

YUZI ANAÍ ZANARDO ROSENFELDT

**INTEGRAÇÃO DA GEODÉSIA, DA FOTOGRAMETRIA E  
DA FOTOINTERPRETAÇÃO NA CONSTRUÇÃO DE SISTEMA  
CADASTRAL PARA VIABILIZAR A REGULARIZAÇÃO  
FUNDIÁRIA PLENA**

Tese apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial à obtenção do grau de Doutor em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Loch

FLORIANÓPOLIS  
2016

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Rosenfeldt, Yuzi Anai Zanardo  
Integração da Geodésia, da Fotogrametria e da  
Fotointerpretação na Construção de Sistema Cadastral para  
Viabilizar a Regularização Fundiária Plena / Yuzi Anai  
Zanardo Rosenfeldt ; orientador, Carlos Loch -  
Florianópolis, SC, 2016.  
301 p.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa  
Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em  
Engenharia Civil.

Inclui referências

1. Engenharia Civil. 2. Regularização fundiária plena.  
3. Sistemas cadastrais multifinalitários. 4. Geodésia. 5.  
Governança pública. I. Loch, Carlos. II. Universidade  
Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em  
Engenharia Civil. III. Título.

Yuzi Anai Zanardo Rosenfeldt

**INTEGRAÇÃO DA GEODÉSIA, FOTOGRAMETRIA E  
FOTOINTERPRETAÇÃO NA CONSTRUÇÃO DO SISTEMA  
CADASTRAL PARA VIABILIZAR A REGULARIZAÇÃO  
FUNDIÁRIA PLENA**

Esta Tese foi julgada adequada para obtenção do Título de  
Doutor em Engenharia Civil e aprovada em sua forma final pelo  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil.

Florianópolis, 02 de junho de 2016.

Prof. Glicério Trichês, Dr.  
Coordenador do Curso

**Banca Examinadora:**

  
Prof. Carlos Loch, Dr.  
Orientador  
Universidade Federal de Santa  
Catarina (UFSC)

  
Prof. Paulo Marcio Leal de  
Menezes, Dr.  
Membro Externo  
Universidade Federal do Rio de  
Janeiro (UFRJ)

  
Prof. Jürgen Wilhelm Phillips, Dr.  
ECV/UFSC

  
Dr.-Ing. habil., Dr. h.c. Hans-  
Peter Bühr.  
Apaliador Externo  
Karlsruher Institut für  
Technologie (KIT/Alemanha)

  
Prof. Francisco de Oliveira, Dr.  
Membro Interno  
UDESC/UFSC

  
Prof. Liseane Padilha Thives, Dr.  
ECV/UFSC



Wenn ein Mensch erwacht zu einem großen Traum über ihn und wirft die ganze Kraft seiner Seele, verschwört sich das ganze Universum zu Ihren Gunsten.

J. Goethe

Quando uma criatura humana desperta para um grande sonho e sobre ele lança toda a força de sua alma, todo o Universo conspira a seu favor.

J. Goethe



## AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, que com sabedoria me ensinaram o valor da educação.

Ao Sebastian Rosenfeldt, que me apoiou ao longo deste período em que muitas vezes fiz-me ausente.

Ao prof. Carlos Loch, pela orientação, incansável dedicação e confiança depositada na minha pesquisa.

Ao prof. Rui Pedro Julião, do Departamento de Geografia e Planeamento Regional, pela orientação no período em que frequentei a Universidade Nova de Lisboa (FCSH/NOVA).

Ao prof. Joachim Vogt, do Institut für Regionalwissenschaft, pela orientação; e ao prof. Hans-Peter Bähr, do Institut für Photogrammetrie und Fernerkundung, pela orientação no período em que frequentei o Karlsruher Institut für Technologie (KIT).

Ao prof. Dr. Antônio Uberti, pela orientação sobre as questões pedológicas e parceria nos trabalhos de campo.

Aos professores Jürgen Wilhelm Philips (UFSC), Francisco Henrique de Oliveira (UDESC), Paulo Marcio Leal de Menezes (UFRJ) e Liseane Padilha Thives (UFSC), pela participação na minha defesa pública.

À Prefeitura Municipal de Joinville (SC).

Ao acadêmico Gabriel Rosolem e Luís Henrique Tiegs (IC), vinculados ao meu projeto de pesquisa.

Aos colaboradores do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGEC).

À Capes e ao Erasmus Mundus, pela bolsa de estudos concedida.



## RESUMO

A incapacidade de manutenção do homem no campo, os fluxos migratórios, a tradicional flexibilidade na ocupação territorial e a fragilidade na demarcação, no cadastro e no registro da propriedade da terra acabam incentivando a ocupação desordenada do solo nos municípios. A ordenação dessa ocupação territorial deve ser pensada em nível territorial municipal – rural e urbano –, de modo a garantir o desenvolvimento integrado, melhorando as condições que garantam um Estado eficiente e capacidade de governança pelos promotores das políticas públicas. Loteamentos, ocupações irregulares e a favelização de áreas urbanas são os reflexos mais eminentes dos conflitos fundiários. No meio rural e urbano a relação do direito de propriedade, bem como a função social da propriedade são reguladas pelo Código Civil (Lei n. 1.240/2002). Esta pesquisa apresenta um modelo conceitual de sistema cadastral multifinalitário desenvolvido integrando a geodésia, a fotogrametria e a fotointerpretação para viabilizar a regularização fundiária plena. Este modelo é concebido a partir das relações entre o direito de propriedade, normas urbanísticas, edilícias e ambientais e seus regulamentos legislativos. Os procedimentos para a regularização fundiária podem ser realizados individualmente em parcelas cadastrais, mas também de forma coletiva. A metodologia proposta é testada em município de grande porte (até 500 mil habitantes, segundo o IBGE) no estado de Santa Catarina, Brasil. A qualidade de dados cartográficos públicos apresenta os limites e as potencialidades do uso de produtos fotogramétricos para a regularização fundiária plena e um conjunto de dados e planos de informação que poderão compor o sistema cadastral do município de Joinville (SC). Os resultados desta pesquisa auxiliam na melhoria dos níveis de governança devido a segurança jurídica estabelecida em decisões tomadas com base na qualidade de dados. Incute nas municipalidades a necessidade de planejamento calcado em informações territoriais confiáveis e de qualidade para reverter situações de irregularidade fundiária e da urbanização sem planejamento, as quais repercutem na baixa qualidade de vida da população brasileira, com reflexos sociais na segurança pública, na mobilidade urbana e no meio ambiente..

**Palavras-chaves:** Regularização fundiária plena. Sistemas cadastrais multifinalitários. Geodésia. Fotogrametria. Fotointerpretação. Governança pública.



## ABSTRACT

Man's inability to keep the field, migration, traditional flexibility in territorial occupation and the weakness in the demarcation, the registration and registration of land ownership end up encouraging the disorderly occupation of land in the municipalities. The ordering of this occupation should be considered in municipal territorial level - rural and urban - in order to ensure integrated development, improving conditions to ensure an efficient state and governance capacity by the promoters of public policies. Allotments, irregular settlements and slums in urban areas are the most prominent consequences of land conflicts. In rural and urban areas the ratio of property rights, as well as the social function of property shall be governed by the Civil Code (Law n. 1.240/2002). This research presents a conceptual model of multipurpose cadastral system developed patir intgração of geodesy, photogrammetry and photo-interpretation to enable the land regularization. This model is designed because the relationship between property rights, urban planning, edilicias and environmental standards and their legislative regulations. The procedures for land regularization can be performed individually on cadastral parcels, but also collectively. The proposed methodology is tested in large-sized city (500 000 inhabitants – according to IBGE) in the state of Santa Catarina, Brazil. The results of the quality of public cartographic data shows the limits and the potential use of photogrammetric products for land regularization and a set of data and information plans may select the cadastral system of the municipality of Joinville (SC). These results help to improve governance levels due to legal certainty established in decisions based on quality data. Instils in the municipalities need to trodden planning on reliable territorial and quality information to reverse situations of land irregularity and urbanization without planning, which have repercussions in the low quality of life of the population, with social impacts on public safety in urban mobility and in the environment.

**Keywords:** Land tenure and land regularization. Multipurpose cadastre system. Geodesy. Photogrammetry. Photointerpretation. Public governance.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Organograma da regularização fundiária plena .....	42
Figura 2 – Enquadramento metodológico de pesquisa .....	48
Figura 3 – Fluxograma de estruturação da tese .....	51
Figura 4 – Método de pesquisa .....	57
Figura 5 – Mapa de localização da área urbana do município de Joinville na CIM .....	133
Figura 6 – Mapa de localização de três sub-bacias que compõem a área de estudo, inseridas nas Bacias Independentes da Vertente Leste, Joinville (SC) .....	137
Figura 7 – Fluxograma de pesquisa realizada em Portugal .....	140
Figura 8 – Fluxograma de pesquisa realizada na Alemanha .....	141
Figura 9 – Fluxograma do objetivo específico <i>b</i> .....	162
Figura 10 – <i>Uso e cobertura do solo</i> nas três sub-bacias das Bacias Independentes da Vertente Leste pelo método da Máxima Verossimilhança, aplicado na imagem de satélite QuickBird, ano 2008 .....	169
Figura 11 – Mapa de demarcação do dote de Dona Francisca .....	175
Figura 12 – Mapa contendo os principais objetos topográficos da área de estudo .....	177
Figura 13 – Mosaico das fotografias aéreas de Joinville (ano de 1938)....	178
Figura 14 – Classificação de cobertura e uso do solo sobre as Bacias Hidrográficas Independentes da Vertente Leste, representada no mosaico das fotografias aéreas de Joinville (ano de 1957).....	179
Figura 15 – Classificação de cobertura e uso do solo sobre as Bacias Hidrográficas Independentes da Vertente Leste, representada no mosaico das fotografias aéreas de Joinville (ano de 1966).....	183
Figura 16 – Classificação de cobertura e uso do solo sobre as Bacias Hidrográficas Independentes da Vertente Leste, representada no mosaico das fotografias aéreas de Joinville (ano de 1978).....	184
Figura 17 – Classificação de cobertura e uso do solo sobre as Bacias Hidrográficas Independentes da Vertente Leste, representada no mosaico das fotografias aéreas de Joinville (ano de 1989).....	185
Figura 18 – Classificação de cobertura e uso do solo sobre as Bacias Hidrográficas Independentes da Vertente Leste, representada no mosaico das fotografias aéreas de Joinville (ano de 1996).....	186
Figura 19 – Classificação de cobertura e uso do solo sobre as Bacias Hidrográficas Independentes da Vertente Leste, representada no mosaico das fotografias aéreas de Joinville (ano de 2007).....	187
Figura 20 – Fluxograma do objetivo específico <i>c</i> .....	190

Figura 21 – Mapeamento da cobertura pedológica escala 1/10.000 sobre a foto de 1978.....	193
Figura 22 – Fotointerpretação da fotografia do ano de 1957 para a identificação de elementos e mudanças de feições na superfície de solo ..	195
Figura 23 – Amostras de solo coletadas na etapa 3 do trabalho de campo	196
Figura 24 – Mapa pedológico da distribuição dos solos nas sub-bacias, segundo os atributos diagnósticos do SIBCS (EMBRAPA, 2013) .....	201
Figura 25 – Restrições ambientais e APP para o ano de 1957 .....	207
Figura 26 – Restrições ambientais e APP para o ano de 1966 .....	208
Figura 27 – Restrições ambientais e APP para o ano de 1978 .....	211
Figura 28 – Restrições ambientais e APP para o ano de 1989 .....	212
Figura 29 – Restrições ambientais e APP para o ano de 1996 .....	213
Figura 30 – Restrições ambientais e APP para o ano de 2007 .....	214
Figura 31 – Fluxograma do objetivo específico <i>d</i> .....	216
Figura 32 – Representação do ponto MR-25 na fotografia aérea, município de Joinville (SC).....	218
Figura 33 – Receptor instalado no ponto P2.....	219
Figura 34 – Receptor instalado no ponto P19.....	219
Figura 35 – Gráfico da localização dos PCTs obtidos a partir de levantamento geodésico no município de Joinville (SC) .....	221
Figura 36 – Comportamento gráfico do resíduo para os 17 PCT nas ortofotocartas utilizando transformações polinomiais de 1ª e 2ª ordem, respectivamente.....	224
Figura 37 – Comportamento gráfico do resíduo para as transformações polinomiais de 1ª e 2ª ordem na imagem QuickBird pancromática, respectivamente.....	229
Figura 38 – Gráfico das discrepâncias.....	239
Figura 39 – Identificação dos vértices e delimitação dos limites da gleba na ortofotocarta de 2007 a partir da estrutura fundiária, localizada a norte da sub-bacia .....	245
Figura 40 – Identificação dos vértices e delimitação dos limites da gleba na ortofotocarta de 2007 a partir da estrutura fundiária, localizada a sul da sub-bacia .....	246
Figura 41 – Fluxograma do objetivo específico <i>e</i> .....	250
Figura 42 – Modelo conceitual: parâmetros técnicos – topológicos, geográficos e temáticos – do banco de dados geográfico orientado a objeto .....	255
Figura 43 – Fluxograma do objetivo específico <i>f</i> .....	257
Figura 44 – Modelo conceitual de integração entre a geodésia, a fotogrametria e a fotointerpretação no sistema cadastral para atender ao Código Civil e viabilizar a regularização fundiária plena .....	259

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Palavras-chaves de pesquisa.....	36
Quadro 2 – Roteiro metodológico de pesquisa para cumprimento dos objetivos específicos .....	59
Quadro 3 – Componentes para a qualidade da informação geográfica e da cartografia, segundo a ISO 19157:2013 .....	93
Quadro 4 – Entidades e elementos do perfil MGB, baseados no “Core Metadata for Geographic Datasets” da norma ISO 19115:2003 .....	96
Quadro 5 – Linhagem de produtos cartográficos estabelecidos pela Concar .....	99
Quadro 6 – Chaves de classificação das unidades de mapeamento .....	171



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Parâmetros de transformação entre o sistema SAD 69 e o SIRGAS 2000 .....	77
Tabela 2 – Correspondente entre a resolução geométrica (micron) e a dimensão do <i>pixel</i> no terreno (metro) .....	82
Tabela 3 – Relação entre o GSD, a escala do mapa e a acurácia ( $x,y$ ) .....	85
Tabela 4 – Padrão de exatidão cartográfica dos produtos cartográficos analógicos segundo o Decreto-Lei n. 89.817/84 .....	107
Tabela 5 – Padrão de exatidão cartográfica dos produtos cartográficos digitais, segundo a Técnica dos Produtos de Conjuntos de Dados Geoespaciais (ET-PCDG) de 2011 .....	111
Tabela 6 – Valores para o erro médio quadrático (RMSE) .....	116
Tabela 7 – Parâmetros de resolução da cartografia digital de coberturas aerofotogramétricas para fins civis .....	151
Tabela 8 – Matriz de confusão gerada a partir dos dados de imagem QuickBird, ano 2008 .....	167
Tabela 9 – Transformação polinomial de 1ª ordem para ortofotocartas utilizando 17 PCT .....	225
Tabela 10 – Transformação polinomial de 2ª ordem para ortofotocartas utilizando 17 PCT .....	227
Tabela 11 – Transformação polinomial de 1ª ordem para imagem QuickBird pancromática utilizando 17 PCT .....	231
Tabela 12 – Transformação polinomial de 2ª ordem para imagem QuickBird pancromática utilizando 17 PCT .....	233
Tabela 13 – Cadastro de coordenadas e cálculo das discrepâncias entre as coordenadas lidas na ortofotocarta e as suas homólogas determinadas por GNSS .....	237
Tabela 14 – Teste de detecção de tendência .....	239
Tabela 15 – Análise de precisão .....	239
Tabela 16 – Estatística do ajustamento para a geração dos produtos cartográficos .....	240
Tabela 17 – Tolerância e precisão posicional em parcelas cadastrais com área mínima de 125 m <sup>2</sup> , a partir da teoria de propagação dos erros .....	242



## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AdV	Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland
AFIS	Amtliche Festpunktinformationssystem
APP	Área de Preservação Permanente
ATKIS	Amtliche Topographisch-Kartographische Informationssystem
AUGI	Áreas Urbanas de Génese Ilegal
BDG	Banco de Dados Geográfico
CAE	Condições Ambientais Específicas
CAOP	Carta Administrativa Oficial de Portugal
Capes	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CC	Código Civil Brasileiro
CCD	Charged Coupled Device
CCE	Comunidade Comum Europeia
CDRU	Concessão de Direito Real de Uso
CGPR	Cadastro Geométrico da Propriedade Rústica
Conama	Conselho Nacional do Meio Ambiente
Concar	Comissão Nacional de Cartografia
CPRM	Serviço Geológico do Brasil
CRFB	Constituição da República Federativa do Brasil
CTM	Cadastro Técnico Multifinalitário
Cuem	Concessão de Uso Especial para Fins de Moradia (individual/coletivo)
DBDG	Diretório Brasileiro de Dados Geoespaciais
DGPS	Diferencial GPS
DGRF	Setor Agrícola e da Pesca
DGT	Direcção-Geral do Território
DOP	Dilution of Precision
DSG	Diretoria de Serviço Geográfico do Exército

	brasileiro
EMAS	Engineering Map Accuracy Standard
EMQ	Erro Médio Quadrático
EP	Erro Padrão
EPP	Erro Padrão Planimétrico
ETRS89	European Terrestrial Reference System 1989
Fatma	Fundação do Meio Ambiente
FGDC	Geographic Data Committee
GEF	Global Environmental Facility
GLONASS	Global Navigation Satellite System
GNSS	Global Navigation Satellite System
GSD	Ground Sample Distance
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDE	Infraestrutura de Dados Espaciais
IDERA	Infraestrutura de Dados Espaciais da República Argentina
IDERC	Infraestrutura de Dados Espaciais da República de Cuba
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano Brasileiro
Ifap	Instituto de Financiamento da Agricultura e Pescas
IFSC	Instituto Federal de Santa Catarina
IGeoE	Instituto Geográfico do Exército
IGP	Instituto Geográfico Português
IGT	Instrumentos de Gestão Territorial
IMT	Imposto Municipal sobre as Transmissões Onerosas de Imóveis
Incra	Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária
ICDE	Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales
Inde	Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais
INS	Sistema de Navegação Inercial
IPPUJ	Instituto de Pesquisa e Planejamento para o Desenvolvimento Sustentável de Joinville

IPTU	Imposto Predial e Territorial Urbano
ISO	International Organization for Standardization
LabFSG	Laboratório de Fotogrametria, Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento
LGL	Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung
Maxver	Método da Máxima Verossimilhança
MDE	Modelo Digital de Elevação
MDS	Modelo Digital de Superfície
MDT	Modelo Digital de Terreno
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MMQ	Método dos Mínimos Quadrados
MP	Ministério Público
NAVSTAR-GPS	Navigation System with Time and Ranging Positioning System
NBR	Norma Brasileira
NSSDA	National Standard for Spatial Data Accuracy
OGC	Open Geospatial Consortium
ONU	Organização das Nações Unidas
PCT	Pontos de Controle Terrestre
PDM	Plano Diretor Municipal
PDRS	Política de Desenvolvimento Rural Sustentável
PEC	Padrão de Exatidão Cartográfico
PIB	Produto Interno Bruto
PMCMV	Programa Minha Casa, Minha Vida
PMOT	Planos Municipais de Ordenamento do Território
PNDR	Política Nacional de Desenvolvimento Regional
PNDU	Política Nacional de Desenvolvimento Urbano
PNMA	Política Nacional do Meio Ambiente
PNPOT	Programa Nacional da Política de Ordenamento do Território
PNRH	Política Nacional de Recursos Hídricos
PP	Plano de Pormenor

Prodes	Projeto de Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite
ProKnow-C	Knowledge Development Process – Constructivist
PSA	Pagamento por Serviços Ambientais
PU	Plano de Urbanização
RBMC	Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo
ReNEP	Rede Nacional de Estações Permanentes
RGB	Red, Green and Blue
RI	Registro de Imóveis
RMSE	Root Mean Square Error
RNG	Rede Gravimétrica Nacional
RNGAP	Rede de Nivelamento Geométrico de Alta Precisão
RRCM	Rede de Referência Cadastral Municipal
RRNN	Rede de Referência de Nível
RRT	Rede de Referência Topográfica
SAD 69	South American Datum
SAPOS	Satellite Positioning System
SDS	Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico Sustentável de Santa Catarina
Seplan	Secretaria de Planejamento, Orçamento e Gestão (de Joinville)
Servir	Sistema de Estações de Referência GNSS Virtuais
SGB	Sistema Geodésico Brasileiro
SIBCS	Sistema Brasileiro de Classificação de Solos
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SIMgeo	Sistema Municipal de Geoprocessamento (da Prefeitura de Joinville)
SiNErGIC	Sistema Nacional de Exploração e Gestão de Informação Cadastral
SIRGAS 2000	Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas
SIT	Sistema de Informações Territoriais

Snit	Infraestrutura de Dados Espaciais do Chile
SPU	Secretaria do Patrimônio da União
TP	Tolerância Posicional
UTM	Universal Transversa de Mercator
ZEE	Zoneamento Ecológico-Econômico
Zeis	Zonas Especiais de Interesse Social



## LISTA DE DEFINIÇÕES

**Antropização:** transformação que exerce o ser humano tanto sobre o meio ambiente, como sobre o biótopo ou a biomassa (FERREIRA, 2016).

**Desmembramento:** subdivisão de gleba em lotes destinados à edificação, com aproveitamento do sistema viário existente, desde que não implique a abertura de novas vias e logradouros públicos nem o prolongamento, a modificação ou a ampliação dos já existentes (art. 2º, § 1º, da Lei n. 6.766/79).

**Gleba:** porção de terra que não tenha sido submetida a parcelamento sob a égide da Lei n. 6.766/79. Porção de terra que jamais foi loteada ou desmembrada sob a vigência da referida lei. Trata-se da terra crua, sem qualquer regulamentação e adequação às leis brasileiras.

**Lote:** gleba ou terreno servido de infraestrutura básica cujas dimensões atendam aos índices urbanísticos definidos pelo plano diretor ou por lei municipal para a zona em que se situa (art. 2º, § 4º, da Lei n. 6.766/79).

