficou proposto na seção 4 o acréscimo dos parágrafos 4º (requisitos da localização de imóvel), 5º (requisitos da confrontação) e 6º (define o objetivo do memorial da caracterização de estremas e lhe dá uma estrutura) ao art. 225 da Lei n. 6015/1973.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT. (1994). **NBR 13133**: Execução de levantamento topográfico – procedimento. Rio de Janeiro: ABNT.
- APIAÍ. Comarca. **Ação Discriminatória do 51º Perímetro de Apiaí**. Proc. n. 048/39.
- BAARDA, W. (1967). **Statistical concepts in Geodesy**. Netherlands Geodetic Commission. Publications on Geodesy. New Series, Delft, v. 2, n. 4.
- BAARDA, W. (1968). **A testing procedure for use in geodetic networks**. Netherlands Geodetic Commission. Publications on Geodesy. New Series, Delft, v. 2, n. 5.
- BATALHA, W. S. C. (1999). **Comentários à Lei de Registros Públicos**. 4. ed. Rio de Janeiro: Forense.
- BENGEL, M.; SIMMERDING, F. (2000). **Grundbuch, Grundstück, Grenze**: Handbuch zur Grundbuchordnung unter Berücksichtigung katasterrechtlicher Fragen. 5. erweiterte Auflage. Berlin: Luchterhand.
- BRASIL. Lei n. 10 267, de 28 de agosto de 2001. Altera dispositivos das Leis n 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. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, n. 166, Seção 1, 29 ago. 2001.
- BRASIL. Lei n. 6 015, de 31 de dezembro de 1973. Dispõe sobre os Registros Públicos e dá outras providências. In: BATALHA, W. S. C. (Org.) (1999). **Comentários à Lei de Registros Públicos**. 4. ed. Rio de Janeiro: Forense.
- BRASIL. Lei n. 5 869, de 11 de janeiro de 1973. Institui o Código de Processo Civil. In: OLIVEIRA, J. de (Org.) (1992). **Código de Processo Civil**. 23. ed. São Paulo: Saraiva.
- BRASIL. Lei n. 4 771, de 15 de setembro de 1965. Institui o Novo Código Florestal. In: FARIAS, G. L.; LIMA, M. C. (Comp.) (1990). **Coletânea de legislação ambiental federal e estadual**. Curitiba: Secretaria de Estado do Desenvolvimento Urbano e do Meio Ambiente, Coordenadoria de Estudos e Defesa do Meio Ambiente.
- BRASIL. Lei n. 3 071, de 1^o de janeiro de 1916. Institui o Código Civil. In: OLIVEIRA, J. de (Org.) (1996). **Código Civil**. 47. ed. São Paulo: Saraiva.
- BRASIL. Regulamento de 30 de janeiro de 1854 (Decreto n. 1318). Manda executar a Lei n. 601 de 18 de setembro de 1850. In: VASCONCELLOS, J. M. P. (Org.) (1874). **Livro das terras**. 3. ed. Rio de Janeiro: Eduardo & Henrique Laemmert, p. 24-81.
- BRASIL. Lei n. 601, de 18 de setembro de 1850. Dispõe sobre as terras devolutas do Império, e acerca das que são possuídas por títulos de sesmarias sem preenchimento das condições legais, bem como por simples títulos de posse mansa e pacífica; e determina que, medidas e demarcadas as primeiras, sejam elas cedidas a título oneroso, assim para empresas particulares, como para o estabelecimento de colônias de nacionais e de estrangeiros, autorizado o governo a promover a colonização estrangeira na forma que se declara. In: VASCONCELLOS, J. M. P. (Org.) (1874). **Livro das terras**. 3. ed. Rio de Janeiro: Eduardo & Henrique Laemmert, p. 7-23.
- BROWN, C. M.; ROBILLARD, W. G.; WILSON, D. A. (1995). **Brown's boundary control and legal principles**. 4th ed. New York: J. Wiley.
- CARVALHO, A. (1997). **Registro de imóveis**. 4. ed. Rio de Janeiro: Forense.
- DANIELSEN, J. (1989). The area under the geodesic. **Survey Review**, Bristol, v. 30, n. 232, p. 61-66.
- DIN. (1995a). **DIN 18709**: Teil 1: Begriffe, Kurzzeichen und Formelzeichen im Vermessungswesen, Berlin: DIN Deutsches Institut für Normung.