**Loteamento:** subdivisão de gleba em lotes destinados à edificação, com abertura de novas vias de circulação, logradouros públicos ou prolongamento, modificação ou ampliação das vias existentes (art. 2º, § 1º, da Lei n. 6.766/79).

**Posse:** ato ou exercício pleno ou não de alguns poderes inerentes à propriedade exercida pelo possuidor, aquele que não detém a propriedade do bem.

**Propriedade:** ato ou exercício de usar, gozar e dispor da coisa do proprietário e o direito de reavê-la do poder de quem quer que injustamente a possua ou detenha.

**Urbanização:** conjunto dos trabalhos necessários para dotar uma área de infraestrutura (por exemplo, água, esgoto, gás, eletricidade) e/ou de serviços urbanos (por exemplo, transporte, educação, saúde) (FERREIRA, 2016).



## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>31</b>
1.1	JUSTIFICATIVA.....	33
1.2	O ESTADO DA ARTE DA PESQUISA CIENTÍFICA .....	35
1.3	FORMULAÇÃO DO PROBLEMA E HIPÓTESES DE PESQUISA..	38
1.4	INEDITISMO .....	43
1.5	CONTRIBUIÇÃO CIENTÍFICA E RELEVÂNCIA DO TRABALHO .....	45
1.6	ENQUADRAMENTO METODOLÓGICO DA PESQUISA .....	46
1.7	OBJETIVOS .....	48
1.7.1	Objetivo geral.....	48
1.7.2	Objetivos específicos .....	48
1.8	ESTRUTURA DA TESE.....	49
<b>2</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODO DE PESQUISA .....</b>	<b>53</b>
2.1	MATERIAIS UTILIZADOS .....	53
2.2	EQUIPAMENTOS E <i>SOFTWARES</i> UTILIZADOS.....	54
2.3	MÉTODO DE PESQUISA .....	55
<b>3</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....</b>	<b>65</b>
3.1	GESTÃO TERRITORIAL E GOVERNANÇA.....	65
3.2	REGULARIZAÇÃO FUNDIÁRIA .....	69
3.3	GEODÉSIA E MÉTODOS DE POSICIONAMENTO .....	75
3.4	FOTOGRAMETRIA .....	78
3.4.1	Resolução geométrica de dados fotogramétricos .....	81
3.5	SENSORIAMENTO REMOTO .....	88
3.5.1	Fotointerpretação .....	89
3.5.2	Monitoramento da paisagem .....	90
3.6	QUALIDADE DA INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA E DE PRODUTOS CARTOGRÁFICOS .....	91
3.6.1	A normatização e a padronização dos metadados na produção da cartografia digital .....	95
3.6.2	Algoritmos polinomiais para determinar a qualidade dos produtos cartográficos.....	101
3.6.3	A exatidão posicional de cartas cadastrais provenientes de dados fotogramétricos .....	104
3.6.4	Análise estatística para a exatidão posicional e o controle da qualidade no ajustamento das observações.....	113
3.7	SISTEMAS CADASTRAIS MULTIFINALITÁRIOS .....	116
3.7.1	Sistemas de informação geográfica.....	119
3.7.2	Infraestrutura de dados espaciais.....	120
3.7.3	CTM e regularização fundiária .....	122

3.8 APTIDÃO À URBANIZAÇÃO COM BASE NA PEDOGÊNESE DO SOLO .....	124
<b>4 DELIMITAÇÕES DA PESQUISA.....</b>	<b>128</b>
4.1 RECORTE LEGAL.....	128
4.2 RECORTE ESPACIAIS .....	130
4.2.1 Área de estudo: sub-bacias das Bacias Hidrográficas Independentes da Vertente Leste, Joinville (SC) .....	135
<b>5 RESULTADOS.....</b>	<b>139</b>
5.1 PESQUISA DOCUMENTAL REALIZADA EM PORTUGAL .....	139
5.1.1 A política de ordenamento do território .....	141
5.1.2 A estruturação do cadastro multifinalitário .....	142
5.1.3 A criação do conjunto de dados geográficos .....	145
5.1.4 A qualidade da cartografia portuguesa .....	147
5.1.5 As Áreas Urbanas de Gênese Ilegal no contexto da política de ordenamento do território.....	151
5.2 PESQUISA DOCUMENTAL REALIZADA NA ALEMANHA.....	153
5.2.1 O desenvolvimento histórico do cadastro.....	153
5.2.2 Métodos e procedimentos técnicos para a composição de sistema cadastral.....	155
5.2.3 A estrutura institucional para a manutenção dos sistemas cadastrais .....	158
5.3 MONITORAMENTO DA ANTROPIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA FORMA CULTURAL DA OCUPAÇÃO TERRITORIAL .....	160
5.3.1 A produção dos mapas temáticos de <i>uso e cobertura do solo</i> .....	162
5.4 APTIDÃO ESPACIAL À URBANIZAÇÃO COM BASE NA COBERTURA PEDOLÓGICA DO SOLO .....	189
5.4.1 Fotointerpretação da fotografia de 1957 para a identificação de elementos e mudanças de feições na superfície de solo .....	191
5.4.2 Identificação das condições ambientais específicas para caracterizar as unidades pedológicas.....	196
5.4.3 As restrições ambientais para a ocupação do território e para a regularização fundiária.....	203
5.5 QUALIDADE GEOMÉTRICA DOS PRODUTOS FOTOGRAMÉTRICOS PARA A COMPOSIÇÃO DE SISTEMA CADASTRAL ADEQUADO À REGULARIZAÇÃO FUNDIÁRIA.....	215
5.5.1 Levantamento dos pontos de controle terrestre no município de Joinville (SC) .....	218
5.5.2 Detecção de erros nas ortofotocartas ano 2007 e nas imagens QuickBird pancromáticas .....	223
5.5.3 Testes de qualidade planimétrica da ortofotocarta de Joinville (SC).....	235

5.5.4 Tolerância posicional e precisão relativa nas parcelas cadastrais urbanas .....	241
5.5.5 Identificação dos limites da parcela cadastral pelo princípio da interpretação orientada ao objeto .....	243
5.6 COMPOSIÇÃO DE SISTEMA CADASTRAL MULTIFINALITÁRIO PARA REGULARIZAÇÃO FUNDIÁRIA PLENA .....	248
5.6.1 Parâmetros técnicos – topológicos, geográficos e temáticos –para composição de sistema cadastral para a regularização fundiária .....	250
5.6.2 Modelo conceitual de integração entre a geodésia, a fotogrametria e a fotointerpretação para a construção de sistema cadastral multifinalitário ..	257
<b>6 CONCLUSÕES DA PESQUISA .....</b>	<b>261</b>
6.1 REFERENTES ÀS HIPÓTESES APRESENTADAS .....	261
6.2 REFERENTES AOS MATERIAIS E AO MÉTODO DE PESQUISA .....	262
6.3 REFERENTES AO ESTÁGIO DE DESENVOLVIMENTO CADASTRAL BRASILEIRO .....	263
6.4 REFERENTES AO MONITORAMENTO PELO MÉTODO DE MAXVER VS. FOTOINTERPRETAÇÃO ORIENTADA AO OBJETO	266
6.5 REFERENTES AO USO DO MÉTODO FOTOGRAMÉTRICO PARA A CONSTRUÇÃO DE SISTEMA CADASTRAL PARA A REGULARIZAÇÃO FUNDIÁRIA.....	267
6.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	269
6.6.1 Desenvolvimentos futuros e aplicações em outras áreas.....	270
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>273</b>
<b>APÊNDICE – FICHA PARA DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA DE SOLOS .....</b>	<b>299</b>



## 1 INTRODUÇÃO

Os sistemas de administração de terras têm sido fortemente impulsionados pelo desenvolvimento tecnológico e pela necessidade de gestão territorial e governanças mais eficientes.

A regularização fundiária refere-se a uma ação de ordenar o território de modo a gerir o ônus e o bônus do processo de ocupação territorial. Essa ação é interdisciplinar e demanda qualidade e interoperabilidade de dados territoriais sistematizados, de forma a responder às demandas locais.

No Brasil há diversas instituições que mantêm sistemas de informações cadastrais, a exemplo dos cadastros rurais, mantidos pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (Incra) e pela Receita Federal, cadastros ambientais, cadastros patrimoniais da União, mantidos pela Secretaria do Patrimônio da União (SPU), bem como cadastros municipais, desenvolvidos por iniciativas dos gestores municipais. Todos eles baseiam-se em uma heterogeneidade de conceitos, terminologias e tecnologias. O resultado é a replicação de dados e sistemas cadastrais inconsistentes.

A construção de sistemas cadastrais não se restringe apenas à manipulação de informação geográfica, e sim representa a relação legalmente estabelecida entre pessoas e a terra. Essa relação é complexa, envolve aspectos físicos, econômicos e jurídicos, fornece subsídios à administração municipal e apresenta diferentes soluções e níveis de desenvolvimento ao redor do mundo.

Os aspectos jurídicos determinantes na composição de sistemas cadastrais são a relação entre o direito de propriedade, tratado no caso brasileiro pelo Código de Processo Civil (Lei n. 10.406/2002). Revisado no ano de 2002, alinhou-se ao Estatuto da Cidade (art. 10) ao reconhecer o perfil da irregularidade fundiária brasileira, destacando o princípio constitucional da função social da propriedade e posse coletiva. Introduziu, para esse caso, os conceitos de “Extensa área”, “Posse ininterrupta e de boa-fé”, “Lapso temporal de cinco anos”, “Considerável número de pessoas” e “Obras e serviços de relevante interesse social ou econômico”.

Na área rural, os aspectos físicos vêm sendo sistematizados pela Lei n. 10.267/2001. Essa lei subsidia tecnicamente os procedimentos de levantamento cadastral, de modo a atender às questões estabelecidas pela Lei n. 10.406/2002, relacionadas à variação de metragem de um

bem imóvel no ato da sua comercialização (art. 500, § 1º; e art. 1.228, § 4º e § 5º).

Nas áreas urbanas a ausência de uma legislação específica que oriente tecnicamente os procedimentos de levantamento cadastral em atendimento aos art. 500 e 1.228, § 4º e § 5º, da Lei n. 10.406/2002 contribui para a construção de dados cadastrais não padronizados e, conseqüentemente, a dificuldade de sistematização cadastral.

Nesse contexto, métodos que se utilizam de imagens obtidas por sensores aerotransportados constituem-se de opção viável para construção e atualização de informações cadastrais. Baseiam-se na integração da geodésia, da fotogrametria e da fotointerpretação e fornecem dados com qualidade geométrica e temática, respondendo satisfatoriamente à dinâmica de atualização cadastral.

A presente pesquisa propõe a utilização de produtos fotogramétricos para a obtenção de limites e área da parcela a ser regularizada como alternativa aos métodos tradicionais de levantamento topográfico para a aquisição dos limites físicos da parcela cadastral.

Para tanto, há que se avaliar se o produto cartográfico em questão possui as qualidades geométricas que atendam ao art. 500 da Lei n. 10.406/2002 e possam compor o sistema cadastral.

A proposta metodológica considera no processo diversas fontes de dados, quantitativos (fotogramétricos), qualitativos (fotointerpretativos). Sistematiza os dados e as informações territoriais obtidos por sistemas imageadores na construção de sistema cadastral para viabilizar a regularização fundiária plena. Apoiada por método geodésico e fotogramétrico, apresenta análises e testes de qualidade espacial e temática de dados cartográficos. Os resultados apresentam o sistema cadastral multifinalitário adequado para viabilizar a regularização fundiária plena urbana e rural, com enfoque na identificação e na individualização das parcelas cadastrais, nos aspectos sociais, urbanos e ambientais.

Os resultados pretendem incutir nas municipalidades uma mentalidade cartográfica e cadastral como base para o planejamento territorial e sua pertinência como subsídios para a tomada de decisão sobre os aspectos da gestão territorial. Essa prática cria mecanismos de reversão das situações de irregularidade fundiária e da urbanização desordenada que repercute na baixa qualidade de vida da população brasileira, com reflexos sociais na segurança pública, na mobilidade urbana e no meio ambiente.

## 1.1 JUSTIFICATIVA

Uma das características comuns entre os países subdesenvolvidos e em desenvolvimento é a carência de documentos legais da posse ou da propriedade de um bem imóvel. O déficit habitacional brasileiro é de 6,941 milhões de domicílios (FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO, 2015). A dimensão do problema não permite a remoção dos habitantes dessas áreas irregulares para conjuntos ou condomínios habitacionais, carecendo, então, de políticas efetivas de regularização fundiária baseadas em urbanização.

Em 2013, a Fundação João Pinheiro estimou que em 18 milhões de domicílios urbanos no Brasil houvesse algum tipo de irregularidade ou precariedade urbanística. (FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO, 2015). Do total de municípios brasileiros, aproximadamente 28% (1.519 municípios) declararam a existência de favelas, 10% (540 municípios) declararam a existência de cortiços e 46% declararam a existência de loteamentos irregulares (IBGE, 2010).

Esses dados permitem afirmar que esses habitantes estão fora do sistema de gestão pública formal e que os sistemas formais existentes não servem aos milhões de pessoas que demandam por capital fundamentalmente social (UN-HABITAT; GLTN, 2012).

A maioria absoluta (73%) de municípios no Brasil é de pequeno porte (até 20 mil habitantes). Nesses municípios, os recursos financeiros de que dispõem são menos volumosos e, muitas vezes, os recursos humanos são menos qualificados, sendo necessário entender a realidade da irregularidade urbana e desenvolver estratégias e mecanismos de atuação específica para a resolução do problema.

O Brasil é signatário de tratados internacionais, entre eles a Agenda 21 (ONU/1992), e dos Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM, ONU/2000). Compactua com um consenso geral de que as práticas de boa governança têm nas questões fundiárias o cerne das agendas globais. A segurança jurídica da posse é uma fonte vital de capital social porque estimula investimentos, fornece uma rede de segurança social e é mecanismo de transferência de riqueza.

A governança da terra demanda uma componente operacional dos sistemas de administração da terra e o desenvolvimento de uma estrutura espacial de mapeamento desenvolvido em nível nacional.

O IBGE de 2010 caracteriza a maioria das áreas irregulares como sendo de pequeno porte, distribuídas no interior da cidade formal e/ou nas áreas de expansão urbana (na transição entre o urbano e o rural). Essas características dos padrões de distribuição das áreas irregulares no território são resultantes do próprio processo de desenvolvimento dos municípios e requerem mecanismos para a gestão integrada das demandas e das potencialidades.

O Código Civil de 2002 e a Lei do Estatuto da Cidade focaram a regularização fundiária apresentando instrumentos de regulamentação jurídica e urbanística que permitiram ampliar as possibilidades e a operacionalização dos procedimentos. Dentro do conceito de função social da propriedade, a regularização fundiária tornou-se uma das diretrizes fundamentais da política urbana brasileira para a promoção do ordenamento territorial nos municípios.

A característica multidisciplinar da matéria e a possibilidade de execução a partir de processos individuais e/ou coletivos demandam a construção de sistemas cadastrais com qualidade (posicional, topológica e temporal) adequados para essa finalidade. A utilização de técnicas fotogramétricas em substituição às técnicas topográficas tradicionais para o levantamento cadastral deve permitir a integração e a sistematização do mapeamento em um sistema único. Isso corresponde à delimitação de cada unidade imobiliária, incluindo limites, dimensões, aptidão do solo, valores adequados segundo uma planta de valores e atendimento por serviços de concessionárias de serviços públicos. São ainda caracterizados os confrontantes e há a compatibilização entre as feições representadas nas cartas cadastrais e aquelas constantes nos documentos de descrição legal (direitos e obrigações), incluídos no Registro de Imóveis (RI). Por consequência, o sistema cadastral permitirá atividades otimizadas e menos onerosas para as municipalidades e a regularização individualizada da posse inserida em contexto de irregularidade coletiva.

Pesquisas desta natureza são necessárias e fundamentais para uma eficiente gestão do território e a melhoria dos níveis de governança. Diante da eminente necessidade de responsabilidade na gestão fiscal (Lei Complementar n. 101/2000) e combate à corrupção, os resultados são refletidos na transparência da gestão pública e na qualidade de vida nos municípios brasileiros.

## 1.2 O ESTADO DA ARTE DA PESQUISA CIENTÍFICA

Para estabelecer o estado da arte da pesquisa científica, deve-se utilizar um processo estruturado para a seleção de estudos com relevância acadêmica, aplicados ao contexto de pesquisa, a fim de fornecer um sólido quadro teórico.

Para a construção do estado da arte da pesquisa científica, utilizou-se o método ProKnow-C (Knowledge Development Process – Constructivist), cuja aplicação está distribuída em duas etapas: seleção do portfólio bibliográfico e análise bibliométrica (ENSSLIN et al., 2010).

A pesquisa se deu por palavras-chaves na literatura internacional, buscando periódicos em bases de dados indexadas ao portal de periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES, 2014). Trata-se de um sistema de indexação de periódicos internacionais que permite a pesquisa em bases de dados de diversas áreas do conhecimento.

Para a utilização das bases disponíveis nesse portal, faz-se necessária, inicialmente, a identificação da área de conhecimento em que se encontra o tema que se pretende pesquisar.

Internacionalmente, as pesquisas relacionadas aos temas de *sistemas cadastrais, registro da terra, direito de propriedade, posse da terra e propriedade imóvel* podem ser agrupadas dentro das seguintes áreas de conhecimento: Ciências Naturais, incluindo Geodésia e Geografia Física; Ciências do Comportamento, incluindo Economia, Direito Social, Política, Administração e Sociologia; e Ciências Formais, incluindo as Ciências da Informação (ÇAGDAŞ; STUBKJÆR, 2009).

A *regularização fundiária* é reconhecida no meio científico associada às áreas de conhecimento das Ciências Exatas e da Terra, das Ciências Sociais Aplicadas e das Ciências Jurídicas. A análise individual dos bancos de dados dentro dessas áreas de conhecimento permitiu reconhecer quais eram mais alinhados à presente pesquisa. Foram selecionadas as seguintes bases de dados: Scopus e Web of Science.

Como resultados dessa busca, identificaram-se nas bases de dados os artigos científicos alinhados com o tema de pesquisa, mediante procura por palavras-chaves. O eixo I de palavras-chaves abarcou aquelas relacionadas à regularização fundiária, sendo *a priori* “land

tenure” e “land regularization”. O eixo II compreendeu palavras-chaves relacionadas ao tema proposto nesta pesquisa, sendo *a priori* “methodology”, “remote sensing”, “geometric accuracy”, “parcel” e “multipurpose cadastre”, “cadastral system”, “land registration”, “formal and informal land tenure” e “immobile property” (Quadro 1).

Quadro 1 – Palavras-chaves de pesquisa

Eixo I	Eixo II
<i>Land Tenure e Land Regularization</i>	<i>Methodology</i>
	<i>Remote Sensing</i>
	<i>Geometric Accuracy</i>
	<i>Parcel</i>
	<i>Multipurpose Cadastre</i>
	<i>Cadastral System</i>
	<i>Land Registration</i>
	<i>Property Rights</i>
	<i>Formal and Informal Land Tenure</i>
	<i>Immobile property</i>

Tendo como delimitação inicial a busca apenas por artigos publicados em periódicos nos últimos 10 anos (2004 a 2014), a pesquisa revelou 95 artigos com potencial para integrar o portfólio bibliográfico. Desses, quatro artigos enquadram-se no tema de pesquisa: Van der Molen e Mishra (2006), Griffith-Charles (2011) e Siriba, Voß e Mulaku (2011).

Além dos artigos científicos publicados, estudos de doutoramento constituem uma parte significativa das pesquisas e revelam a falta de um conjunto compartilhado de conceitos e terminologias e a variação das metodologias de pesquisa científica. São enquadrados nos temas das Ciências Comportamentais e Aspectos Sociais, com destaque para Zevenbergen (2002), Törhönen (2003), Griffith-Charles (2004), Steudler (2004), Dalrymple (2005), Silva (2005), Nkwae (2006) e Ting (2002); e nos temas das Ciências da Informação, com destaque para Effenberg (2001), Stoter (2004), Tuladhar (2004) e Van Loenen (2006).

Estudos empíricos têm fundamentado a utilização de medições espaciais e sensoriamento remoto na modelagem urbana (HEROLD; CLARKE; SCEPAN, 2002; PARK, 2003). Essa técnica permite a interconectividade e as medições do espaço e tornou-se um diferencial para o desenvolvimento e a validação de projetos (ROSENQVIST et al.,

2003). Esses sistemas fornecem dados consistentes em resolução espacial e temporal (BATTY; HOWES, 2001).

Diversos pesquisadores destacam que as fases iniciais de prospecção e os dados cartográficos devem ser capazes de representar fielmente as características que definem o território e responder aos objetivos estabelecidos para o estudo proposto (ARTIMO; MACEACHREN; TAYLOR, 1994). Devem ser estabelecidos critérios para (i) a seleção dos elementos a serem analisados; (ii) o nível de detalhamento que essas informações são capazes de fornecer sobre a área de estudo; e (iii) a seleção de fatores significativos do meio físico e do meio socioeconômico.

Autores como Luhmann (2000), Kraus (1993), Andrade (2003), Kramer (1996), Wolf (1995) e Jubanski, Mitishita e Bähr (2010), entre outros, debruçam-se sobre a pesquisa da técnica, da medição e da qualidade geométrica de produtos do sensoriamento remoto e da fotogrametria.

Autores como Siriba, Voß e Mulaku (2011), Bengel (2000), Philips (2010) e Loch e Erba (2007) discutem a produção do cadastro técnico gerado a partir de sensores remotos, bem como aplicabilidades à gestão, ao ordenamento e ao planejamento territorial.

Autores como Smolka e Mullahy (2007), Thoenig (2004), Massardier (2003) e Jones (1970), entre outros, têm se dedicado aos estudos conceituais de políticas públicas e ao papel desempenhado em contextos sociais de países em desenvolvimento.

No Brasil autores como Alfonsin (2007), Maricato (2002) e Rolnik et al. (2006) atentam-se às questões urbanas e sociais da irregularidade fundiária e aos estudos referentes ao estabelecimento da regularização fundiária como política pública e seus reflexos no desenvolvimento territorial.

Autores como Batista (2008), Diniz (2003), Fernandes (2002), Fernandes (2010) e Ribeiro (2003) discutem a interface jurídica dos processos de regularização fundiária, entre eles a seguridade jurídica e a efetividade da legislação como resposta aos desafios propostos com a implantação do Estatuto da Cidade (Lei n. 10.257/01) e seus instrumentos jurídicos e urbanísticos.

Estudos específicos visam desenvolver métodos e experimentos relacionados ao estabelecimento de cadastros técnicos multifinalitários (CTM) integrados à cartografia digital e à gestão territorial

(KARNAUKHOVA, 2003; LEMOS II, 2010; PINHEIRO JÚNIOR, 2009).

Propostas metodológicas para o cadastro territorial para fins de regularização fundiária em áreas de interesse social são estabelecidas no campo das Ciências da Informação. Visam a cadastros territoriais informatizados em ambiente de informação geográfica e à disseminação da sua utilidade para o planejamento e o controle urbano, por meio de análises otimizadas de fenômenos urbanos, ambientais e sociais, possibilitando a manipulação de volume de dados provenientes de fontes distintas (ALMEIDA; ANTUNES; BRANDALIZE, 2011; ROSENFELDT, 2012; ROSENFELDT; LOCH, 2012) e sua contribuição para uma melhoria qualitativa no processo de tomada de decisão e gestão em escala regional e urbana (JULIÃO, 2001).

Nota-se que, isoladamente, diferentes autores pesquisam temas que convergem para a temática da política pública de regularização fundiária. No entanto, não há pesquisas científicas multidisciplinares que combinam os campos de conhecimento das Ciências Exatas e da Terra (Geofísica, Geodésia e Ciências Sociais Aplicadas) aos métodos de cartografia e fotogrametria, apoiadas pelo sensoriamento remoto, pelos sistemas de informações geográficas (SIG) e pelo geoprocessamento. Estudos que estabeleçam métodos adequados para a realização da regularização fundiária plena em atendimento ao Código Civil garantem o suporte aos processos judiciais desde a gleba até a parcela cadastral e sua avaliação no que se refere à vizinhança e à amarração das glebas. Essas etapas representam o processo de transformação da estrutura urbana causado pelas ações antrópicas no meio e trazem para a discussão da gestão, do planejamento e do ordenamento territorial as políticas públicas de regularização fundiária e a necessidade de subsidiá-las por parâmetros cadastrais adequados, estruturados em sistemas cadastrais multifinalitários.

### 1.3 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA E HIPÓTESES DE PESQUISA

O Brasil não possui uma política nacional integrada de ordenamento territorial. O governo utiliza um conjunto de políticas públicas e instrumentos de planejamento territorial. Entre as políticas públicas, citam-se a de Desenvolvimento Regional (PNDR), a de Desenvolvimento Urbano (PNDU), a de Desenvolvimento Rural Sustentável (PDRS) e a de Meio Ambiente (PNMA). Esta última visa

compatibilizar o desenvolvimento socioeconômico com a preservação da qualidade do meio ambiente e do equilíbrio ecológico (art. 4º, inciso I, Lei n. 6.938/81).

Dentre os instrumentos de planejamento territorial, podem ser citados: na área ambiental, o Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE), os Planos Diretores de Bacias Hidrográficas, os Planos de Manejo de Unidades de Conservação e, recentemente, o Estatuto das Metrôpoles (Lei n. 13.089/15), que estabelece diretrizes gerais para o planejamento, a gestão e a execução das funções públicas de interesse comum em regiões metropolitanas e em aglomerações urbanas instituídas pelos estados.

Na esfera estadual, Santa Catarina possui planos diretores em todas as suas microrregiões. Participa do Programa da Agenda 21, do Zoneamento Ecológico-Econômico e do Programa de Região Metropolitana, com destaque para a Lei Estadual de Parcelamento do Solo Urbano – Lei n. 6.063/1982, art. 3º, § I, III, IV e VI. Para fortalecer os instrumentos de planejamento e gestão territorial recentemente, foi aprovada a Lei do Estatuto da Metrópole, com base na Lei n. 13.089/2015.

Na esfera municipal cabe aos municípios a elaboração de planos diretores, revisados a cada 10 anos para municípios com mais de 20 mil habitantes, localizados em regiões metropolitanas (Lei n. 13.089/2015) ou de interesse turístico. Essa obrigatoriedade não atinge 70,4% dos municípios brasileiros com população inferior a 20 mil habitantes (IBGE, 2012), realidade esta diferente para o estado de Santa Catarina, onde 100% dos municípios encontram-se inseridos em contexto metropolitano.

Parte integrante de uma política de ordenamento territorial, os estudiosos destacam que a regularização fundiária é uma política de difícil efetivação devido à interdisciplinaridade da matéria e da inadequação da legislação (ALFONSIN, 2007; FERNANDES, 2002; OLIVEIRA, 2002).

Nas áreas rurais as ações de regularização fundiária são apoiadas pelo Incra. A Lei n. 10.267/2001, a partir da Norma Técnica para Georreferenciamento de Imóveis Rurais, trata de subsidiar tecnicamente os procedimentos, permitindo o atendimento ao art. 500 do Código Civil. A Lei do Cadastro Ambiental Rural (Lei n. 12.651/2012) permite a regularização legal da propriedade, bem como o planejamento ambiental e econômico dos imóveis rurais.

Nas áreas urbanas, as ações de regularização fundiária são de responsabilidade dos municípios, reguladas por planos diretores municipais, que devem prever em seus institutos legislativos os instrumentos necessários para a sua efetivação (Constituição da República Federativa do Brasil – CRFB 1988).

A administração municipal deve definir competências internas e procedimentos para viabilizar e operacionalizar a regularização fundiária, a começar pelo desenvolvimento de *cadastro técnico multifinalitário e planos locais de regularização fundiária*.

No caso de terras de domínio privado até o ano de 2015, a regularização de terras seguia os requisitos estabelecidos nos planos diretores municipais e na legislação federal, utilizando-se do instrumento jurídico da *usucapião*. Recentemente, o novo Código de Processo Civil (Lei n. 13.105/15) regulou os procedimentos administrativos extrajudiciais para a usucapião de bens imóveis (art. 1.071).<sup>1</sup> Em ambos os casos, a usucapião está amparada pelo Código Civil e estabelece que, para a efetivação dos procedimentos jurídicos ou extrajudiciais, o imóvel deve estar devidamente caracterizado (i) pelos limites, (ii) pelos confrontantes, (iii) pela área de localização e (iv) pelo tempo de posse.<sup>2</sup>

O Código Civil de 2002 introduziu os conceitos de *extensa área; posse ininterrupta e de boa-fé; lapso temporal de cinco anos; considerável número de pessoas; e obras e serviços de relevante interesse social ou econômico*, indicando tomar por base a *Usucapião Especial Urbana Coletiva*, prevista no art. 10 do Estatuto da Cidade,

---

<sup>1</sup> Art. 1.071 (Lei n. 13.105/15). “Procedimento a ser requerido perante o oficial de registro de imóveis para situações em que há consenso e disponibilidade de direitos envolvidos. Visa celeridade às atividades jurisdicionais.”

<sup>2</sup> Art. 1.238 (Código Civil de 2002). “Aquele que, por quinze anos, sem interrupção, nem oposição, possuir como seu um imóvel, adquire-lhe a propriedade, independentemente de título e boa-fé; podendo requerer ao juiz que assim o declare por sentença, a qual servirá de título para o registro no cartório de registro de imóveis.”

Art. 1.242 (Código Civil de 2002). “Adquire também a propriedade do imóvel aquele que, contínua e incontestadamente, com justo título e boa-fé, o possuir por dez anos.”

Art. 1.240 (Código Civil de 2002). “Aquele que possuir, como sua, área urbana de até duzentos e cinquenta metros quadrados, por cinco anos ininterruptamente e sem oposição, utilizando-a para sua moradia ou de sua família, adquirir-lhe-á o domínio, desde que não seja proprietário de outro imóvel urbano ou rural.”

relativamente ao que se refere ao número de ocupantes ou de moradias da área objeto, analisando a metragem conforme inseridas em um contexto local e regional (art. 1.228, § 4º e § 5º, do Código Civil de 2002). Esse entendimento reconhece algumas características das áreas irregulares como (i) a alta dinâmica, (ii) o subparcelamento e (iii) a natureza coletiva (quando os limites individuais da posse ou da propriedade não são fisicamente identificados) e, muitas vezes, colocam-nas em desconformidade com os critérios estabelecidos pelo Código Civil (ROSENFELDT, 2012).

Em todos os casos, *usucapião individual, coletiva ou extrajudicial*, a comprovação da posse do imóvel em áreas urbanas pelo lapso ininterrupto de, pelo menos, cinco anos pode ser atestada por mapas e fotografias aéreas organizadas em séries históricas. Já o cumprimento ao art. 500, § 1º, requer produtos cartográficos adequados em unidade e medida.

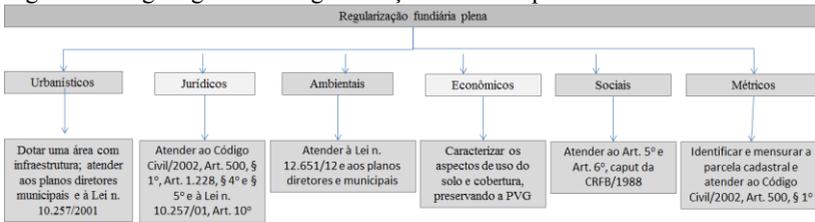
Tais parâmetros que embasam o estabelecimento de critérios técnicos requerem, para a efetivação da regularização fundiária plena, (i) embasamento técnico e histórico da ocupação territorial; (ii) parâmetros adequados para o ordenamento territorial a partir da urbanização e da infraestruturização de áreas; (iii) atendimento aos planos diretores municipais e à Lei n. 10.257/2001; (iv) atendimento à legislação federal que regulamenta o direito de propriedade (Lei n. 1.240/2002) em seu art. 500, § 1º, e art. 1.228, § 4º e § 5º; (v) atendimento à legislação federal que regulamenta as questões ambientais (Lei n. 12.651/12); e atendimento aos direitos fundamentais (art. 5º e art. 6º<sup>3</sup> da CRFB 1988). A imagem a seguir ilustra a multidisciplinaridade da regularização fundiária plena (Figura 1).

---

<sup>3</sup> Art. 5º (CRFB 1988). “Todos são iguais perante a lei, sem distinção de qualquer natureza, garantindo-se aos brasileiros e aos estrangeiros residentes no País a inviolabilidade do direito à vida, à liberdade, à igualdade, à segurança e à propriedade.”

Art. 6º (CRFB 1988). “São direitos sociais a educação, a saúde, a alimentação, o trabalho, a moradia, o transporte, o lazer, a segurança, a previdência social, a proteção à maternidade e à infância, a assistência aos desamparados, na forma desta Constituição.” (Redação dada pela Emenda Constitucional n. 90, de 2015.)

Figura 1 – Organograma da regularização fundiária plena



A produção da cartografia cadastral para projetos de regularização fundiária, em sua grande maioria, é elaborada por técnicas topográficas. Embora não haja uma legislação específica que regulamente os parâmetros técnicos do cadastro urbano no Brasil, a escolha dessa técnica tem sido justificada porque se obtêm melhores resultados de precisão e acurácia, capazes de atender ao art. 500, § 1º, do Código Civil de 2002. Outra justificativa para o uso dessa técnica é de ordem gerencial e financeira, sob a alegação de que os municípios brasileiros não possuem capacidade institucional e financeira para buscar métodos alternativos, a exemplo do método fotogramétrico.

A utilização de métodos topográficos (i) não garante a legitimação do processo de ocupação territorial em espaço temporal; (ii) não fornece, de forma exaustiva, dados técnicos necessários para proceder com a urbanização da área; (iii) não garante a sistematização do levantamento, trazendo garantias com relação à justaposição dos limites e dos confrontantes; e, em muitos casos, (iv) provoca uma insegurança jurídica, onera e inviabiliza os projetos de regularização fundiária propostos pelos municípios ao longo do país. Este último dado pode ser confirmado pelos resultados obtidos após 15 anos de aprovação da Lei do Estatuto da Cidade e seis anos da Lei do Direito à Moradia (Lei n. 11.977/2009), que regulamentam instrumentos para a efetivação da regularização fundiária plena. Embora não haja resultados numéricos efetivamente publicados, sabe-se que as práticas de regularização fundiária concentraram-se nas discussões de ordem urbana e social e avançaram pouco no quesito legitimação jurídica da propriedade fundiária. Essa situação se dá pela carência de diagnósticos precisos da realidade territorial e da incapacidade técnica das municipalidades em operacionalizar os procedimentos.

Nesse contexto, o problema científico ao qual se refere à pesquisa

*Pi: Como aperfeiçoar as políticas públicas de regularização fundiária propostas pelo Governo Federal?*

A partir do problema, foram definidas as seguintes hipóteses de trabalho:

*H(o) A integração de métodos como geodésia, fotogrametria e fotointerpretação para o levantamento cadastral e topográfico de glebas permite legitimar juridicamente os procedimentos de regularização fundiária;*

*H(i) Métodos de monitoramento da paisagem permitem o estabelecimento de critérios técnicos específicos (forma cultural da ocupação territorial, aptidão à urbanização) para subsidiar a tomada de decisão dos procedimentos de regularização fundiária; e*

*H(ii) É possível construir sistemas cadastrais que permitam estabelecer níveis de informação e parâmetros correlatos para as confrontações entre as parcelas baseadas em imagens e que atendam adequadamente aos procedimentos da regularização fundiária plena em áreas urbanas e rurais.*

#### 1.4 INEDITISMO

Métodos de monitoramento da antropização da paisagem permitem uma análise regressiva do processo de ocupação territorial até a identificação da estrutura fundiária original. Esses métodos possibilitam a identificação da forma cultural da ocupação territorial e a aptidão do solo correspondente à urbanização das áreas.

Análises de aptidão à urbanização com base na pedogênese do solo permitem identificar potenciais e limitações ao uso e à cobertura do solo, incluindo a identificação das restrições ambientais locais.

A utilização do CTM associada à bacia hidrográfica como recorte espacial estabelece uma adequada unidade de planejamento. Permite a estruturação de informações geográficas a partir da unidade cadastral, seguindo os pressupostos do ordenamento territorial, com premissas de estarem coerentes com a unidade de planejamento. A antropização caracterizada e representada pelo CTM identifica o autor de intervenção no meio, tornando-se, assim, a base da gestão territorial.

O recorte espacial utilizando-se de bacia hidrográfica é consenso na Academia, defendido por pesquisadores das Áreas Tecnológicas e das Ciências Sociais Aplicadas. Esse consenso se deve ao entendimento de que uma gestão territorial efetiva deva considerar e integrar os

aspectos da paisagem, desde a sua forma original, sua ocupação, os atores de antropização, de modo a estabelecer as formas de ocupar o território. Uma bacia hidrográfica permite, de forma representativa e não aleatória, a definição das amostras para associar espaços rurais e urbanos, monitorar riscos ecológicos e sociais e avaliar a adequação do uso e da ocupação do solo.

Nas etapas judiciais e extrajudiciais do processo de regularização fundiária, a identificação da estrutura fundiária é importante para subsidiar o reconhecimento da cadeia dominial. Na etapa técnica a identificação da cadeia dominial torna-se referência para as relações topológicas de vizinhança e os confrontantes entre as glebas, permitindo identificar o processo de transformação da estrutura urbana (parcelamento), desde sua origem. Esses processos foram gerados pela colonização e somados ao processo contínuo de antropização no meio.

A gestão territorial deve ter por objetivo aperfeiçoar o uso e a ocupação do solo por meio de processos contínuos de planejamento e intervenção sistêmicos (McLAUGHLIN, 1969). Essas ações demandam informações territoriais confiáveis para apoiar a tomada de decisão, e o sensoriamento remoto apresenta-se como subsídio ao planejamento e à gestão territorial (BENGEL, 2000; KAUFMANN; STEUDLER, 1998; LOCH; ERBA, 2007; PHILIPS, 2010).

Existem diferentes métodos de levantamentos cadastrais para os procedimentos de regularização fundiária plena de glebas rurais e urbanas, entre eles podem ser citados o método topográfico e o fotogramétrico. Esta pesquisa se debruça sobre o método fotogramétrico. Utilizando-se de método fotogramétrico, os dados levantados referentes ao contexto das áreas (físicos, ecológicos e antrópicos) são de ordem quantitativa e qualitativa. Os dados quantitativos podem ser mensurados a partir da (i) resolução espacial, (ii) precisão e (iii) acurácia dos diferentes produtos fotogramétricos/sensores; e (iv) qualidade temática propiciada por diferentes sensores/dados cartográficos. Os dados qualitativos podem ser mensurados a partir dos indicadores: (i) resolução temporal; (ii) topologia de banco de dados; e (iii) aplicabilidades do produto.

Esses dados, quando sistematizados, permitem (i) avaliar a qualidade de produtos fotogramétricos para a composição de sistema cadastral que atenda às demandas da regularização fundiária; (ii) estabelecer parâmetros cadastrais adequados que atendam aos procedimentos da regularização fundiária plena de glebas rurais e

urbanas; e (iii) avaliar a consistência das informações cadastrais disponíveis nas municipalidades.

O desenvolvimento de uma interface entre as possibilidades técnicas da geodésia, da fotogrametria e da fotointerpretação aplicadas às demandas jurídicas da regularização fundiária plena permitirá aperfeiçoar os procedimentos e subsidiar diferentes pesquisas aplicadas ao tema.

Para tanto, o ineditismo desta tese consiste em demonstrar que o método fotogramétrico fornece dados quantitativos e qualitativos consistentes, permitindo estabelecer o sistema cadastral multifinalitário adequado para viabilizar a regularização fundiária plena de glebas rurais e urbanas, em atendimento às exigências do Código Civil de 2002 (em seu art. 500, § 1º, e art. 1.228, § 4º e § 5º), da Lei n. 10.257/01 (art. 10º) e das Leis n. 10.267/01 e n. 12.651/12, propiciando um conjunto de produtos temáticos para apoiar a estruturação de propostas multidisciplinares que facilitem a boa governança e a transparência na gestão pública.

Em um sistema cadastral estão estabelecidos os parâmetros cadastrais métricos, a cartografia em escala cadastral, o cadastro técnico e a estrutura de dados espaciais adequados para suportar os processos judiciais para o pleito da regularização fundiária plena. Um sistema cadastral permite identificar, de forma contextualizada, as glebas e as parcelas que compõem a estrutura fundiária, sua avaliação no que se refere às relações topológicas de vizinhança com os seus confrontantes, a aptidão do solo, a capacidade de uso, a viabilidade construtiva, acessibilidades e a análise temporal segundo a legislação brasileira.

## 1.5 CONTRIBUIÇÃO CIENTÍFICA E RELEVÂNCIA DO TRABALHO

Compartilhando com os conceitos sobre inovação estabelecidos por Schumpeter (1982), pelo MRE (BRASIL, 2011b) e pela Lei n. 10.973/2004, o estabelecimento de sistemas cadastrais multifinalitários para os processos de regularização fundiária é uma inovação na administração pública brasileira.

O aperfeiçoamento de processos a partir da aplicação de novas técnicas, novo método de produção e organização de dados traz segurança jurídica em relação aos métodos tradicionais para a regularização de áreas. Representa um avanço tecnológico porque

sistematiza a produção de dados compatíveis para o suporte de processos judiciais e o pleito da regularização fundiária, segundo a legislação brasileira.

O problema científico é relevante na medida em que associa os conhecimentos desenvolvidos na Academia com as demandas existentes na sociedade. A metodologia proposta contribui para a melhoria das práticas de gestão e governança nas municipalidades. Aperfeiçoa-se a capacidade do poder público de gerir os recursos de seu território de forma participativa, orientada pelo consenso, pela transparência equitativa, promovendo o desenvolvimento econômico e o equilíbrio ecológico (LOCH; ERBA, 2007). A disseminação dessas práticas nas instituições governamentais públicas brasileiras é relevante para o desenvolvimento econômico, social e ambiental do país, viabilizando a interação técnica, jurídica e social na sociedade.

Os procedimentos de regularização fundiária, realizados a partir da estrutura fundiária original até a identificação da parcela cadastral, e sua avaliação no que se refere às relações topológicas de vizinhança e confrontantes e aos estudos geomorfológicos e pedológicos como condicionantes à urbanização representam o processo de transformação da estrutura urbana, causados pelas ações antrópicas no meio.

Nesse sentido, as contribuições científicas deste trabalho são (i) gerar subsídios tecnológicos e técnicos para a reformulação das políticas públicas de regularização fundiária, ordenamento e planejamento territorial; (ii) apontar uma solução com fundamentação tecnológica para otimizar procedimentos; (iii) trazer seguridade jurídica para os procedimentos de regularização fundiária; e (iv) desenvolver mecanismos de governança com transparência na gestão pública brasileira.

Dessa forma, as informações produzidas e sistematizadas significarão o fomento às políticas públicas territoriais, subsidiando-as tecnicamente, além de contribuir para novos trabalhos científicos de pesquisa relacionados ao tema.

## 1.6 ENQUADRAMENTO METODOLÓGICO DA PESQUISA

Trata-se de pesquisa científica que parte da determinação de um objeto específico de investigação, da explicitação e do estabelecimento de um método para essa investigação. Quanto à natureza, é classificada como social aplicada, estabelecendo teorias às necessidades humanas.

Adota uma abordagem multidisciplinar, do tipo pesquisa explicativa. Preocupa-se em identificar os fatores que determinam ou que contribuem para a ocorrência dos fenômenos, por meio dos resultados oferecidos. Utiliza-se de lógica hipotético-dedutiva, quando os conhecimentos disponíveis para determinado assunto são insuficientes para explicar um fenômeno. Estabelece o problema, as hipóteses, a dedução de consequências observadas, a tentativa de falseamento e a corroboração.