- DIN. (1995b). **DIN 1319**: Grundlagen der Meßtechnik. Teil 1: Grundbegriffe. Berlin: DIN Deutsches Institut für Normung.
- DIN. (1990). **DIN 18723**: Teil 3: Feldverfahren zur Genauigkeitsuntersuchung geodätischer Instrumente: Theodolite, Berlin: DIN Deutsches Institut für Normung.
- DIN. (1986). **DIN 55350**: Teil 13: Begriffe der Qualitätssicherung und Statistik – Begriffe zur Genauigkeit von Ermittlungsverfahren und Ermittlungsergebnissen. Berlin: DIN Deutsches Institut für Normung.
- DUPRAZ, H.; NIEMEIER, W. (1981). Beurteilungskriterien für geodätischer Netze. In: INTERNATIONALEN SYMPOSIUM ÜBER DEFORMATIONSMESSUNGEN MIT GEODÄTISCHEN METHODEN, 2., 1978, Bonn. **Beiträge zum**. Stuttgart: K. Wittwer, p. 386-400.

- FALCÃO, I. M. (1995). **Direito agrário brasileiro:** doutrina jurisprudência, legislação, prática. São Paulo: Edipro.
- FÖRSTNER, W. (1979). Das Programm TRINA zur Ausgleichung und Gütebeurteilung geodätischer Lagenetze. **Zeitschrift für Vermessungswesen**, Stuttgart, v. 104, n. 2, p. 61-72.
- HECK, B. (1995). **Rechenverfahren und Auswertmodelle der Landsvermessung**. 3. Auf. Heidelberg: Wichmann.
- HEISKANEN, W. A.; MORITZ, H. (1967). **Physical Geodesy**. San Francisco: W. H. Freeman.
- INCRA. (1998a). **Projeto de assentamento Pó de Serra**.
- INCRA. (1998b). **Projeto de assentamento Pó de Serra:** Planta cadastral 2 785/40. Escala 1:10 000.
- JÄGER, R.; BILL, R. (1986). Genauigkeits- und Zuverlässigkeitsmasse in Verdichtungsnetzen. In: UNIVERSITÄT KARLSRUHE. Geodätisches Institut. **Beurteilung geodätischer Netze**. Stuttgart, p. 70-98.
- JOHNSON, R. A.; WICHERN, D. W. (1998). **Applied multivariate statistical analysis**. 4th ed. Upper Saddle River: Prentice Hall.
- KLEIN, U. (1997). Analyse und Vergleich unterschiedlicher Modelle der dreidimensionalen Geodäsie. **Deutsche Geodätische Kommission bei der Bayerischen Akademie der Wissenschaften**, München, série C, n. 479.
- KUANG, S. (1996). **Geodetic network analysis and optimal design:** concepts and applications. Chelsea: Ann Arbor Press.
- LEONHARD, T.; NIEMEIER, W. (1980). **Diagnosis of Trans-Canada-Levelling nets by principal components analysis**. In: Proceedings Second International Symposium on Problems Related to the Redefinition of North American Vertical Geodetic Networks Ottawa, May 26-30, p. 485-503.
- MARSHALL, R. A. (1989). **Network design and optimization in close range photogrammetry**. Kensington: School of Surveying, University of New South Wales. UNISURV, Report S-36.
- MORAES, C. V. (2001). **Aprimoramento da concepção do modelo geodésico para a caracterização de extremas no espaço geométrico**. Curitiba, 2001. Tese (Doutorado em Ciências Geodésicas) – Departamento de Geomática, Universidade Federal do Paraná.
- MORAES, C. V. (1998). Análise de erros grosseiros e confiabilidade de redes geodésicas. **Cartografia e Cadastro**, Lisboa, n. 8, p. 77-86.
- MÖSER et al. (Editores) (2000a). **Handbuch Ingenieur-geodäsie:** Grundlagen. 3., völlig neubearbeitete und erweiterte Auflage. Heidelberg: H. Wichmann.
- MÖSER et al. (Editores) (2000b). **Handbuch Ingenieur-geodäsie:** Auswertung geodätischer Überwachungsmessungen. Heidelberg: H. Wichmann.