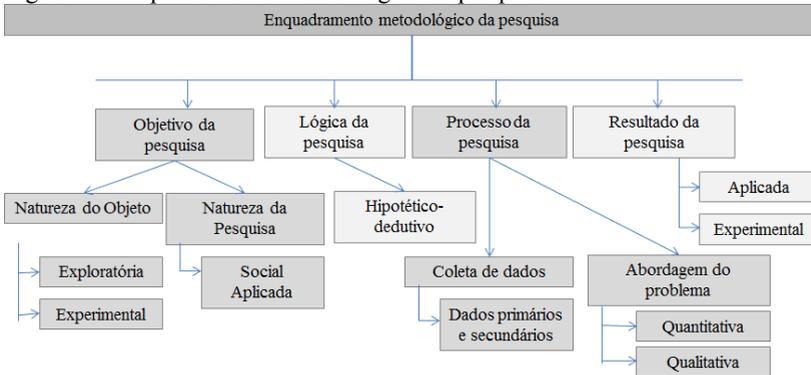
A natureza do objetivo é definida como exploratória e experimental. Nas etapas iniciais é exploratória porque envolve o levantamento bibliográfico e tem por objetivo construir o estado da arte sobre o tema da pesquisa científica, proporcionando maior familiaridade com o problema, com vistas a construir hipóteses (VIEIRA, 2002).

A pesquisa possui abordagem quantitativa e qualitativa. Os trabalhos que possuem abordagem quantitativa são aqueles em que os dados são tabulados e permitem o teste das hipóteses estatísticas (GIL, 2007). Os trabalhos de abordagem qualitativa reconhecem as especificidades do viés da ciência social da pesquisa: os aspectos da realidade que não podem ser quantificados e centram-se na compreensão e na explicação da dinâmica das relações sociais. A utilização de uma abordagem conjunta da avaliação qualitativa e quantitativa destaca-se pela inclusão de avaliações integradas em função da complexidade dos dados e das análises nas Ciências Sociais (CRESWELL, 2007).

Quanto aos resultados da pesquisa, considera-se como pesquisa aplicada, diante da utilização dos conhecimentos gerados, principalmente, pela pergunta de pesquisa, pelos objetivos decorrentes e pelas oportunidades identificadas (LAKATOS; MARCONI, 2007). Posteriormente, é experimental, uma vez que é explicativa decorrente da dedutiva. Preocupa-se em identificar os fatores que determinam ou que contribuem para a ocorrência dos fenômenos (GIL, 2007).

O enquadramento metodológico da pesquisa é apresentado na Figura 2.

Figura 2 – Enquadramento metodológico de pesquisa



## 1.7 OBJETIVOS

A seguir são apresentados os objetivos geral e específicos da pesquisa.

### 1.7.1 Objetivo geral

Desenvolver modelo conceitual de integração da geodésia, da fotogrametria e da fotointerpretação na construção de sistema cadastral para viabilizar a regularização fundiária plena, em glebas urbanas, em conformidade com os parâmetros legais exigidos pelo Código Civil brasileiro e os pressupostos do ordenamento territorial.

### 1.7.2 Objetivos específicos

Utilizando como estudo de caso as Bacias Hidrográficas Independentes da Vertente Leste, localizadas no município de Joinville (SC), para o cumprimento do objetivo geral, estabelecem-se os seguintes objetivos específicos:

- a) de forma comparativa com países europeus, discutir a questão da mentalidade cartográfica e cadastral no Brasil, necessárias para suportar um projeto de regularização fundiária moderno e transparente;
- b) descrever o processo de antropização, caracterizando a forma cultural da ocupação territorial nas Bacias Hidrográficas

Independentes da Vertente Leste, localizadas no município de Joinville (SC);

c) realizar análise de aptidão espacial à urbanização com base na pedogênese do solo, identificando as condicionantes ambientais para a ocupação do território;

d) realizar testes e avaliar a qualidade geométrica de produtos fotogramétricos para a composição de sistema cadastral adequado para a regularização fundiária plena em glebas urbanas;

e) estabelecer os parâmetros técnicos – topológicos geográficos e temáticos – para a composição de sistema cadastral multifinalitário que atenda adequadamente aos procedimentos da regularização fundiária plena em glebas urbanas; e

f) desenvolver um modelo conceitual de integração entre a geodésia, a fotogrametria e a fotointerpretação para subsidiar a construção de um sistema cadastral adequado para atender ao Código Civil e viabilizar a regularização fundiária.

## 1.8 ESTRUTURA DA TESE

Tendo sido definidos os objetivos da pesquisa e da abrangência do tema de tese, esta foi subdividida em seis capítulos.

O Capítulo 1 estabelece o estado da arte da pesquisa científica. Princípios de uma pesquisa sobre o tema da regularização fundiária, a partir da correlação entre a geodésia, a fotogrametria e a fotointerpretação, inserido em temas como gestão, ordenamento e planejamento territorial, requer documentar o atual nível de desenvolvimento do campo em estudo. Este capítulo é fundamental para explicar as contribuições da tese ao estado de conhecimento atual. Os resultados da pesquisa bibliográfica compõem a fundamentação teórica e conceitual do estudo proposto. Os resultados da pesquisa documental servem como parâmetros analíticos e conceituais para o estudo de regularização fundiária e ordenamento territorial no contexto das Ciências Exatas e da Terra (Geodésia, incluindo informação, cadastro e mapeamento) e Ciências Sociais Aplicadas (Planejamento Regional e Urbano).

O Capítulo 2 dedica-se a apresentar material e método da pesquisa científica. Os dados utilizados são apresentados de forma sistematizada.

O Capítulo 3 apresenta a fundamentação teórica. Trata-se do conjunto de conceitos teóricos que subsidiaram a pesquisa científica.

O Capítulo 4 apresenta a delimitação da pesquisa. São apresentados os recortes legais e espaciais. O recorte legal trata de explicar o conjunto de legislações que norteiam o tema e amparam os procedimentos de regularização fundiária. O recorte espacial busca caracterizar a área de estudos – Bacias Hidrográficas Independentes da Vertente Leste, localizadas no município de Joinville (SC), onde foram realizadas as pesquisas de levantamento e a proposta do sistema cadastral.

O Capítulo 5 apresenta a análise dos resultados. Os resultados estão organizados de acordo com os objetivos específicos da pesquisa, a partir do método adotado. Com o estágio *sandwich* em países europeus, investigam-se dois estudos de caso específicos, a saber: (i) como Portugal busca soluções para os seus conflitos fundiários a partir da política de ordenamento territorial e da criação de conjuntos de dados geográficos; e (ii) quais os métodos e os procedimentos técnicos para a composição de sistemas cadastrais na Alemanha.

O desenvolvimento dos resultados tem como abordagem central a modelagem conceitual de integração entre a geodésia, a fotogrametria e a fotointerpretação para modelar um sistema cadastral que seja adequado para viabilizar a regularização fundiária.

Na sequência caracteriza-se a paisagem, analisando o processo de antropização e a forma cultural da ocupação territorial nas Bacias Hidrográficas Independentes da Vertente Leste, no município de Joinville (SC). Utiliza-se de fotointerpretação de séries históricas de fotografias aéreas disponíveis sobre as áreas de estudo, que viabilizam o monitoramento e a análise regressiva das glebas até a identificação da estrutura fundiária. Tal procedimento é importante para resgatar as características originais da área, elementos que possam apoiar a cadeia dominial do parcelamento do solo. A disposição da estrutura fundiária torna-se referência de vizinhança e estabelece a relação topológica entre as glebas, permitindo identificar o processo de transformação da estrutura urbana (parcelamento), causado pela antropização, desde sua origem até as estruturas urbanas e as atuais.

A aptidão espacial do solo à urbanização sistematiza os diferentes atributos das Bacias Hidrográficas Independentes da Vertente Leste, em Joinville (SC), e as possíveis condicionantes para áreas de risco. Nesta etapa é possível restituir níveis de informação como a drenagem original, o leito original dos rios e os elementos para a caracterização pedológica das sub-bacias. Os resultados da análise de aptidão espacial à

urbanização apoiam-se no Boletim Técnico do Município de Joinville (PMJ, 2011).

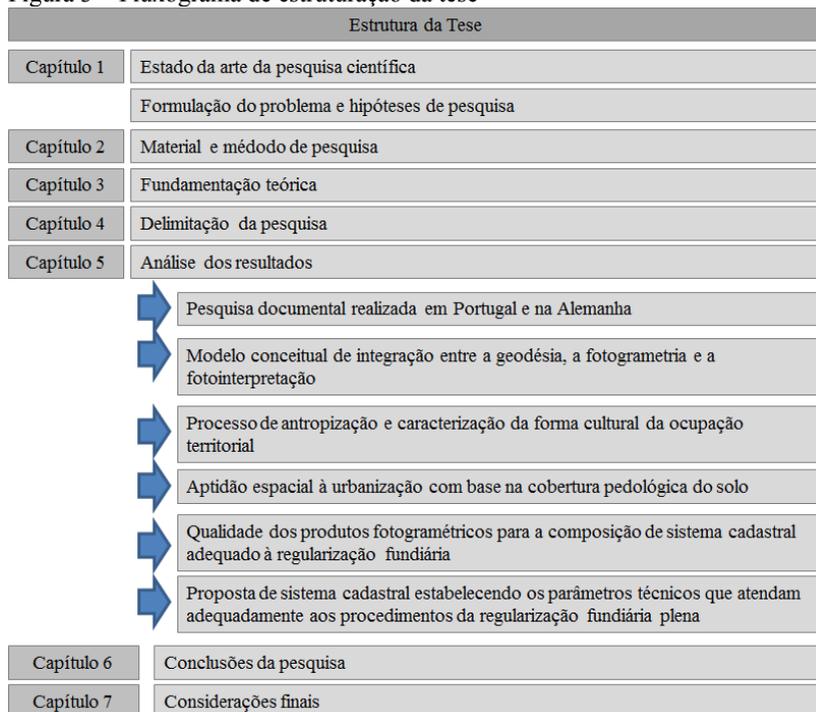
Na sequência, são estabelecidos os pontos de controle terrestres (PCT) para as amostras selecionadas e apresentadas no Capítulo 4. Posteriormente, exibem-se os resultados realizados para os testes de qualidade dos produtos fotogramétricos públicos disponíveis e sua capacidade para subsidiar a construção de um sistema cadastral para a regularização fundiária.

O sistema cadastral adequado para a regularização fundiária descreve a estruturação da IDE e do banco de dados geográficos, incluindo os níveis de informação e a topologia.

Por fim, os Capítulos 6 e 7 apresentam as conclusões de pesquisa e as considerações finais, respectivamente.

A figura a seguir apresenta a estrutura da tese, considerando os objetivos específicos e os resultados de pesquisa (Figura 3).

Figura 3 – Fluxograma de estruturação da tese





## 2 MATERIAIS E MÉTODO DE PESQUISA

### 2.1 MATERIAIS UTILIZADOS

Os materiais utilizados são aqueles constantes no sistema cadastral do município de Joinville (SC). Consistem em imagens aéreas, dados *raster*, bases cartográficas e dados vetoriais municipais e de legislação nas três esferas governamentais correlacionadas ao tema.

Para o município de Joinville (SC), utilizam-se os produtos cartográficos que fazem a cobertura das Bacias Independentes da Vertente Leste, em especial as sub-bacias que contemplam os bairros Jardim Iriiriu e COMASA, disponíveis no sistema SIMgeo,<sup>4</sup> sendo

1. fotografias aéreas do ano de 1937-1938 em escala nominal: 1/20.000. O serviço de aerolevanteamento foi executado pela Marinha Norte-Americana e cedido pela Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico Sustentável de Santa Catarina (SDS/SC) para a Prefeitura Municipal de Joinville;

2. fotografias aéreas do ano de 1957 em escala nominal: 1/25.000. O serviço de aerolevanteamento foi executado por Serviços Aerofotogramétricos Cruzeiro do Sul S.A.;

3. fotografias aéreas do ano de 1966 em escala nominal: 1/60.000. O serviço de aerolevanteamento foi executado por LASA Levantamentos Aerofotogramétricos S.A.;

4. fotografias aéreas do ano de 1978 em escala nominal: 1/25.000. O serviço de aerolevanteamento foi executado por Serviços Aerofotogramétricos Cruzeiro do Sul S.A.;

5. fotografias aéreas do ano de 1989 em escala nominal: 1/8.000. O serviço de aerolevanteamento foi executado por Esteio Engenharia e Aerolevanteamentos S.A.;

6. fotografias aéreas do ano de 1996 em escala nominal: 1/60.000. O serviço de aerolevanteamento foi executado pela 1ª Divisão de Levantamento do Exército Brasileiro;

---

<sup>4</sup> Disponível em: <<https://prefeituradigital.joinville.sc.gov.br/servico/detalhe-3-SIMGeo.html>>.

7. Ortofotos em escala 1/1.000 do ano de 2007, em escala de voo 1/5.000. O serviço de aerolevanteamento foi executado por Aeroimagem Engenharia e Aerolevanteamento;

8. base cartográfica do ano de 2007 em SIRGAS 2000, escala 1/1.000. O serviço de aerolevanteamento foi executado por Aeroimagem Engenharia e Aerolevanteamento.

9. base cartográfica do ano de 2010 em SIRGAS 2000, escala 1/5.000. O serviço de aerolevanteamento foi executado por Aeroimagem Engenharia e Aerolevanteamento; e

10. rede de referência cadastral municipal, ano 2010.

A legislação que se utiliza como referência para o município de Joinville (SC) está descrita na sequência.

1. Plano Básico de Urbanismo (PBU) de 1965, executado pela Sociedade SERETE de Estudos e Projetos Ltda. e por Jorge Wilhelm – Arquitetos Associados.

2. Plano Diretor de Joinville – Lei Ordinária Consolidada n. 1.262, de 27/04/1973, executado pela Sociedade SERETE de Estudos e Projetos Ltda. e por Jorge Wilhelm – Arquitetos Associados.

3. A Lei Complementar n. 27/96 atualiza as normas de uso e ocupação do solo, redefine o perímetro urbano, institui o parcelamento do solo e a ocupação na forma de condomínios residenciais – no município de Joinville (SC) – e dá outras providências semelhantes.

4. A Lei Complementar n. 261, de 28/02/2008, dispõe sobre as diretrizes estratégicas e institui o Plano Diretor de Desenvolvimento Sustentável do Município de Joinville e dá outras providências.

5. A Lei Complementar n. 312, de 19/02/2010, altera e dá nova redação à Lei Complementar n. 27, de 27/03/1996, que atualiza as normas de parcelamento, uso e ocupação do solo no município de Joinville e dá outras providências.

## 2.2 EQUIPAMENTOS E *SOFTWARES* UTILIZADOS

Para esta pesquisa, foram constituídos sistemas cadastrais e confeccionados produtos cartográficos temáticos. Utilizam-se os *softwares* ArcMap10 versão 10.2, licenciado pelo LabFSG/UFSC; e AutoCAD versão 2012, licenciado pela UFSC. Para a manipulação de

dados espaciais, emprega-se o Global Mapper, licenciado pelo LabFSG/UFSC.

Para as análises e a tabulação de dados, utiliza-se do pacote Office versão 2010, Word e Excel, disponibilizados pela CETIC/UFSC.

Para os trabalhos de levantamento dos PCT no município de Joinville (SC), são utilizados os receptores GPS e GLONASS, marca Topcon, de dupla frequência (L1 e L2), modelo Hiper 8Q7KQOI0YDC.

Para o processamento de dados de levantamento, utiliza-se o *software* Topcon Tools, versão 6.11.01.

Para a fotointerpretação visual das imagens aéreas, emprega-se estereoscópio de espelho, apoiado em trabalhos complementares em campo, para a certificação dos produtos gerados.

## 2.3 MÉTODO DE PESQUISA

Os métodos de pesquisa utilizados consistem em (i) pesquisa bibliográfica, (ii) pesquisa de levantamento e (iii) método cartográfico de investigação em ambiente de informação geográfica (SIG).

A pesquisa bibliográfica fundamenta-se em fontes bibliográficas (ENSSLIN et al., 2010), pesquisa documental, entrevistas semiestruturadas e debates acadêmicos. Esse tipo de pesquisa aplica-se com eficiência nas Ciências Sociais e na investigação histórica. Abrange pesquisa documental, arquivos públicos, dados de registro (acontecimento, em observância a normas legais e administrativas), dados de recenseamento, demográficos, entre outros.

A pesquisa de levantamento coleta dados primários (RICHARDSON, 2007) e utiliza-se dos métodos geodésico, fotogramétrico e fotointerpretativo. Há o levantamento de amostras ou população, garantindo o conhecimento direto da realidade e a obtenção de dados agrupados em tabelas e gráficos, permitindo assim simulações, análises, sistematização e testes da proposta metodológica. A partir da determinação do objeto de estudo, selecionam-se as variáveis que seriam capazes de influenciá-lo e definem-se as formas de controle e de observação dos efeitos que a variável produz no objeto.

As análises fundamentam-se no método sistemático multidisciplinar. Estruturam-se a sistematização e a espacialização dos diversos elementos inerentes e condicionantes à temática da regularização fundiária em ambiente de informação geográfica.

Utiliza-se dos métodos (i) cartográfico de investigação (KARNAUKHOVA, 2003), (ii) analítico, (iii) comparativo (DETIENNE, 2000), (iv) de julgamento de especialistas (BAZERMAN, 2004) e (v) estatístico – ajustamento das observações (ARIZA, 2002; GEMAEL, 1994).

Os estudos multidisciplinares permitem uma visão holística da realidade territorial. Não se limitam a determinado número de variáveis ou informações, mas sim a diferentes níveis, aos quais correspondem diferentes temas da análise efetuada. A proposta desta tese reúne diferentes áreas do conhecimento (Planejamento Urbano e Regional/Demografia, Engenharia/Tecnologia/Gestão, Sociais e Humanidades, Geodésia, Cartografia, Fotogrametria e Geoprocessamento) e engloba diferentes perspectivas teóricas e métodos reconhecidos no meio científico para a obtenção de dados.

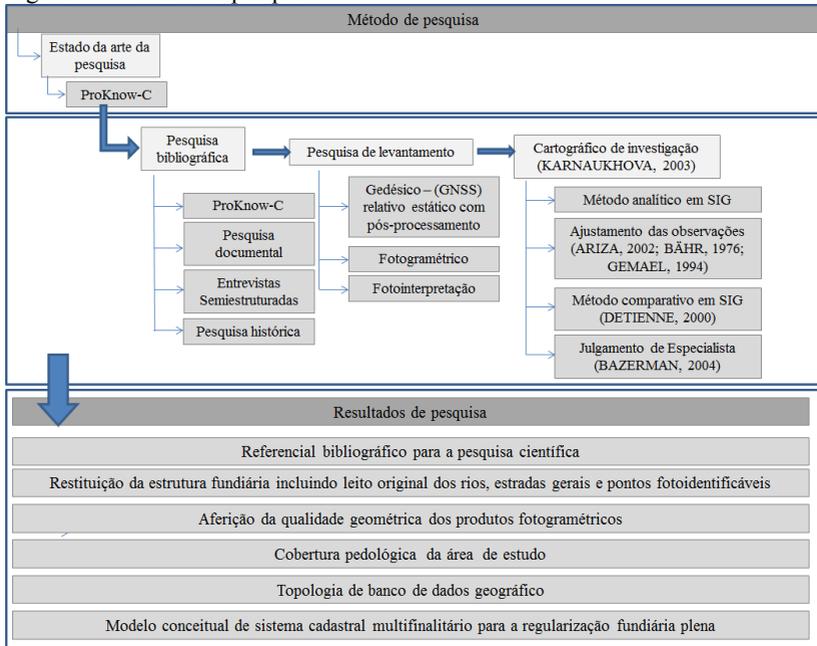
Para estudos que demandam análises territoriais, necessita-se da utilização de método de investigação científica que toma a cartografia como representação do modelo do objeto em análise. (KARNAUKHOVA, 2003). Operando sobre bases de dados sistematizados e geocodificados, executam-se análises, transformações e sínteses de dados. Com os conhecimentos da Geodésia, da Cartografia e de um conjunto de procedimentos computacionais, é possível tornar esses dados manipuláveis em ambiente SIG. Este método permite a composição de sistemas cadastrais multifinalitários.

O método comparativo permite incluir a componente temporal no processo analítico. Ao estabelecer as correlações entre a série temporal de fotografias aéreas e produtos cartográficos, compara passado e presente em uma dinâmica sistêmica, reconhecendo que os processos sociais e ecológicos são complexos e dinâmicos. O julgamento de especialistas valida as informações coletadas sistematizadas e subsidia as análises.

Por fim, o ajustamento das observações permite a validação de dados geodésicos obtidos na etapa de levantamento.

O método de pesquisa é apresentado no fluxograma da Figura 4. O Quadro 2 sintetiza os objetivos específicos e os resultados da pesquisa.

Figura 4 – Método de pesquisa





Quadro 2 – Roteiro metodológico de pesquisa para cumprimento dos objetivos específicos

<b>Objetivos específicos</b>	<b>Materiais</b>	<b>Método</b>	<b>Níveis de informação</b>	<b>Resultados</b>
<p>a) De forma comparativa com países europeus, discutir a questão da mentalidade cartográfica e cadastral no Brasil, necessárias para suportar um projeto de regularização fundiária moderno e transparente.</p>	<p>1) Literatura de referência: artigos indexados no portal de periódicos da Capes; teses científicas.  2) Em Portugal: (i) políticas de ordenamento territorial de Portugal (Lei n. 48/98, de 11 de agosto, Lei n. 58/2007); (ii) criação de conjuntos de dados geográficos, implementados pelo IGP, hoje DGT; e (iii) processos de regularização fundiária (AUGI – Lei n. 91/1995).  3) Na Alemanha: (i) cultura cadastral; (ii) conjunto de dados geográficos (estrutura</p>	<p>1) Sistematização de dados em e-Note.  2) Pesquisa bibliográfica – ProKnow-C.  3) Pesquisa documental.  4) Entrevistas semiestruturadas.  5) Debates acadêmicos quanto à confrontação e a adaptações de experiências europeias ao Brasil.  6) Participação em mesas-redondas juntamente com instituições cadastrais sobre</p>	<p>Referencial bibliográfico e documental que estabeleça os parâmetros de qualidade para a pesquisa proposta.</p>	<p>R (1) Estado da arte da pesquisa científica.  R (2) Estudo de caso – como Portugal busca soluções para os seus conflitos fundiários a partir da política de ordenamento territorial e da criação de conjuntos de dados geográficos.  R (3) Métodos e procedimentos técnicos para a composição de sistema cadastral na Alemanha.  R (4) Influência da mentalidade cadastral na gestão pública.</p>

Objetivos específicos	Materiais	Método	Níveis de informação	Resultados
	técnica, legal e institucional); e (iii) qualidade dos produtos cartográficos.	potencial da proposta.		
b) Descrever o processo de antropização, caracterizando a forma cultural da ocupação territorial nas Bacias Hidrográficas Independentes da Vertente Leste, localizadas no município de Joinville (SC).	<p>1) Fotografias aéreas, anos 1938, 1957, 1966, 1978, 1989 e 1996.</p> <p>2) Ortofotocartas 1/1.000, ano 2007.</p> <p>3) Imagem QuickBird multiespectral, ano 2008.</p> <p>4) Restituição aerofotogramétrica (escala 1/1.000, ano 2007, atualizada em 2010).</p> <p>5) Restituição aerofotogramétrica (escala 1/5.000, ano 2010).</p>	<p>1) Sistematização de dados em SIG.</p> <p>2) Retificação geométrica das fotografias de 1957, 1966, 1978, 1989 e 1996.</p> <p>3) Monitoramento – Análise regressiva da série histórica de fotografias aéreas.</p> <p>4) Classificação automática – Maxver.</p> <p>5) Fotointerpretação visual, orientada aos objetos.</p>	<p>1) Identificação dos pontos de divisa de propriedade.</p> <p>2) Mapeamento da distribuição espacial do parcelamento no território.</p> <p>3) Restituição do leito original dos rios.</p> <p>4) Restituição das estradas gerais.</p>	<p>R (5) Restituição da estrutura fundiária original, ano 1957.</p> <p>R (6) Restituição da hidrografia original.</p> <p>R (7) Descrição do processo de antropização e caracterização da forma cultural da ocupação territorial.</p> <p>R (8) Classificação de uso e cobertura do solo.</p>
c) Realizar análise	1) Estrutura fundiária	1) Fotointerpreta-	1) Análises dos	R (9) Cobertura pedológica.

<b>Objetivos específicos</b>	<b>Materiais</b>	<b>Método</b>	<b>Níveis de informação</b>	<b>Resultados</b>
de aptidão espacial à urbanização com base na pedogênese do solo, identificando as condicionantes ambientais para a ocupação do território.	original, ano 1957. 2) Classificação do uso e da cobertura do solo. 3) Fotografias aéreas, ano 1957.	ção com estereoscópio de espelhos. 2) Ficha para descrição morfológica de solos (IBGE, 2015). 3) Sistematização de dados em SIG. 4) Investigação orientada em campo.	atributos condicionantes: a) relevo local; b) drenagem; c) classe de erosão; d) posição do solo na paisagem; e) textura; e f) tipos de vegetação. 2) Estabelecimento das unidades pedológicas a partir de condições ambientais específicas (CAE).	R (10) Geomorfologia da paisagem. R (11) Reserva legal/APP (de rio/manguezal/declividade/restinga). R (12) Aptidão espacial à urbanização com base na cobertura pedológica e na APP.
d) Realizar testes e avaliar a qualidade de	1) Ortofotocartas, ano 2007 – escala 1/1.000 com GSD de 0,10 m.	1) Sistematização de dados em SIG. 2) Testes	1) Discrepâncias entre as coordenadas	R (13) Qualidade planimétrica da ortofotocarta, ano 2007.

Objetivos específicos	Materiais	Método	Níveis de informação	Resultados
produtos fotogramétricos para a composição de sistema cadastral adequado para a regularização fundiária plena em glebas urbanas.	2) Medições geodésicas – PCT. 3) Coordenadas lidas nas ortofotocartas.	estatísticos para o ajustamento das observações: - desvio padrão; - detecção de tendência; e - análise de precisão.	lidas na ortofotocarta e as suas homólogas determinadas por GNSS. 2) Teste de detecção de tendência. 3) Análise de precisão.	
e) Estabelecer os parâmetros técnicos – topológicos, geográficos e temáticos – para a composição de sistema cadastral multifinalitário que atenda adequadamente aos procedimentos da regularização	1) Dados cartográficos sistematizados em SIG: R (4) Restituição da estrutura fundiária original, ano 1957; R (9) Aptidão espacial à urbanização com base na cobertura pedológica/reserva legal/APP/declividade; e R (10) Qualidade planimétrica da	1) Sistematização de dados em SIG. 2) Definição de topologias de banco de dados geográfico: - estrutura fundiária; - cobertura pedológica; - declividade; - hidrografia; - uso e cobertura do solo;	1) Definição de banco de dados geográfico. 2) IDE para regularização fundiária.	R (14) Sistema cadastral que atenda aos parâmetros da regularização fundiária plena (urbanístico/jurídico/ambientais/sociais), contendo cartografia em escala cadastral integrada à IDE.

Objetivos específicos	Materiais	Método	Níveis de informação	Resultados
fundiária plena em glebas urbanas.	ortofotocarta, ano 2007. 2) Mapeamentos temáticos produzidos pelo município de Joinville (SC).	- rede viária; - áreas inundáveis; - infraestrutura; e - tempo de ocupação.		
f) Desenvolver um modelo conceitual de integração entre a geodésia, a fotogrametria e a fotointerpretação para subsidiar a construção de um sistema cadastral adequado para atender ao Código Civil e viabilizar a regularização fundiária.	R (13) Qualidade geométrica da ortofotocarta, ano 2007. R (14) IDE para regularização fundiária.	1) Sistematização de dados em SIG.	1) Parâmetros técnicos (topológicos, geográficos e temáticos).	R (15) Modelo conceitual de integração entre a geodésia, a fotogrametria e a fotointerpretação. R (16) Sistema cadastral que atenda aos parâmetros da regularização fundiária plena (urbanístico/jurídico/ambientais/sociais), contendo cartografia em escala cadastral integrada à IDE.



### 3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

#### 3.1 GESTÃO TERRITORIAL E GOVERNANÇA

Uma das funções das administrações públicas é lidar com a governança da posse, do valor, do uso e do desenvolvimento da terra e a forma como os recursos naturais são geridos. A governança passa pelo estabelecimento de políticas, processos e instituições que estabeleçam uma regulamentação legal, estrutura e processos operacionais para implementar políticas de forma consistente dentro de uma jurisdição ou país.

Um estado de planejamento compõe, ao lado da transparência,<sup>5</sup> um dos pressupostos da responsabilidade na gestão fiscal (art. 1º, § 1, Lei Complementar n. 101/2000), em consonância com a Constituição Federal (art. 165 e art. 174).

A capacidade de governança de um país pode ser potencializada ao combinar todas as atividades em uma estrutura conceitual apoiada por informações sofisticadas e modelos de comunicação tecnológica (TI). O desenvolvimento de um sistema de administração da terra fornece uma infraestrutura de informações para a implementação de políticas públicas, manejo da terra e estratégias de apoio ao desenvolvimento.

Esses sistemas precisam do desenvolvimento de uma estrutura espacial que inclua camadas básicas de informação interativas com imagens que forneçam informações sobre a estrutura e o parcelamento do solo e o uso (planejamento e controle do uso da terra e dos recursos naturais), a posse (obtenção e transferência de direitos sobre a terra e recursos naturais), o valor (avaliação e tributação de terra e propriedade) e o desenvolvimento econômico da terra (implementação de serviços públicos, infraestrutura e planejamento de construção). Esses componentes garantem uma gestão eficaz do território e são fundamentais para o fortalecimento do Estado de direito, o desenvolvimento econômico e social e a sustentabilidade ambiental. São

---

<sup>5</sup> Princípio constitucional do direito administrativo. Trata-se do requisito da eficácia e da moralidade, por meio da divulgação oficial dos atos da Administração Pública em que ficam assegurados o seu cumprimento, observância e controle.

exemplos dos elevados níveis de desenvolvimento econômico e social e da ampla capacidade de governança os países anglo-saxões, que apresentam hoje situações bem estabelecidas no que se refere à composição de sistemas cadastrais.

A boa governança deve ser vista como meio de cumprimento da agenda internacional (Agenda 21, ONU, 1992) para o desenvolvimento sustentável no século XXI, a qual visa atender ao desenvolvimento sustentável (atendimento às necessidades da geração presente sem prejuízo às futuras gerações), aos Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM, ONU, 2000), com vistas à redução da pobreza e das desigualdades sociais. Nesse contexto o estabelecimento de sistemas cadastrais coloca-se como a ferramenta de aporte para a gestão do território e o enfrentamento dos desafios globais (alterações climáticas, gestão do risco de desastres, escassez de alimentos e água, rápida urbanização etc.).

A gestão e a governança são exercidas sobre uma porção delimitada de área, chamada de territórios, com caráter específico natural, cultural, político ou administrativo, na qual o Estado exerce sua governança e na qual se reconhece uma demanda ou potencialidade. Trata-se de um conceito amplamente utilizado nos processos de ordenamento, planejamento e gestão territorial.

Territórios são espaços geográficos determinados que apresentam alguma coerência interna (THERY; MELLO, 2008). Neles se desenvolvem todas as esferas das discussões sobre política pública. São caracterizados e delimitados de formas variadas, ora pelo uso, ora pela atividade econômica e produtiva, ora pelo exercício de poder (PECQUEUR, 2000; SANTOS, 1994). No Brasil, oficialmente existem os territórios municipais, estaduais e federais. No entanto, pesquisadores e gestores públicos utilizam a expressão “território” para representar espaços definidos que apresentam características físicas e culturais semelhantes, ainda que não respeitem as fronteiras municipais ou estaduais legalmente estabelecidas (SELTZER; CARBONELL, 2011).

As políticas públicas o adotam como conceito estratégico de lugar para o enfrentamento dos desafios da gestão do próprio território e a ampliação da capacidade de governança pelos próprios promotores das políticas públicas.

Está definido por normas jurídicas com funções estabelecidas. É o próprio entendimento de territorialização das políticas públicas, na

qual o território pode ganhar formalização jurídica visando ao reconhecimento de sua função dentro da estrutura de governo.

Os processos cartográficos tornaram-se o suporte à ação política. Passaram a ser um instrumento que subsidia os atores envolvidos na produção de territórios. Podem ainda ser entendidos como mecanismo de publicidade das ações governamentais e, principalmente, como viabilizador da gestão democrática.

Gestão é a ação de prever, organizar, comandar, coordenar e controlar informações e recursos físico-pessoais para alcançar algum objetivo predefinido (CHIAVENATO, 2000). Pode ser caracterizada por um processo contínuo e permanente que busca alcançar os objetivos estabelecidos no planejamento, por meio de ações efetivas. Segundo Souza (2004), planejar significa “simular os desdobramentos de um processo”. O planejamento do território pode ser construído de forma abrangente, integrando os diferentes usos do solo existentes.

A gestão demanda a articulação entre política, planejamento e gerenciamento. É composta de múltiplos atores (instituições) e agentes sociais (pessoas) que agem de acordo com objetivos definidos coletivamente (política) e orientados por um estudo (planejamento), visando adequar os processos produtivos aos limites e às possibilidades econômicas, ecológicas e sociais em determinado território. O planejamento corresponde a um estudo técnico-científico que visa indicar as ações para adequar uso, controle, proteção e conservação dos recursos naturais de um território. Para tanto, o processo de planejamento deve compreender as etapas de criação, compatibilização, articulação e implantação de projetos (LOCH, 1993).

O desafio para o planejamento é a busca por novas formas de uso e ocupação do solo comprometidas com a gestão territorial sustentável (ROBINSON, 2009; SELTZER; CARBONELL, 2011). Para tanto, são necessárias ferramentas de planejamento e gestão capazes de identificar os principais aspectos que afetam os territórios. Assim, o primeiro objetivo deve ser a definição do território pela análise de um conjunto de atributos físicos e econômicos em comum. Esses aspectos devem ser analisados no contexto local, regional e global (CHIBAMBA; LI; ZHANG, 2009; CLOUTIER, 2010).

Seltzer e Carbonell (2011) destacam algumas características de planejamento eficiente para gestão territorial: (i) centrado em problemas funcionais; (ii) estabelecido a partir de instituições diversas; e (iii)

aquele que engloba populações com características distintas – rurais e urbanas.

Todo planejamento territorial necessita da existência de dados confiáveis como suporte para análise e tomada de decisões. A obtenção desses dados e sua sistematização são fundamentais para a gestão territorial. As informações sobre uso e ocupação do solo precisam estar disponíveis para os mais variados setores do planejamento territorial (BOCCO; MENDOZA; VELASQUEZ, 2001), garantindo as características da gestão territorial – a multidisciplinaridade.

A expressão do ordenamento do território teve origem na Alemanha e no Reino Unido nos anos 1920. Derivou da “necessidade de limitar o desenvolvimento das cidades dentro do seu âmbito territorial (*Hinterland*)” (OLIVEIRA, 2002). Segundo a Carta Europeia do Ordenamento do Território, “é a tradução espacial das políticas econômica, social, cultural e ecológica da sociedade” (DGOT, 1988). Refere-se a uma ação integrada e interdisciplinar (disciplina científica, técnico-administrativa e política) visando ao desenvolvimento equilibrado das regiões e à organização física do espaço, segundo uma estratégia de conjunto.

Trata-se, no sentido amplo, de uma política pública destinada a aplicar no solo todas as questões socioeconômicas, urbanísticas e ambientais, visando à localização, à organização e à gestão correta das atividades humanas (OLIVEIRA, 2002).

Abordar o tema ordenamento do território implica abordar o tema do planejamento, pois esses dois conceitos são complementares. O planejamento urbano pode ser definido como o processo por meio do qual são estabelecidos os objetivos pertinentes ao desenvolvimento físico-territorial. O conhecimento aprofundado da realidade territorial permite a hipótese de cenários futuros, sendo necessariamente importante reportar-se ao passado, de modo a identificar os fatores que levaram a tal realidade.

No Brasil, com base nas diretrizes federais sobre o desenvolvimento urbano e a propriedade privada da terra e de imóveis, as questões do planejamento e da gestão urbanos (nesta inclui a resolução de grande parte dos conflitos fundiários) foram remetidas para a esfera municipal, por meio da lei de plano diretor ou legislação complementar (Constituição Federal de 1988). Nesse caso, para ser confiável, um plano diretor deve se fundamentar em uma base de dados segura e temporal. Enquanto essa base for deficiente, o plano diretor não

cumpra o Estatuto da Cidade em sua plenitude (CASARIN; OLIVEIRA; LOCH, 2006).

### 3.2 REGULARIZAÇÃO FUNDIÁRIA

Regularização fundiária é um procedimento que visa tornar lícita, amparado pelo Direito, a ocupação da terra nos casos em que o acesso àquele bem tenha se dado de forma irregular (OLIVEIRA, 2002). De natureza legal, civil, técnica, urbana e social, a ocupação do solo rural e urbano é caracterizada pela relação entre o direito de propriedade imobiliária e normas urbanísticas e ambientais de uso e ocupação do solo. Para Fernandes (2002), refere-se em alguns casos (i) aos programas de urbanização de áreas informais e, em outros casos, (ii) a políticas de regularização fundiária das áreas e dos lotes ocupados irregularmente. Alfonsin (2007) aponta ao menos três conceitos diferentes para a regularização fundiária: (i) a regularização jurídica dos lotes; (ii) a ênfase sobre a recuperação urbana; e (iii) a regularização urbanística dos assentamentos informais. Para os casos de assentamentos informais precários, são adotados zoneamentos especiais de interesse social, previstos em plano diretor, usos distintos aos estabelecidos originalmente.

No Brasil, o termo “regularização fundiária” assumiu ao longo do tempo uma compreensão como política pública. Essa política pública é destinada a minimizar o déficit qualitativo habitacional e promover o ordenamento territorial, uma vez que a ênfase recai fundamentalmente sobre a urbanização e a melhoria do ambiente construído.

Em todos os casos, o termo “fundiário” refere-se às questões relacionadas ao solo urbano, ou seja, a propriedade imobiliária e cadastral. Esse entendimento é complexo, transpassa o conceito de urbanização ou dotação de infraestrutura. Pretende permitir que áreas irregulares possam ser incorporadas ao tecido urbano formal das cidades (ROSENFELDT, 2012).

De Soto (1986) enfatiza o viés legal da regularização fundiária. Afirma que a resolução do problema da “pobreza urbana” é possível com a transformação da “economia urbana”. Há uma necessidade da legalização de formas precárias de ocupação do território, tendo como garantia a segurança da posse. Os esforços técnicos envolvidos com a regularização fundiária visam superar a exclusão e a segregação. As intervenções não alteram a posição de classe do beneficiário, mas

alteram, significativamente, a sua qualidade de vida e acesso à formalidade (FERNANDES, 2001).

Nesses sistemas espaciais segregados há uma grande possibilidade de controle local em detrimento do controle global. Isso se dá, fundamentalmente, pela integração dessas áreas ao tecido formal da cidade, dificultando a acessibilidade e comprometendo a segurança pública. O ordenamento territorial dessas áreas visa corrigir distorções no sistema espacial do assentamento. Em contrapartida, mediante a urbanização e o incremento de infraestrutura na área, bem como a titulação do domínio pleno da propriedade, agrega-se valor ao bem imóvel que antes possuía apenas o valor de uso para fins de moradia. O mercado imobiliário vs. a regularização fundiária é um fator que deve ser considerado nas ações, evidenciando a necessidade de um permanente trabalho social que possa minimizar a pressão imobiliária, bem como a inscrição dessas áreas dentro do plano diretor como zoneamentos especiais.

Para dar suporte jurídico e viabilizar as relações de propriedade de áreas irregulares, desenvolveu-se um aparato legal para complementar o entendimento de regularização fundiária e normatizar os procedimentos. O Estatuto da Cidade (Lei n. 10.257/2001) instituiu vários instrumentos jurídicos e urbanísticos, entre eles (i) a Usucapião Especial Urbana (individual/coletiva); (ii) a Concessão de Uso Especial para Fins de Moradia (individual/coletiva) (Cuem); e (iii) a Concessão de Direito Real de Uso (CDRU) (Decreto-Lei n. 271, de 28 de fevereiro de 1967). Prevê a usucapião especial coletiva de imóvel urbano:

Art. 10. As áreas urbanas com mais de duzentos e cinquenta metros quadrados, ocupadas por população de baixa renda para sua moradia, por cinco anos, ininterruptamente e sem oposição, onde não for possível identificar os terrenos ocupados por cada possuidor, são susceptíveis de serem usucapidas coletivamente, desde que os possuidores não sejam proprietários de outro imóvel urbano ou rural. (BRASIL, 2001).

O entendimento do viés urbano e social está amparado, fundamentalmente, nas prerrogativas da Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. Além da Lei do Estatuto da Cidade (Lei n. 10.257/2001), planos diretores municipais estabelecem que os

assentamentos informais de baixa renda devem ser, prioritariamente, definidos como Zonas Especiais de Interesse Social (Zeis) e resguardar as especificidades identificadas em cada área ou zona mapeada (ROSENFELDT, 2012).

Em 2009, a Lei n. 11.977/2009, que dispõe sobre o Programa Minha Casa, Minha Vida (PMCMV), viabilizou a possibilidade de registro de loteamentos clandestinos e irregulares, até então efetuados exclusivamente a partir dos procedimentos e de exigências estabelecidos na Lei de Parcelamento de Solo Urbano (Lei n. 6.766/79).

Embora haja instrumentos como a Concessão Especial de Uso para Fins de Moradia e a Concessão de Direito Real de Uso, previamente definidos na MP n. 2.220/01, esta pesquisa debruça-se sobre o Código Civil brasileiro (Lei n. 10.406/2002). À exceção de qualquer outra legislação vigente, este trata de regular as relações do direito de propriedade no Brasil.

Em sua revisão, há um significativo alinhamento ao Estatuto da Cidade. No art. 1.228, § 4º e § 5º, respectivamente, notam-se as questões relacionadas ao princípio constitucional da função social da propriedade e da posse coletiva, ao introduzir, para esse caso, os conceitos de *extensa área, posse ininterrupta e de boa-fé, lapso temporal de cinco anos, considerável número de pessoas e obras e serviços de relevante interesse social ou econômico*.

§ 4º O proprietário também pode ser privado da coisa se o imóvel reivindicado consistir em extensa área, na posse ininterrupta e de boa-fé, por mais de cinco anos, de considerável número de pessoas, e estas nela houverem realizado, em conjunto ou separadamente, obras e serviços considerados pelo juiz de interesse social e econômico relevante. (BRASIL, 2002b).

Nota-se que a concessão do Direito Real de Uso não é contemplada pelo Código Civil. Trata-se de um instrumento previsto no Decreto-Lei n. 271/67, como direito real resolúvel, vetado no Estatuto

da Cidade como direito real irrisolúvel.<sup>6</sup> Indicado para regularização de áreas de titularidade pública urbana, ao longo da história passou a ser determinado também para regularização de áreas rurais. Sua natureza jurídica aproxima-se do direito administrativo, já que (i) pode ser contratado por termo administrativo e (ii) deve ser registrado em *livro especial* da Administração Pública.

Entendimentos jurídicos recentes apontam que a CDRU garante direito real sobre a benfeitoria construída pelo concessionário, embora esteja em terreno alheio (público), já que o *direito de superfície* em área de domínio público está previsto no Código Civil de 2002 (art. 1.376) e que os edifícios são imóveis independentes do solo. Esse entendimento parte de que o Código Civil declara possível a hipoteca também de domínio útil (art. 810), sendo aceito em registro de imóveis e permitida a abertura de matrícula. Essas explicações levam a concluir que a CDRU não constitui direitos plenos sobre o terreno, e sim direitos concessionais, resolúveis (FERNANDES, 2001).

O entendimento de *posse coletiva* é atribuído para os casos em que as características físicas da área objeto de regularização se distanciam do mercado formal imobiliário e apresentam natureza coletiva, em que os limites individuais da posse não são claramente estabelecidos. Isso demandou iniciativa jurídica prevista no Código Civil de 2002 – constituir instrumentos jurídicos específicos para a regularização coletiva, além da *usucapião individual*, a saber, a *usucapião coletiva*. Para esses casos, a coletividade reivindica o domínio da área. A prova do tempo de posse pode ser produzida também de forma coletiva.