- MÜRLE, M.; BILL, R. (1984). Zuverlässigkeits- und Genauigkeitsuntersuchung ebener geodätischer Netze. **Allgemeine Vermessungs-Nachrichten**, Karlsruhe, v. 91, n. 2, p. 45-62.
- NIEMEIER, W. (1985a). Netzqualität und Optimierung. In: PELZER, H. (Hrsg.). **Geodätische Netze in Landes- und Ingenieurvermessung II**. Stuttgart: K. Wittwer, v. 13, p. 153-224.
- NIEMEIER, W. (1985b). Anlage von Überwachungsnetzen. In: PELZER, H. (Hrsg.). **Geodätische Netze in Landes- und Ingenieurvermessung II**. Stuttgart: K. Wittwer, v. 13, p. 527-558.
- NIEMEIER, W.; HOLLMANN, R. (1984). **Hauptkomponenten- und Sensitivitätsanalyse geodätischer Netze aufgezeigt am Überwachungsnetz "Varna"**. In: Wissenschaftliche Arbeiten der Fachrichtung Vermessungswesen der Universität Hannover, n. 133.
- ORLANDI NETO, N. (1997). **Retificação do registro de imóveis**. São Paulo: Oliveira Mendes.
- PELZER, H. (1985). Lokale dreidimensionale Netze. In: PELZER, H. (Editor). **Geodätische Netze in Landes- und Ingenieurvermessung II**. Stuttgart: K. Wittwer, v. 13, p. 489-505.
- SANTOS JÚNIOR, G. (2002). **Utilização da integral elíptica para a solução dos problemas direto e inverso da Geodésia**. Curitiba, 2002. Dissertação (Mestrado em Ciências Geodésicas) – Departamento de Geomática, Universidade Federal do Paraná.
- SCHMIDT, H. (1999). Lösung der geodätischen Hauptaufgaben auf dem Rotationsellipsoid mittels numerischer Integration. **Zeitschrift für Vermessungswesen**, Stuttgart, v. 124, n. 4, p. 221-128.

- SCHMIDT, H. (1997). Was ist Genauigkeit? – Zum Einfluss systematischer Abweichung auf Mess- und Ausgleichungsergebnisse. **Vermessungswesen und Raumordnung**, Bonn, v. 59, n. 4, p. 212-228.
- SCHÖDLBAUER, A. (2000). **Geodätische Astronomie: Grundlagen und Konzepte**. Berlin: W. de Gruyter.
- SILVA, DE PLÁCIDO E (2000). **Vocabulário jurídico**. 17. ed. Rio de Janeiro: Forense.
- SODANO, E. M. (1958). A rigorous non-iterative procedure for rapid inverse solution of very long geodesics. **Bulletin Géodésique**, n. 48, p. 13-25.
- SWENSSON, W. C. (1991). **Manual de registro de imóveis**. São Paulo: Saraiva.
- THEODORO JÚNIOR, H. (1999). **Terras particulares: demarcação, divisão, tapumes**. 4. ed. São Paulo: Saraiva.
- TORGE, W. (1991). **Geodesy**. 2.nd ed. Berlin: de Gruyter.
- VANÍČEK, P.; KRAKIWSKY, E. J. (1986). **Geodesy: the concepts**. 2.nd ed. Amsterdam: Elsevier Science Publishers B. V.
- WITTE, B.; SCHMIDT, H. (2000). **Vermessungskunde und Grundlagen der Statistik für das Bauwesen**. 4.,neubearbeitete Auflage. Stuttgart: K. Wittwer.
- ZAKATOV, P. S. (1997). **Curso de Geodesia superior**. Tradução do original russo de 1976. Madrid: Rubiños-1860.

7. AGRADECIMENTOS

O autor deseja externar seus agradecimentos: ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) a concessão de bolsa recém-doutor no Projeto Integrado BASE DE DADOS GEODÉSICOS PARA O PARANÁ, do Plano Sul de Pesquisa e Pós-Graduação, Proc. n. 520885/99-6 CNPq; ao Laboratório de Instrumentação Geodésica (LAIG) do Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas da Universidade Federal do Paraná, sob a responsabilidade do Prof. Dr. Pedro Luís Faggion, os recursos computacionais e de edição; ao Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA) que, mediante o OFÍCIO/INCRA/SR(09)/N.247, forneceu as coordenadas geográficas das extremas da Gleba Pó de Serra e das extremas definidoras das parcelas de seu parcelamento.