A possibilidade de *usucapião individual e coletiva* compreende a regularização de áreas de domínio privado, únicas passíveis de regularização jurídica efetiva. Para tanto, tem como referência a Constituição da República Federativa do Brasil de 1988, a Lei do Código Civil (Lei n. 10.406/02), a Lei de Processo Civil (Lei n. 5.869/1973), a Lei de Parcelamento do Solo Urbano (Lei n. 6.766/1979) e a Lei de Registro Civil (Lei n. 6.015/1973).

---

<sup>6</sup> O estabelecimento, em contrato, de prazo para a duração do direito de propriedade é que pode resolver o domínio a favor do proprietário anterior (poder público) (MATTOS, 2002).

A usucapião consiste na aquisição de um direito real pelo exercício de posse sobre um bem imóvel. A usucapião rural pode ser ingressada a partir da posse de cinco anos, sem oposição, sem interrupção, de área de terras em zona rural, não superior a 20, desde que o beneficiário estabeleça a posse única de terras mantidas produtivas e de uso próprio familiar (Usucapião pró-labore, art. 98, Estatuto da Terra – Lei n. 4.591/64).

Para a usucapião urbana, houve a diminuição do prazo para o ingresso, anteriormente fixado em 20 ou 10 anos, com área não superior a 250 m<sup>2</sup>, de posse única e de uso próprio familiar (art. 183, CRFB 1988). Foi um passo dado para o estabelecimento da *função social da propriedade*. Ocorre que o instrumento foi inscrito na CRFB de 1988, estabelecendo a titularidade do direito individual. Para a efetivação dos procedimentos jurídicos, o imóvel deve estar devidamente caracterizado (i) pelos limites, (ii) pelos confrontantes, (iii) pela área de localização e (iv) pelo tempo de posse (Código Civil de 1916). Em muitos casos, as áreas irregulares apresentam características como (i) alta dinâmica (crescimento rápido do assentamento), (ii) alta mobilidade (permuta ou troca da unidade habitacional ou parcela pelo posseiro ou ocupante) e (iii) natureza coletiva (quando os limites individuais da posse ou da ocupação não são fisicamente materializados). Essas características colocam as áreas irregulares em desconformidade com os critérios constitucionais e civis estabelecidos, tornando as ações de regularização fundiária procedimentos difíceis de efetivação e, muitas vezes, inviáveis.

A *usucapião coletiva* é uma ação declaratória pelo juiz de direito, que permite a atribuição de frações ideais a partir de situações urbanas constituídas ou a partir de um reordenamento da área. No ato da homologação pelo juiz, os beneficiários doam as vias e as áreas comuns ao poder público, permitindo assim a integração das áreas ao tecido urbano da cidade.

Para dar mais celeridade aos processos, o Novo Código de Processo Civil (Lei n. 13.105/15) regulou os procedimentos administrativos extrajudiciais para a usucapião de bens imóveis (art. 1.071).

Dado o interesse difuso e coletivo da matéria, é importante destacar o papel do Ministério Público (MP) nas ações de fiscalização e apoio da usucapião coletiva. A Lei n. 5.869/1973 determina o acompanhamento do MP em todos os atos (art. 944) (MATTOS, 2002).

Remetendo-se às exigências técnicas do Código Civil para os casos de ocupação irregular do solo, as informações necessárias para viabilizar os procedimentos de regularização fundiária estão intrinsecamente relacionadas às demandas de qualidade geométrica que se deseja obter para viabilizar juridicamente os procedimentos.

Esta lei estabelece no Capítulo I, art. 500, que “nas relações de compra e venda de imóveis, resguarda não exceder em um vigésimo da área total enunciada”. Em termos práticos, a única menção feita pela legislação brasileira nas variações métricas de um imóvel (urbano ou rural) refere-se ao erro máximo tolerável a cinco por cento (5%) da área objeto.

Para glebas rurais, a Lei de Georreferenciamento de Imóveis Rurais (Lei n. 10.267/2001) atende a essa exigência do Código Civil. A Portaria n. 954/2002 estabelece a precisão posicional relativa a cada vértice para cada par de coordenadas não superior a 0,50 m. “Assegurando a homogeneidade e a sistematização das operações geodésicas, topográficas e cadastrais” (Lei n. 10.267/2001). Em termos práticos, significa que até, mesmo para o menor módulo rural brasileiro (2 ha), o erro posicional tolerado de 0,50 m não representa uma variação superior aos 5% da área.

Para áreas urbanas, não há legislação que determine a precisão ou a tolerância posicional para levantamentos que permitam atender especificamente ao art. 500 do Código Civil, como acontece atualmente nas áreas rurais. É consenso que a exigência para o erro posicional tolerado deva ser maior, visto que a Lei Federal de Parcelamento de Solo Urbano (Lei n. 6.766/79), bem como a Lei Estadual n. 10.957/98 estabelecem para lotes área mínima de até 125 m<sup>2</sup> e testada mínima de 5 m. Em ambos os casos, rural e urbano, a propagação do erro no cálculo de áreas varia de acordo com a geometria, o número de vértices e suas testadas. Respeitando o erro máximo tolerado de 5%, nota-se que as variações em medida de área, para esse exemplo, não podem exceder em 6,25 m<sup>2</sup> de área total. Esses experimentos foram demonstrados para parcelas rurais, quando do estabelecimento da Lei n. 10.267/2001, e para áreas urbanas (BRANDÃO, 2003; GALDINO, 2006; MIYASHITA, 2008).

### 3.3 GEODÉSIA E MÉTODOS DE POSICIONAMENTO

A geodésia é a ciência que se ocupa da “medição e representação da superfície da Terra”. É considerada a ciência-mãe, englobando todas as ciências e técnicas de mensuração e representação da Terra e de outros corpos celestes (GEMAEL, 1987).

A conceituação empregada para a geodésia e a topografia considera a primeira em sentido amplo, englobando a topografia. No Brasil essas ciências são tratadas isoladamente. A geodésia diferencia-se da topografia, sendo ainda consideradas partes da Ciência Cartográfica (BOTELHO, 2003).

A forma matemática da Terra, adotada nos trabalhos geodésicos, é a figura geométrica do elipsoide de revolução, obtido pela rotação de uma elipse em torno do seu eixo menor.

No Brasil, em 1991 o IBGE implantou a tecnologia GPS na densificação dos marcos planimétricos do sistema de referência brasileiro (Sistema Geodésico Brasileiro – SGB). Esse sistema é constituído a partir de uma rede geodésia, composta das redes altimétrica (RRNN), planimétrica (RBMC) e gravimétrica de 1<sup>a</sup> ordem ou de precisão.

A rede geodésica é composta das redes de 1<sup>a</sup>, 2<sup>a</sup> e 3<sup>a</sup> ordem. A Rede de Monitoramento Contínuo do Sistema GPS (RBCM), 1<sup>a</sup> ordem, é constituída atualmente de 126 estações, capazes de fornecer as informações necessárias para a integração do SGB. No estado de Santa Catarina as estações operantes totalizam cinco.<sup>7</sup>

Até o ano 2000, o SGB integrava-se ao Datum Sul-Americano 1969 (SAD-69), sistema topocêntrico em uso até 2014. Atualmente, o sistema adotado pelo Brasil é o Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS 2000). Trata-se de um sistema de coordenadas geocêntrico, coincidindo com o centro de massa da Terra, compatível com o Sistema de Posicionamento Global (Navigation System with Time and Ranging Positioning System – NAVSTAR ou GPS) (sistema geocêntrico global – WGS 84).

---

<sup>7</sup> Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/rbmc/rbmc\\_est.php](http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/rbmc/rbmc_est.php)>.

A geodésia evoluiu. Os sistemas de posicionamento que se utilizam de constelação de satélites artificiais (Global Navigation Satellite System – GNSS) fornecem atualmente um posicionamento geográfico rápido e preciso (SILVA; SEGANTINE, 2015).

As redes GPS estaduais, implantadas pelo Incri e homologadas pelo IBGE, referenciam-se à RBMC. Foram desenvolvidas para suprir as demandas atuais quanto à utilização das técnicas de posicionamento por satélites artificiais e devem servir de referência para a espacialização de qualquer levantamento planialtimétrico, incluindo a implantação de obras civis, urbanizações, infraestruturas, confecção de mapas e regularização fundiária.

O sistema GNSS é composto atualmente de quatro sistemas (GPS, GLONASS, GALILEO e BEIDU). Esse sistema é apoiado em sinais eletromagnéticos emitidos pelos satélites, baseados no efeito Doppler e no princípio da *trilateração espacial*, exigindo necessariamente o rastreamento de no mínimo quatro satélites por leitura. O resultado é a determinação de coordenadas tridimensionais ( $x,y,z$ ), cartesianas e geocêntricas de qualquer ponto da Terra em relação a um sistema de coordenadas predefinido. Essas coordenadas são de alta precisão e podem ser transformadas tanto em coordenadas geográficas (latitude, longitude e altitude elipsoidal) quanto em coordenadas UTM. Quando comparadas com o método topográfico tradicional, as coordenadas tridimensionais apresentam vantagem, pois não necessitam da intervisibilidade entre os pontos (SILVA; SEGANTINE, 2015).

Para a análise de produtos cartográficos com escala  $>1/5.000$  ou mesmo levantamentos cadastrais, dados de maior precisão podem ser obtidos a partir de métodos de posicionamento – absolutos e relativos –, ambos estáticos e cinemáticos, e DGPS (Diferencial GPS). Nos posicionamentos absolutos as coordenadas são associadas ao geocentro do elipsoide de referência, enquanto nos posicionamentos relativos as coordenadas são determinadas em relação a um referencial materializado, com coordenadas conhecidas.

O referencial materializado é normalmente a RBMC ou, quando o município dispõe, a Rede de Referência Cadastral Municipal (RRCM), que é a densificação dessa rede geodésica para o interior do município (NBR 14.166).

No Brasil, nos trabalhos de levantamentos geodésicos que requerem a determinação da precisão das coordenadas dos vértices de imóveis, envolvendo uso de escalas grandes ( $>1/5.000$ ), por exemplo,

cartas cadastrais e mapas topográficos, destaca-se a atenção para compatibilizar os sistemas de referência e a utilização de sistema único em SIRGAS 2000. Para esses casos, o deslocamento planimétrico encontrado na transformação do sistema de referência (aproximadamente 67 m) é superior ao erro esperado na escala segundo o PEC – Classe A e, desse modo, o deslocamento das coordenadas não deve ser desconsiderado. A Tabela 1 apresenta os parâmetros de transformação entre o sistema SAD 69 e o SIRGAS 2000.

Tabela 1 – Parâmetros de transformação entre o sistema SAD 69 e o SIRGAS 2000

SAD 69	SIRGAS 2000 (m)
Translação x	-67,34
Translação y	3,87
Translação z	-38,22

Fonte: IBGE (2016).

O uso do GPS para o adensamento de redes geodésicas possui finalidades diversas e apoia um número grande de projetos nas áreas de geologia, ecologia, geografia, engenharia cartográfica, urbanização, cadastro técnico, transportes etc., e apresenta-se como uma necessidade de que o manuseio de dados possa se dar em SIG. Esses dados, produzidos em WGS-84, não devem acarretar descontinuidade nem tampouco perda de precisão. Sua conversão para SIRGAS 2000 é irrelevante, uma vez que a diferença na transformação, hoje, é de aproximadamente 3 mm.

A transformação utilizada para viabilizar a inclusão dos novos dados levantados deve ser capaz de modelar corretamente as distorções da base cartográfica, podendo sua escolha ser tratada segundo enfoques conceitualmente distintos, a depender de cada caso.

Dentre os métodos de posicionamento com a tecnologia GPS, o *posicionamento relativo estático* apresenta-se como o mais preciso e adequado para levantamentos geodésicos e geodinâmicos. Possui dois ou mais receptores rastreando, simultaneamente, os satélites visíveis por um período de tempo maior de 20 minutos, até algumas horas (MONICO, 2008; SILVA; SEGANTINE, 2015).

O *posicionamento relativo estático rápido* difere do estático somente pelo tempo durante o período de ocupação da estação (< 20 minutos). A utilização desse método é propício para levantamentos em

que se deseja alta produtividade, podendo ser utilizados receptores simples (L1) ou de dupla frequência (L1/L2) para os casos de aferição de pontos de alta precisão. Trata-se de um processamento que envolve quatro “observáveis” para cada um dos satélites visíveis em cada época. Utiliza no campo um receptor fixo que serve de base, coletando dados continuamente, enquanto o outro receptor percorre as áreas e os pontos de interesse (receptor de caminhamento), permanecendo um tempo não superior a 20 minutos para cada coleta de dados. Não há necessidade da continuidade de rastreamento durante as mudanças de pontos de interesses nem de o receptor permanecer ligado durante o percurso. Os dados coletados da estação-base e do receptor de caminhamento são processados para que se solucione o vetor de ambiguidade e se consiga uma melhor precisão, sendo adequado para levantamentos com distâncias até 10 quilômetros da estação-base.

Quando as linhas de bases dos levantamentos forem maiores que 20 quilômetros e a precisão requerida for melhor que 1 ppm, é imprescindível o uso de receptores de dupla frequência, tendo em vista os efeitos da ionosfera sobre a recepção do sinal, necessitando de uma segunda frequência para fazer a correção do vetor das ambiguidades.

A precisão do sistema baseia-se no princípio de Dilution of Precision (DOPs). Trata-se de uma medida da qualidade da configuração dos satélites GPS. À medida que os satélites se movimentam em suas órbitas, a DOP sofre variação com o tempo. Quanto menor for o valor das diferentes DOPs, melhor a configuração dos satélites para realizar o posicionamento. E quanto maior for o número de satélites sendo rastreados, menores serão as DOPs. O valor da DOP deve ser o menor possível, de modo a não comprometer a qualidade das observações, sendo desejáveis valores inferiores a 3,0 para precisões melhores que 1 ppm.

### 3.4 FOTOGRAMETRIA

A fotogrametria é definida pelo Manual of Photogrammetry como “Arte ou ciência de obter medidas confiáveis por meio da fotografia” (McGLONE; MIKHAIL; BETHEL, 2004). Permite a reconstrução de objetos e a determinação de suas características e mensuração, sem que haja o contato direto com as feições cartográficas. Por esse motivo, é considerado um método de levantamento indireto.

A fotogrametria pode ser dividida em *analógica* e *digital*, além de *métrica* e *interpretativa*. Fotogrametria é uma metodologia geodésica/métrica com resposta quantitativa.

Os resultados da fotogrametria podem ser mensurados em (i) números, sendo coordenadas do ponto objeto em um sistema de coordenadas tridimensional; (ii) parcelas, sendo mapas e plantas com detalhes planimétricos e linhas de contorno e outras representações gráficas dos objetos; e (iii) imagens, sendo fotografias retificadas – ortofotos. A principal aplicação é a compilação de mapas topográficos baseada em medidas e informações extraídas das fotografias aéreas e espaciais (KRAUS, 1993; LUHMANN, 2000).

As câmeras utilizadas para esse fim possuem rigidez geométrica, empregam sistemas sensores analógicos ou digitais, os quais fornecem melhor resolução geométrica e radiométrica, plataformas equipadas com GPS e sistemas de navegação inercial, sendo destinadas à obtenção de imagens fotográficas com estabilidade geométrica (ANDRADE, 2003) e detalhes de atributos planimétricos de alta resolução (JENSEN, 2009).

As informações quantitativas são obtidas utilizando-se múltiplas fotografias aéreas estereoscópicas e medição analógica ou digital de paralaxe estereoscópica (sobreposição de 60% a 80% na linha de voo e lateral entre duas linhas de voo de 20% a 30%). Esses procedimentos permitem a localização planimétrica ( $x,y$ ) dos objetos, altura ( $z$ ). Quando esses produtos são criados a partir de digitalizadores tridimensionais, é possível construir modelos digitais de informação, terreno e uso da superfície (MDT e MDS) para diversas resoluções espaciais e sensores (orbitais e suborbitais), podendo esses produtos ser processados de várias maneiras em ambiente SIG.

As marcas fiduciais garantem o ponto exato na Terra para o qual o eixo óptico da câmera está apontado – ponto principal ( $pp$ ). Para imagens obtidas a partir de filmes (sistema analógico), a escala da fotografia aérea vertical é diretamente proporcional à distância focal da câmera e inversamente proporcional à altura do voo acima do nível do solo. A escala da fotografia é expressa em *fração representativa* e *escala nominal numérica*. Uma fotografia em escala 1/5.000, por exemplo, representa 1 cm na fotografia para 5.000 cm no terreno.

A resolução do filme utilizado interfere na qualidade da imagem; desse modo, escala e qualidade são fatores determinantes para a precisão do produto final.

Os resultados da fotogrametria podem competir favoravelmente com outras técnicas de levantamento. Há áreas em que o uso da fotogrametria é recomendado, como, por exemplo, onde há a necessidade de obtenção de informações métricas em locais de difícil acesso. A sua utilização encontra-se em levantamentos de precisão na engenharia e na arquitetura, na produção de mapas topográficos, como ortofotomapas.

A fotogrametria pode ser usada para criar denso campo de pontos fixos que podem servir como base para pesquisas de solo, levantamentos cadastrais e determinação das coordenadas dos vértices das parcelas.

A fotogrametria depende fundamentalmente da medição dos pontos de controle terrestre que podem produzir resultados muito precisos, desde que certas condições limitantes sejam observadas: (i) planejamento do voo, controle no terreno (atualmente realizado com GNSS) e coleta de dados do sensoriamento remoto, avaliando e checando a qualidade dos pontos de controle e dos dados do sensoriamento; (ii) triangulação fotogramétrica utilizando orientação interior e exterior, ajustes de blocos utilizando método por mínimos quadrados; (iii) criação e visualização dos pares estéreos registrados; e (iv) produção automática do MDE a partir da nuvem de pontos de sensor a *laser* (pontos/m<sup>2</sup>) ou a partir de uma grade especificada pelo usuário.

A precisão exigida para as coordenadas pode ser assegurada pela seleção adequada da escala das fotografias e, principalmente, pela escala final do mapa a ser elaborado. Em escalas pequenas (escalas 1/10.000 ou menor) a limitação da precisão em pontos fotogramétricos é maior.

Na fotogrametria analógica, para mensurar os pontos de controle, recorria-se a marcações artificiais nas fotografias, representadas por meio de um triângulo inscrito em um círculo (horizontal e vertical), e utilizavam-se com frequência os métodos de ajustamento de blocos<sup>8</sup> (KRAUS, 1997). Havia ainda o suporte por pontos de ligação de modelos e de faixas (*pass points*<sup>9</sup> e *tie points*<sup>10</sup>).

---

<sup>8</sup> Múltiplas linhas de voo com sobreposição lateral de 20% a 30%.

<sup>9</sup> Pontos naturais (naturalmente identificáveis) dentro da área de sobreposição de um par estéreo em que se obtém o par de coordenadas (x,y) em cada imagem do par estéreo.

As cadeias de pontos de controle verticais necessários ligando as faixas de voo também podem ser suportadas por aerotriangulação,<sup>11</sup> utilizando GPS. Um número de pontos de controle utilizados durante a orientação exterior garante a localização  $(x,y,z)$  de cada *pixel*, necessitando de pontos de controle fotogramétricos para a orientação do modelo, de no mínimo seis por modelo, sendo obtidos por meio do processo de aerotriangulação.

O uso do GPS para a obtenção de pontos de controle apresenta um erro médio quadrático (RMSE) das coordenadas  $(x,y,z)$  inferior a 0,03 m (McCOY, 2005). A posição vertical derivada do GPS ( $z$ ) refere-se ao elipsoide, e não ao geóide ou a um modelo de geóide (WOLF; DEWITT, 2000).

### 3.4.1 Resolução geométrica de dados fotogramétricos

A resolução geométrica das fotografias aéreas é definida por um conjunto de fatores, entre eles (i) as características geométricas do sistema de câmera aérea/filme fotográfico utilizado e (ii) as condições meteorológicas no ato de captura da imagem (LIGHT, 1993; LINDER, 2006).

A orientação interior, executada para cada fotografia do bloco, estabelece a relação entre o sistema de coordenadas internas da câmera analógica ou digital<sup>12</sup> e o sistema de coordenadas da imagem. Os resíduos são calculados e os resultados são apresentados como um RMSE medido para cada ponto de controle fotogramétrico.

Em um sistema fotográfico analógico (câmera aérea/filme fotográfico) cada cristal de haleta de prata está localizado em uma posição específica na imagem e é associado com as coordenadas  $x,y$  específicas no terreno. Igual princípio é aplicado nos sistemas digitais

---

<sup>10</sup> Pontos localizados na área de 20% de sobreposição lateral, usados para passar o controle de uma sequência de fotografias aéreas de uma linha de voo para outra.

<sup>11</sup> Depois de concluída a orientação interior e exterior, processo pelo qual as coordenadas  $(x,y,z)$  são determinadas para qualquer *pixel* no par estéreo com base em medições das coordenadas da foto.

<sup>12</sup> Encontrado no relatório de calibração da câmera. Nele é estabelecida a localização  $(x,y)$  do ponto principal (pp); a localização  $(x,y)$  de todas as marcas fiduciais (mm); a distância focal das lentes (cm); e as características de deformação da lente.

para cada elemento da imagem (*pixel*). Os sistemas analógicos fornecem fotografias com tamanho de 23 x 23 cm e resolução geométrica de até 2,5  $\mu\text{m}$ , segundo Tommaselli (2001), podendo chegar até 2,0  $\mu\text{m}$ , segundo Kraus (1997). Na fotogrametria digital, a definição do conceito de *pixel* fundamenta todas as operações fotogramétricas, tanto em precisão quanto em acurácia posicional, refere-se à unidade mínima de área unitária de imagem digital e define a resolução espacial da imagem (CENTENO, 2003).

Há uma correspondência entre resolução geométrica em micron ( $\mu\text{m}$ ) e resolução espacial (dimensão do *pixel* em centímetros) para fotografias analógicas escanizadas. Em função de outros fatores, como, por exemplo, capacidade operacional de *hardware* e armazenamento, comumente se adota a resolução espacial com *pixel* entre 20  $\mu\text{m}$  e 24  $\mu\text{m}$ . A Tabela 2 indica que, para fotografias com escala 1/8.000 que são obtidas utilizando-se de sistema fotográfico analógico e resolução geométrica de 24 $\mu\text{m}$ , há uma correspondente métrica no terreno equivalente a uma fotografia com escala 1/12.000 e com resolução geométrica de 16  $\mu\text{m}$ . As fotografias aéreas com escala 1/5.000 e *pixel* com dimensão de 24  $\mu\text{m}$  resultam em uma correspondente métrica no terreno equivalente a 12 cm (Tabela 2).

Tabela 2 – Correspondente entre a resolução geométrica (micron) e a dimensão do *pixel* no terreno (metro)

<b>Escala da foto</b>	<b>Resolução geométrica (<math>\mu\text{m}</math>)</b>	<b>Dimensão do <i>pixel</i> no terreno (cm)</b>
1/5.000	24	12,0
1/8.000	8	6,4
	16	12,8
	24	19,2
	32	25,6
1/10.000	16	16,0
	24	24,0
1/12.000	16	19,2
	24	28,8
1/15.000	16	24,0

Fonte: McGlone, Mikhail e Bethel (2004).

As câmeras digitais de grande formato, a exemplo da ADS-40,<sup>13</sup> possuem posicionamento por satélite (GPS) e sistema inercial (INS) que determinam os parâmetros para a etapa de aerotriangulação. Adotam o método de varredura contínua e apresentam um sistema de lentes com sensores pancromáticos (preto e branco) e multiespectrais (RGB<sup>14</sup> e infravermelho<sup>15</sup>).

Nos sistemas pancromáticos o valor de *pixel* é representado em densidade de cinza. Os valores variam de zero a 256 ( $2^8$  bits), intervalo esse que excede em muito as capacidades de diferenciação do olho humano.

A resolução geométrica das fotografias aéreas (definida pelo *pixel*) pode chegar a 5  $\mu\text{m}$  e 0,05 m de resolução espacial (JACOBSEN, 2001). O produto gerado pode ser utilizado em áreas clássicas da cartografia, entre elas mapeamento topográfico, construção civil e infraestrutura.

As câmeras digitais de estado sólido (Charged Coupled Device – CCD),<sup>16</sup> quando comparadas com as câmeras analógicas, apresentam melhor resolução radiométrica e pior resolução espacial. O CCD é composto de uma matriz bidimensional de *pixel* com dimensão inferior a 10  $\mu\text{m}$ . Considerando-se o tamanho do *pixel* constante, quanto maior o sensor, maior será a contagem de *pixel* por milímetro, ou seja, melhor será a resolução.<sup>17</sup>

A resolução espacial do *pixel* no terreno em sistemas digitais é mensurada pelo Ground Sample Distance (GSD). A Tabela 3 ilustra a relação entre o GSD, a escala do mapa e a acurácia (x,y).

---

<sup>13</sup> Câmera digital desenvolvida pela Leica Geosystems e Centro Espacial da Alemanha.

<sup>14</sup> Trata-se da abreviatura do sistema multiespectral de cores aditivas, formado por vermelho (*red*), verde (*green*) e azul (*blue*).

<sup>15</sup> Radiação eletromagnética cujo comprimento de onda se situa na faixa que vai de 0,75  $\mu\text{m}$  (limite do comprimento de onda da luz vermelha visível) a 1.000  $\mu\text{m}$ .

<sup>16</sup> Refere-se ao tipo de elemento sensor para gravar a energia eletromagnética perpendicular à linha de voo, permitindo uma visada anterior, vertical e posterior, possibilitando a geração de modelos em três dimensões.

<sup>17</sup> Sensores CCD de 1/3" , com 640 x 480, terão 133 *pixels* por milímetro e resolução de 7,51  $\mu\text{m}$  por *pixel* no sensor. Sensores CCD de 2/3" terão 3,4  $\mu\text{m}$  de resolução, respectivamente.



Tabela 3 – Relação entre o GSD, a escala do mapa e a acurácia (x,y)

GSD com ADS – 40 (cm)	Escala do mapa	Acurácia x,y (cm)	Intervalo de curva de nível	Escala da foto	Tamanho do <i>pixel</i> (cm)
5 a 10	1/500	0,125	0,25	1/3.000 a 1/5.500	2,5 a 5
10 a 15	1/1.000	0,250	0,50	1/5.000 a 1/8.000	5 a 7,5
15 a 20	1/1.500	0,400	0,75	1/6.500 a 1/10.000	7,5 a 10
20 a 30	1/2.000	0,500	1,00	1/8.000 a 1/11.000	10 a 15
35 a 35	1/2.500	0,600	1,25	1/8.500 a 1/13.000	12,5 a 17,5
30 a 50	1/5.000	1,250	2,50	1/12.000 a 1/18.000	15 a 25
40 a 60	1/10.000	2,500	5,00	1/17.000 a 1/27.000	20 a 30

Fonte: Adaptado de: Fricker et al. (2000).



É possível obter dados de alguns sensores remotos orbitais pancromáticos com resolução espacial nominal de 5 x 5 metros (SPOT), 1 x 1 metro (Ikonos) e 0,61 x 0,61 metro (QuickBird).

O World View possui imagens com 0,46 a 0,30 metro. Os modernos sensores se prestam a mapas planimétricos precisos suficientes até a escala 1/10.000. A altimetria está ligada a um MDE mais preciso.

Esses dados podem ser utilizados para a geração de MDE, ortoimagens de média resolução para aplicações fotogramétricas. Nesses sensores as pequenas construções não são identificáveis, pois eles demandam resolução espacial entre 0,25 e 2,5 m (JENSEN; COWEN, 1999) e são utilizados como fontes de dados para mapeamento de áreas urbanas, análise e modelagem do crescimento urbano e alterações do uso do solo, identificação de manchas urbanas e sua expansão e definição de sistemas de classificação do uso do solo (utilização cultural) e sua cobertura (revestimento) (ANDERSON et al., 1976). Desses produtos são extraídos dados relevantes como a declividade, a cobertura vegetal, o tipo de solo, o uso do solo, a hidrografia, entre outros.

São importantes para o monitoramento de uma área na manutenção do cadastro, podendo ser utilizados na confecção de plantas quadras, cuja imagem de fundo facilita a identificação das propriedades imobiliárias para o controle e a execução do levantamento cadastral. Por analogia, as diferentes etapas de projetos de engenharia e urbanos (viabilidade, anteprojeto e executivo) também são determinadas pelas diferentes escalas de fotografias aéreas.

Jensen (2009) afirma que, para fins topográficos, a resolução nominal demanda entre 0,10 m e 0,5 m; serviços básicos de infraestrutura de transporte entre 0,2 m e 10,2 m; uso e cobertura da terra entre 0,3 m e 100 m; geologia entre 1 m e 1 km; e agricultura de precisão entre 0,3 m e 10 m. O autor apresenta como regra aproximada para detecção de feições que a resolução espacial nominal do sistema de sensoriamento remoto deva ser pelo menos a metade do tamanho da feição medida na sua menor dimensão.

Além da resolução geométrica, as fotografias aéreas possuem aquilo que se chama de resolução temática. Trata-se de uma qualidade que permite observar e identificar objetos de forma contextualizada, mesmo quando as fotografias aéreas utilizadas variam entre si em resolução e/ou escala. Para isso, devem seguir procedimentos

metodológicos e estar devidamente georreferenciadas a partir de produtos cartográficos de melhor precisão/resolução.

### 3.5 SENSORIAMENTO REMOTO

O sensoriamento remoto é uma ciência definida pela American Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ASPRS) como “a medição ou aquisição de informação de alguma propriedade de um objeto ou fenômeno, por um dispositivo de registro que não esteja em contato físico com o objeto ou fenômeno em estudo” (KRAMER, 1996; KRAUS, 1993; WOLF, 1995).

Os sensores remotos medem a quantidade de energia eletromagnética que emana de um objeto ou determinada área geográfica. Fornecem informações espaciais, espectrais e temporais, incluindo biofísicas (localização  $x,y,z$ , temperatura superficial, teor de água, vegetação, rugosidade superficial, solo e rochas, uso da terra etc.), assemelhando-se ao levantamento. A conversão em informação se dá por técnicas de processamento digital de imagens e/ou processamento analógico (técnicas visuais). Os dados extraídos interagem e alimentam as ciências de informação geográfica (cartografia, levantamento, SIG) e são utilizados nas pesquisas científicas físicas (química e física), biológicas (botânica e zoologia) e social (geografia, sociologia e antropologia), fornecendo informações para que outras ciências possam conduzir suas investigações científicas (JENSEN, 2009).

De acordo com Kramer (1996), os sensores remotos podem ser classificados quanto à fonte de energia utilizada, podendo ser *ativos* ou *passivos*, que produzem sua própria radiação (operam na faixa de micro-ondas) ou detectam a radiação solar refletida ou emitida pelos objetos da superfície, respectivamente. Os sistemas ativos podem ser intrusivos, afetando o fenômeno investigado. São ainda classificados como *imageadores* e *não imageadores*, quando fornecem como produto uma imagem ou dados em forma de dígitos, gráficos ou assinatura espectral. E, segundo o local de operação, podem ser *suborbital* e *orbital*. O primeiro coleta dados em plataforma de aeronave tripulada, como, por exemplo, *scanners*, câmeras fotográficas e radares. O segundo registra a radiação refletida e/ou emitida pelos alvos da superfície terrestre, a partir de plataformas orbitais, chamados de satélites.

O procedimento no processo de sensoriamento remoto demanda (i) coleta de dados em campo para calibrar os dados do sensor

(características geométricas, radiométricas e temáticas), (ii) metadados que descrevam as fontes e o passo a passo do processamento e (iii) avaliação da exatidão dos resultados que são comunicados utilizando imagens (analogicas ou digitais), gráficos, tabelas estatísticas, base de dados SIG, multivariada etc.

No sensoriamento remoto são operados dados geocodificados em formato digital (*raster*, vetoriais e alfanuméricos) (ANDRADE, 2003). Trata-se de um desdobramento da fotogrametria, cabendo ao sensoriamento remoto a componente interpretativa, medidas qualitativas, a interpretação das feições cartográficas contidas na imagem.

### 3.5.1 Fotointerpretação

A interpretação fotográfica examina imagens com a finalidade de identificar objetos e julgar o significado. Nesse sentido, o conteúdo das fotografias é tão importante como a reconstrução da geometria dos objetos. O resultado é a classificação de objetos por vários recursos.

O processo de interpretação visual de uma fotografia aérea ou imagem exige, além do conhecimento científico do sensoriamento remoto, uma sinergia deste com o conhecimento e a vivência do fotointérprete. Essa vivência inclui as experiências de campo e do mundo real, sendo considerada, além de uma ciência, uma arte.

A fotointerpretação está condicionada ao tamanho, à forma, à profundidade e ao volume de um objeto. A análise estereoscópica da imagem permite avaliar a natureza tridimensional de um terreno e suas formas de relevo, ainda tendo alguns aspectos, como (i) a visibilidade do objeto; (ii) chaves ou elementos de interpretação, identificáveis durante o processo de interpretação; e (iii) a escala da foto. As diferentes escalas de fotografias apresentam diferentes correspondentes métricas no terreno, o que interfere nos processos de fotointerpretação das imagens nas etapas posteriores ao processo fotogramétrico (AMERICAN SOCIETY FOR PHOTOGRAMMETRY AND REMOTE SENSING, 1997).

A utilização de chaves de interpretação, ou seja, de foto-exemplo, é um recurso utilizado na fotointerpretação. Parte de um objeto com características definidas, conhecido preliminarmente pelo fotointérprete, extrapola essas características para demais elementos contidos nas fotografias e nas demais fotos a serem interpretadas. O intérprete

adquire as chaves para a interpretação por meio de estudos aprofundados sobre o sensor em questão e apoiando-se no estado da arte de feições já classificadas.

A maioria dos trabalhos de fotointerpretação segue alguns estágios (fases): detecção, reconhecimento e identificação, análise e delimitação, dedução, classificação e idealização.

Os elementos para a interpretação de objetos em imagens são: localização do objeto (coordenadas  $x,y$ ); tom e cor do objeto (variando de cinza claro a escuro e RGB); tamanho do objeto (comprimento, largura, perímetro, área ou pequeno, médio e grande); forma do objeto (características geométricas); textura do objeto (arranjo e disposição característicos de repetições de tom e cor e/ou liso, médio, rugoso, mosqueado, salpicado etc.); padrão do objeto (arranjo espacial do objeto no terreno – sistemático ou não, randômico, linear, retangular etc.); sombra (silhueta causada por iluminação solar lateral); altura do objeto (elevação, volume, profundidade, declividade e aspecto); e, por fim, características do sítio ou entorno (situação – objetos dispostos e orientados e associação – fenômenos correlacionados) (JENSEN, 2009).

Para a fotointerpretação, a obtenção de informações colaterais ao objeto a ser interpretado demanda levantamentos em campo para complementar o reconhecimento do objeto de estudo (LOCH, 2008). Este trabalho apoia a obtenção dos elementos *sítio – situação e associação* –, além de possibilitar o reconhecimento de elementos que não são identificados em fotografias, devido à resolução do sensor utilizado e à escala das fotografias ou outros materiais e documentos disponíveis.

### **3.5.2 Monitoramento da paisagem**

O monitoramento consiste no mapeamento e na avaliação periódica de uma mesma área, em intervalos de tempo regulares. A finalidade é estudar e controlar as dinâmicas espacial e temporal dos fenômenos, permitindo o desenvolvimento de modelos de previsão. O monitoramento precisa estar fundamentado em áreas técnicas, como fotogrametria e fotointerpretação, analisadas de forma integrada, desempenhando um papel de importância crescente na simulação e na modelagem provisionais (JENSEN et al., 2005).

Para a sua concretização, deve ter o respaldo da legislação pertinente ao uso e à ocupação do solo da área em estudo.

O monitoramento do uso do solo é imprescindível para a existência de um mapeamento sistemático e preciso geometricamente, sendo necessária uma escolha adequada do sensor à investigação e resultados requeridos, devido às vantagens e às limitações que cada um oferece.

A necessidade de se fazer uso das técnicas confiáveis para o monitoramento de áreas de interesse faz com que o sensoriamento remoto se coloque em vantagem em relação a outros métodos. O sensoriamento remoto apoia o monitoramento da atividade do homem em espaço temporal. Essa técnica permite realizar trabalhos com investigação temporal, documental e legal. Seu uso cria subsídios para uma melhor política de uso da terra; análise ambiental e social; garantia de subsídios técnicos confiáveis para a implantação de planos efetivos de desenvolvimento local e regional; transparência pública; e seguridade jurídica dos ocupantes de determinada área.

As principais características das fotografias aéreas utilizadas para estudos de monitoramento são, entre outras, a possibilidade de imageamento complexo da paisagem, incluindo os componentes naturais e antropogênicos; a vasta extensão do espectro eletromagnético e a possibilidade da variação das combinações de diferentes faixas espectrais para estudos específicos; a possibilidade de composição de mosaicos e realização de mapeamento sistemático; a variação de escalas e as resoluções espaciais adequadas aos trabalhos, desde monitoramento ambiental até atualização de cadastro técnico; a periodização do imageamento; a complementaridade entre sensores distintos; a disponibilidade de tecnologias de interpretação; e a possibilidade de análises tridimensionais a partir da elaboração de modelos de terreno e superfície.

### 3.6 QUALIDADE DA INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA E DE PRODUTOS CARTOGRÁFICOS

Uma dentre muitas definições sobre a qualidade de um produto cartográfico ou informação geográfica apresenta-se conceitualmente centrada no usuário, fixando-o como fonte de toda a avaliação sobre a qualidade de um produto. A qualidade é o grau em que um conjunto de características inerentes cumpre com os requisitos (necessidade ou expectativas estabelecidas, implícitas ou obrigatórias) (ISO 9000:2000).

A qualidade não se limita a uma única propriedade do objeto analisado. Pressupõe a conformidade segundo especificações estabelecidas. Para a produção de produtos cartográficos, embora haja aspectos (escala, simbologia, conteúdo) que sejam mais explícitos e evidentes do que outros, a determinação da qualidade requer sempre análise e comparação. As características observáveis devem ser critérios passíveis de mensuração para valorar o nível real da qualidade alcançada, necessitando, para tanto, de referências de medida e indicadores (ARIZA, 2002).

No âmbito da Comunidade Comum Europeia (CCE), cabe à ISO 19157:2013, em substituição à ISO 19113:2002, à ISO 19114:2003 e à ISO 19138:2006, a transparência dos dados. A ISO 19157:2013 é aplicável para usuários que tentam determinar se dados geográficos específicos possuem qualidade suficiente para a sua aplicação em particular e descreve a qualidade a partir de um conjunto de componentes (Quadro 3). Ariza (2002) complementa esse conjunto com a componente *usabilidade*, tendo esse o papel de informar, de maneira global, a adequabilidade às necessidades do usuário.

Quadro 3 – Componentes para a qualidade da informação geográfica e da cartografia, segundo a ISO 19157:2013

Compleitude	Presença ou ausência de fenômenos e seus atributos e relações	Dados excedentes/dados ausentes
Consistência lógica	Grau de aderência das regras lógicas da estrutura de dados, atributos e relações	Consistência conceitual/domínio/formato/topologia
Exatidão posicional	Exatidão da posição dos fenômenos	Definida em função da necessidade posicional de representação das feições. Absoluta/relativa/posicional dos dados na malha
Qualidade temporal	Exatidão dos atributos temporais e as relações temporais dos fenômenos	Medida no tempo/consistência temporal/validade temporal
Exatidão temática	Exatidão de atributos quantitativos e correções do quantitativo e das classificações de fenômenos e suas relações	Correção da classificação/do atributo não quantitativo/exatidão do atributo quantitativo

Fonte: Qualidade de dados cadastrais. Adaptado de: Ariza (2016).



Na exatidão posicional o usuário deve definir qual a tolerância máxima a ser aceita na representação cartográfica que não comprometa a execução do serviço a ser desenvolvido. Para os casos de regularização fundiária de glebas urbanas, a exatidão necessária dos produtos cartográficos é aquela estabelecida no art. 500, § 1º, e no art. 1.228, § 4º e § 5º, do Código Civil.

Por completeude entende-se a completa relação entre as entidades presentes no banco de dados geográfico e aquelas presentes no ambiente real a que se refere o modelo cartográfico. Entende-se que se trata de um atributo de adequação ao uso, ou seja, é completo quando as entidades, os atributos e as relações atendem às demandas do usuário.

A consistência lógica centra-se em avaliar o grau de aderência entre a estrutura de dados, atributos e suas relações, prevalecendo a continuidade à superposição ou os intervalos, principalmente quando das análises temporais. O conhecimento dos formatos (arquivos, sistemas de projeção etc.) é o suporte que determina o intercâmbio de informações (ARIZA, 2002).

Qualquer elemento (edificações, cursos d'água, rua etc.) que esteja representado em um mapa topográfico pertence a um tema. A qualidade temática é construída sobre uma base topográfica preexistente, e o controle de qualidade se dá por comparação com outras fontes mais confiáveis e técnicas consolidadas no meio científico para detecção do erro (ARIZA, 2002).

### **3.6.1 A normatização e a padronização dos metadados na produção da cartografia digital**

Independentemente das disparidades regionais, os municípios brasileiros possuem autonomia na produção de dados cartográficos e cadastrais em escalas superiores a 1/25.000. Essa autonomia exige padrões de metadados consolidados e estruturados que permitem a produção e a gestão de dados cartográficos e cadastrais adequados com a Inde, bem como a integração com outras IDEs regionais e municipais.

As atividades cartográficas seguem um sistema único – o Sistema Cartográfico Nacional (SCN). Esse sistema é constituído pelas entidades nacionais, públicas e privadas, que tenham por atribuição principal executar trabalhos cartográficos ou atividades correlatas.

Todos os órgãos produtores de dados geoespaciais, cartográficos e temáticos devem validar o perfil de metadados geoespaciais,

atendendo às demandas de informações sobre os produtos do SNC. Essas entidades deverão “Interagir na produção, direta ou indireta, ou na aquisição de dados [...] obedecer aos padrões [de dados e de metadados] estabelecidos para a INDE [...]” (art. 4º, inciso I, Decreto n. 6.666, de 27 de novembro de 2008).

Dentre as entidades e os elementos do conjunto de metadados, são enfatizados 23, conforme apresentado no quadro a seguir.

Quadro 4 – Entidades e elementos do perfil MGB, baseados no “Core Metadata for Geographic Datasets” da norma ISO 19115:2003

Entidades e elementos do perfil MGB – sumarizado			
Entidade/Elemento	Obrigatoriedade	Entidade/Elemento	Obrigatoriedade
1 - Título	Obrigatório	12 - Tipo de representação espacial	Opcional
2 - Data	Obrigatório	13 - Sistema de referência	Obrigatório
3 - Responsável	Obrigatório	14 - Linhagem	Opcional
4 - Extensão geográfica	Obrigatório	15 - Acesso <i>on-line</i>	Opcional
5 - Idioma	Obrigatório	16 - Identificador de metadados	Opcional
6 - Código de caracteres do CDG	Obrigatório	17 - Nome padrão de metadados	Opcional
7 - Categoria temática	Obrigatório	18 - Versão da norma de metadados	Opcional
8 - Resolução espacial	Opcional	19 - Idioma de metadados	Condicional
9 - Resumo	Obrigatório	20 - Código de caracteres de metadados	Condicional
10 - Formato de distribuição	Obrigatório	21 - Responsável pelos metadados	Obrigatório
11 - Extensão temporal e altimétrica	Opcional	22 - Data	Obrigatório
		23 - Status	Obrigatório

Fonte: Brasil (2009).

Os metadados são informações relativas à origem e à qualidade dos dados, permitindo o completo conhecimento sobre sua produção, alcance e disponibilidade. Permitem conhecer todas as informações que possam acompanhar um banco de dados geográfico (BDG) (ARIZA, 2002).

Os elementos destacados são fundamentalmente importantes para a qualidade dos produtos cartográficos digitais, produzidos por método fotogramétrico e sensoriamento remoto. Em um processo de certificação, cada uma dessas etapas é devidamente acompanhada e validada, destacando por consequência sua qualidade, a qual refletirá no atendimento à demanda dos produtos temáticos de interesse.

O Federal Geographyc Data Committe (FGDC, 1994) estabeleceu as informações mínimas para a composição de metadados, a saber: (i) identificação; (ii) qualidade dos dados; (iii) organização espacial dos dados; (iv) referência espacial; (v) entidades e atributos; (vi) distribuição; e (vii) referência dos metadados. O FGDC de 1998 e a ISO 19113 de 2002 compartilham cinco elementos em comum: linhagem, acurácia posicional, acurácia temática (de atributos), consistência lógica e completude. Ariza (2002) cita como parâmetros a completude, a representatividade, a coerência lógica, a confrontabilidade, a exatidão temporal e a linhagem.

A representatividade é um atributo que determina em que medida os dados presentes são suficientes para descrever determinada área geográfica, considerando omissões ou variáveis insuficientes.

A linhagem trata de descrever a fonte dos dados e todos os procedimentos empregados para a criação, a transformação e a derivação dos dados geográficos, permitindo entender a qualidade dos dados e a possibilidade de derivação em novos produtos e aplicações e, por consequência, atender à demanda dos produtos temáticos.

O Quadro 5 sistematiza a linhagem de produtos cartográficos estabelecidos pela Concar, destacando aqueles produzidos por método fotogramétrico e de imageamento.



Quadro 5 – Linhagem de produtos cartográficos estabelecidos pela Concar

<b>Linhagem de produtos cartográficos</b>				
Etapa	SR – Fotogramétrico	Conversão Digital	SR – Imageamento	Compilação
1	Levantamento Aerofotogramétrico – voo	Cartas e mapas analógicos	Imagens/cenas/ mosaicos	Cartas ou bases cartográficas
2	Apoio de campo	Digitalização/ Conversão	Apoio de campo e Reambulação	Homogeneização de referências
3	Aerotriangulação/ Ortorretificação	Georreferenciamento e controle de qualidade	Correção polinomial/ Ortorretificação e processamento digital de imagens	Georreferenciamento
4	Reambulação	-	Reambulação	Tratamento de toponímias
5	Estereocompilação	Vetorização e controle de qualidade	Estereocompilação, compilação/extração de feições e carga de banco de dados	Compilação /generalização e cargas de banco de dados
6	Consistência CQ/ (geométrica, topológica e semântica)	Carga de banco de dados e controle de qualidade	Consistência – CQ (geométrica, topológica e semântica)	Consistência CQ/(geométrica, topológica e semântica)
7	Reprodução: digital e analógica	Reprodução: digital e analógica	Formas de divulgação	Reprodução: digital e analógica
8	Atualização	Atualização	Atualização	Atualização

Fonte: Brasil (2009).



### 3.6.2 Algoritmos polinomiais para determinar a qualidade dos produtos cartográficos

A qualidade geométrica do material cartográfico pode ser determinada utilizando a transformação de semelhança, chamada de transformação de Helmert. Trata-se de uma transformação de coordenadas entre dois sistemas de coordenadas cartesianos modelando os parâmetros de escala, o ângulo de rotação e duas translações dos eixos, totalizando quatro parâmetros, descritos pelos elementos a, b, c, d da fórmula:

$$(1) \text{ Transformação de Helmert} \quad \begin{aligned} X &= a_0 + a_1 x' - a_2 y' \\ Y &= b_0 + a_2 x' + a_1 y' \end{aligned}$$

Os sistemas de equação são determinados a partir das coordenadas de apenas dois pontos homólogos, necessários para uma solução unívoca, correspondentes a um conjunto de feições, lidos em uma base de dados  $(x,y)$ , podendo também ser identificados no sistema de referência para a localização dos *pixels* da imagem  $(u, v - \text{linha e coluna})$ . Eles estão relacionados por meio de um par de funções de mapeamento  $u = f(x, y)$  e  $v = f(x, y)$  (US ARMY CORPS OF ENGINEERS WASHINGTON, 2003).

O vínculo entre as coordenadas de uma imagem e as coordenadas no sistema de referência se dá por meio de (i) pontos de controle (PCT) medidos em campo com GPS; (ii) uso de imagens já corrigidas (ortofotocartas); e (iii) pontos de controle obtidos em mapas. Em cada um dos casos há vantagens e desvantagens. Para (i), tem-se como vantagem a alta precisão absoluta dos PCT e como desvantagem a demanda por levantamento em campo. Para (ii) e (iii), tem-se como vantagem atividades realizadas em gabinete com leituras de PCT topográficos interpretados nas imagens (feições passíveis de identificação na imagem e no terreno) e como desvantagem a incerteza da qualidade do produto de referência (ortofotos ou mapas) e os erros intrínsecos à sua produção.

As observações realizadas pelo homem no campo da geodésia, inevitavelmente, possuem erros de medidas (erros grosseiros, sistemáticos, acidentais, de precisão, erros aparentes e verdadeiros) e demandam a multiplicação das observações, igualmente inexatas para a

extração de um resultado único, com maior confiança da grandeza medida. Por meio de métodos matemático-estatísticos, busca-se livrar as observações (medidas) das inconsistências, ajustando-as juntamente com parâmetros estabelecidos (GEMAEL, 1994).

Muitos são os métodos para investigar a qualidade planimétrica e altimétrica de produtos cartográficos, a saber: NMAS, EMAS, ASPRS, NSSDA, Fórmula de Koppe e teste de USGS para MDE (ARIZA, 2002).

O método de ajustamento é um ramo da matemática aplicada. Consiste na extensão do método dos mínimos quadrados (MMQ), desenvolvido independentemente por Gauss (1795) e Legendre (1805). O ajustamento tem por objetivo estimar, mediante a aplicação de modelos matemáticos adequados e do MMQ, um valor único para cada uma das incógnitas do problema e estimar a precisão de tais incógnitas e a eventual correlação entre elas (GEMAEL, 1994).

Nesse método o número de observações  $N$ , quando for igual ao número de parâmetros  $U$  ( $N = U$ ) que se deseja estimar, admitirá uma solução única e exata. Ocorre que a cada observação o  $N$  não é idêntico, apenas disperso em certa região ou intervalo. Essas variações são classificadas como erros aleatórios e consideradas inerentes ao processo de medição.

A abundância do sistema ( $N > U$ ) e a inclusão de erro aleatório garantirão a consistência do modelo, porém com soluções variadas. O ajustamento de observações pretende então encontrar uma solução única para o sistema.

Nos casos de haver mais de dois pontos homólogos, há a necessidade de um método de ajustamento que consiste em determinar primeiramente as coordenadas dos centros de gravidade dos  $N$  pontos homólogos. A transformação de Helmert coloca em coincidência os centros de gravidade dos pontos homólogos dos dois sistemas ( $G$  e  $G'$ ) (SILVA; SEGANTINE, 2015). A abundância de pontos homólogos produzirá uma diferença entre as coordenadas transformadas e as do sistema, chamada de *erro residual* (RMS), que permitirá avaliar a qualidade do produto cartográfico.

Para todos os casos, a qualidade do resultado depende da adequada distribuição dos pontos de controle com relação ao relevo, da precisão das coordenadas dos pontos e da adequação da função polinomial escolhida ao que se pretende modelar.

Para modelar os deslocamentos geométricos, deve-se escolher a ordem polinomial tão baixa quanto possível e tão alta quanto necessário. Essa afirmação é dada por Bähr (1976) ao demonstrar que em imagens LANDSAT – TM e MSS o comportamento sistemático dos resíduos (vetores de erro nos pontos de controle, resultantes a partir do procedimento de ajuste) desaparece completamente após o uso de 12 PCT e polinômios de 2ª ordem, concluindo que a precisão não se melhora simplesmente pelo excesso de pontos.

A escolha da ordem da função polinomial depende da intensidade da distorção da imagem.

As equações de 1º grau ou *transformação afim no plano* modelam duas translações, duas rotações e dois fatores de escala, totalizando seis parâmetros (BÄHR; VÖGTLE, 1999; RICHARDS, 1993). Ao estabelecer um número  $N$  de pontos de controle, demanda-se um sistema de  $2N$  equações para resolver 6 ou 12 parâmetros e a escolha de no mínimo 6 e 10 pontos de controle, respectivamente (BÄHR; VÖGTLE, 1999; RICHARDS, 1993).

A abundância no número de pontos permite tratar e distribuir os erros de medição, uma vez que as coordenadas medidas em cada um dos pontos de controle estão sujeitas a erros. A extrapolação no número de pontos de controle não é permitida para ordens polinomiais porque, quando se aumenta o número de pontos, é presumível que a tendência dos pontos siga próxima à reta de 1ª ordem, enquanto a curva de 3ª ordem se desvia dessa tendência, o que incorreria em menor precisão no georreferenciamento (BÄHR; VÖGTLE, 1999).

As equações de transformação para as ordens polinomiais de 1º e 2º grau estão assim descritas:

(2) *Transformação afim no plano*

$$X = a_0 + a_1 x' + a_2 y'$$

$$Y = b_0 + b_1 x' + b_2 y'$$

(3) *2º grau*

$$X = a_0 + a_1 x' + a_2 y' + a_3 x'^2 + a_4 y'^2 + a_5 x' y'$$

$$Y = b_0 + b_1 x' + b_2 y' + b_3 x'^2 + b_4 y'^2 + b_5 x' y'$$

### 3.6.3 A exatidão posicional de cartas cadastrais provenientes de dados fotogramétricos

Bähr e Vögtle (1999) definem exatidão como o grau de afastamento das medições do seu valor verdadeiro.<sup>18</sup> Normalmente é caracterizada pelo desvio padrão ou erro médio quadrático ( $RMSE_x$  e  $RMSE_y$ ), apresentado pelas coordenadas  $X$  e  $Y$  de um ponto no produto cartográfico e sua correspondente no terreno.

A exatidão é tida como o grau de precisão com que a informação espacial está registrada em sua verdadeira posição, a partir de um referencial terrestre (geodésico) e com referência às outras informações de vizinhança.

Essas coordenadas devem possuir erros inferiores àqueles estabelecidos para a cartografia. O método para obter as referidas coordenadas consiste em selecionar uma amostra, determinar as coordenadas e compará-las com produtos e/ou métodos mais exatos, como, por exemplo, levantamentos realizados em campo.

Nos cálculos para aferição da exatidão planimétrica devem-se considerar as questões de relevo e representação das curvas de nível, que levam à existência de um deslocamento planimétrico ( $Dx$ ). Esse deslocamento é minimizado pela distribuição e pela abundância de pontos em relação às características do próprio terreno.

O FGDC e o NSSDA (National Standards for Spatial Data Accuracy) estabelecem parâmetros estatísticos para estimar a acurácia posicional de cartas topográficas. Esses estudos norteiam os trabalhos para a produção de cartografia e cadastro no Brasil.

A referência oficial compete à qualidade geométrica da cartografia analógica. Esta é baseada no uso de parâmetros de qualidade do mapeamento sistemático, que regula a cartografia nacional (Decreto-

---

<sup>18</sup> Os termos “exatidão” e “acurácia” são sinônimos (PRAZERES, 1993). A exatidão planimétrica está relacionada com a posição das coordenadas planimétricas em relação aos vértices de controle; e a exatidão altimétrica está relacionada com as informações altimétricas registradas em relação às RRNNs, referenciadas ao SGB.

Lei n. 89.817/84). Para esses casos, a exatidão posicional<sup>19</sup> é inerente à escala da carta. O usuário define a escala e, indiretamente, a ela associa-se um valor de qualidade geométrica.

Para esses casos, a acurácia posicional tem o padrão de exatidão cartográfico (PEC) e o erro padrão (EP),<sup>20</sup> mensurados em função dos valores planimétricos na escala do mapa. O padrão de exatidão cartográfico e o erro altimétrico são mensurados em relação à equidistância entre as curvas de nível (Eq).

Os mapas classificados como *Classe A* possuem: (i) PEC planimétrico 0,5 mm e EP 0,3 mm, PEC altimétrico 1/2 da equidistância vertical entre as curvas de nível e EP 1/3 da equidistância entre as curvas de nível. O PEC trata-se de um indicador estatístico de dispersão que garante 90% de probabilidade para a definição da acurácia de produtos cartográficos, ou seja, 90% dos pontos deverão apresentar discrepâncias inferiores aos números apresentados (Tabela 4). Para escalas 1/1.000 e equidistância de curva de nível de 1 m, o PEC planimétrico = 0,0005 m x a escala da carta = 0,5 m e EP = 0,0003 m x a escala da carta = 0,3 m. O PEC altimétrico = 1/2 x 1 m = 0,5 m e EP = 1/3 x 1 m = 0,33 m.

---

<sup>19</sup> Para os sistemas de referência baseados em coordenadas ou posições geográficas, representa a posição verdadeira do objeto sobre o terreno.

<sup>20</sup> No Decreto-Lei n. 89.817/84 os termos “erro médio quadrático”, “erro padrão” e “desvio padrão” são erroneamente considerados equivalentes.



Tabela 4 – Padrão de exatidão cartográfica dos produtos cartográficos analógicos segundo o Decreto-Lei n. 89.817/84

Produtos analógicos – Decreto-Lei n. 89.817/1984										
Escala	Equidistância das curvas de nível (m)		Planim. (m)				PEC		EP	
			PEC (m)		EP. (m)		Eq	Altim. (m)	Eq	Altim. (m)
1/1.000	0,5	Classe A	0,0005	0,50	0,0003	0,30	1/2	0,25	1/3	0,16
		Classe B	0,0008	0,80	0,0005	0,50	3/5	0,30	2/5	0,20
		Classe C	0,001	1,00	0,0006	0,60	3/4	0,375	1/2	0,25
1/2.000	1	Classe A	0,0005	1,00	0,0003	0,30	1/2	0,50	1/3	0,33
		Classe B	0,0008	1,60	0,0005	0,50	3/5	0,60	2/5	0,40
		Classe C	0,001	2,00	0,0006	0,60	3/4	0,75	1/2	0,50

Produtos analógicos – Decreto-Lei n. 89.817/1984										
Escala	Equidistância das curvas de nível (m)		Planim. (m)				PEC		EP	
			PEC (m)		EP (m)		Eq	Altim. (m)	Eq	Altim. (m)
1/5.000	2	Classe A	0,0005	2,50	0,0003	0,30	1/2	1,00	1/3	0,66
		Classe B	0,0008	4,00	0,0005	0,50	3/5	1,20	2/5	0,80
		Classe C	0,001	5,0	0,0006	0,60	3/4	1,5	1/2	1,00
1/10.000	5	Classe A	0,0005	5,00	0,0003	0,30	1/2	2,50	1/3	1,66
		Classe B	0,0008	8,00	0,0005	0,50	3/5	3,00	2/5	2,00
		Classe C	0,001	10,00	0,0006	0,60	3/4	3,75	1/2	2,50

Com a tecnologia valendo-se de mapeamentos digitais, uma carta digital não apresenta escala direta, e sim medidas de dispersão da informação métrica, registrada em relação à sua correspondente métrica no terreno (ROCHA, 2002). Essa ordem de grandeza é definida e representada pelo *pixel*, sendo variável de acordo com as necessidades do usuário e as aplicabilidades de cada produto. O usuário define claramente as informações que necessitam ser representadas na carta e qual exatidão posicional requerida.

Em 2011, a Diretoria de Serviço Geográfico (DSG) normatizou, juntamente com a Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (Inde), os produtos cartográficos digitais, atribuindo a nomenclatura PEC-PCD. Os valores de erros posicionais toleráveis, conforme a escala do mapa, passaram a ser de  $PEC = b\ 0,28\ m$  e  $EP = 0,17\ m$  na planimetria, nos casos de classe A. O PEC-PCD planimétrico e o EP das classes B, C e D correspondem respectivamente às classes A, B e C do PEC planimétrico previsto no Decreto-Lei n. 89.817/1984.

Na altimetria para o MDT, o MDE e o MDS as classes B, C e D correspondem respectivamente às classes A, B, C dos produtos analógicos previstos no Decreto-Lei n. 89.817/1984 (ET-PCDG) (BRASIL, 2016). Na nova classe A o PEC-PCD é  $0,27\ x$  equidistância das curvas de nível e  $EP\ 1/6\ x$  equidistância das curvas de nível (m). A tabela a seguir sintetiza os valores para produtos analógicos e digitais (Tabela 5).



Tabela 5 – Padrão de exatidão cartográfica dos produtos cartográficos digitais, segundo a Técnica dos Produtos de Conjuntos de Dados Geoespaciais (ET-PCDG) de 2011

Produtos digitais (ET-PCDG)									
Escala	Equidistância das curvas de nível (m)	PEC	PEC/PCD	PEC/PCD	EP/PCD	PEC/PCD		EP/PCD	
				Planim. (m)		Eq	Altim. (m)	Eq	Altim. (m)
1/1.000	0,5	-	Classe A	0,28	0,17	0,27	0,135	1/6	0,08
		Classe A	Classe B	0,50	0,30	1/2	0,25	1/3	1,66
		Classe B	Classe C	0,80	0,50	3/5	0,30	2/5	0,20
		Classe C	Classe D	1,00	0,60	3/4	0,375	1/2	0,25
1/2.000	1,0	-	Classe A	0,56	0,34	0,27	0,27	1/6	1,66
		Classe A	Classe B	1,00	0,6	1/2	0,5	1/3	0,33
		Classe B	Classe C	1,60	1,00	3/5	0,60	2/5	0,4
		Classe C	Classe D	2,00	1,20	3/4	0,75	1/2	0,5
1/5.000	2,0	-	Classe A	1,40	0,85	0,27	0,54	1/6	0,33
		Classe A	Classe B	2,50	1,50	1/2	1,00	1/3	0,66
		Classe B	Classe C	4,00	2,50	3/5	1,20	2/5	0,8
		Classe C	Classe D	5,00	3,00	3/4	1,50	1/2	1

Produtos digitais (ET-PCDG)									
Escala	Equidistância das curvas de nível (m)	PEC	PEC/PCD	PEC/PCD	EP/PCD	PEC/PCD		EP/PCD	
				Planim. (m)		Eq	Altim. (m)	Eq	Altim. (m)
1/10.000	5,0	-	Classe A	2,80	1,70	0,27	1,35	1/6	0,83
		Classe A	Classe B	5,00	3,00	1/2	2,50	1/3	1,66
		Classe B	Classe C	8,00	5,00	3/5	3,00	2/5	2
		Classe C	Classe D	10,00	6,00	3/4	3,75	1/2	2,5

### 3.6.4 Análise estatística para a exatidão posicional e o controle da qualidade no ajustamento das observações

A cultura e a prática de avaliação e verificação da qualidade no controle do processo de mapeamento e fiscalização da execução de produtos cartográficos no Brasil são pouco difundidas e utilizadas. A maioria das prefeituras brasileiras não possui profissionais habilitados para tal prática. Recorre-se então à análise da qualidade pelo produto, necessitando, para isso, que o usuário, ao contratar o serviço, estabeleça as características do produto que deseja receber.

Para a aferição do sistema, há de se garantir não considerar os valores atribuídos ao erro sistemático, garantindo apenas o erro aleatório. O teste EMAS (Engineering Map Accuracy Standard) utiliza a *análise de detecção tendência* para a aferição de erros sistemáticos e a *análise de precisão*. Realizam-se procedimentos de testes de hipóteses sobre a média e o desvio padrão amostral das discrepâncias observadas em cada uma das coordenadas planimétricas e altimétricas.

A análise de detecção de tendências considera a distribuição “t” de Student. Pode-se dizer que um produto está isento de efeitos sistemáticos quando

$$(4) \quad |t| < t(n - 1\alpha)$$

Como cada ponto é composto de duas coordenadas a serem avaliadas (E e N), o teste deve ser aplicado nas direções E e N:

$$(5) \quad |tE| < t(n - 1, \alpha)$$

$$(6) \quad |tN| < t(n - 1, \alpha)$$

Os valores de  $tE$  e  $tN$  são calculados por

$$(7) \quad t_E = \frac{1}{S_E} * (\overline{\Delta E}) * n^{\frac{1}{2}}$$

$$(8) \quad t_N = \frac{1}{S_N} * (\overline{\Delta N}) * n^{\frac{1}{2}}$$

Onde:

$\Delta E$  é a média das discrepâncias em E;

$\Delta N$  é a média das discrepâncias em N;

SE é o desvio padrão amostral em E; e

SN é o desvio padrão amostral em N.

A obtenção de  $t(n-1, \alpha)$  é feita por meio da tabela de distribuição “t” de Student, sendo “n” o tamanho da amostra e  $\alpha$  o intervalo de confiança (MERCHANT, 1982).

A análise estatística de precisão (qui-quadrado) é apresentada na Legislação Brasileira de Cartografia e Aerolevanteamento (Lei n. 89.817/84), com desvio padrão planimétrico determinado a partir das coordenadas E e N. Portanto, entende-se que o erro padrão a ser analisado terá a resultante igual nas direções E e N. A partir do exposto, o desvio padrão planimétrico esperado nessa análise fica assim determinado:

$$(9) \quad \sigma_E = \sigma_N = \frac{EPP}{\sqrt{2}}$$

Considera-se, para efeito de análise de exatidão de produtos cartográficos chamados de *Classe A*, um erro padrão planimétrico (EPP) de 0,3 mm na escala do produto cartográfico (Tabela 4).

Levando-se em conta os elementos amostrais, tem-se:

$$(10) \quad \chi_{E, n-1}^2 = \frac{n-1}{\sigma_E^2} * S_E^2$$

$$(11) \quad \chi_{N, n-1}^2 = \frac{n-1}{\sigma_N^2} * S_N^2$$

Onde:

n = tamanho da amostra;

$\sigma$  = desvio padrão resultante (planimétrico e altimétrico); e

S = desvio padrão amostral estimado.

Para que o produto analisado esteja dentro dos limites de tolerâncias estabelecidos pela Lei n. 89.817/84, é necessário satisfazer a seguinte condição na planimetria:

$$(12) \quad \chi_{P,n-1}^2 \leq \chi_{n-1,\alpha}^2$$

A precisão de um conjunto de dados cartográficos é testada quando comparadas as coordenadas de vários pontos fixos já estabelecidos pelo produto cartográfico com as coordenadas dos mesmos pontos obtidos de forma independente, a partir da seleção de PCT, mediante processo que garanta ao menos três vezes maior precisão.

Os PCT a serem utilizados, levantados em campo ou extraídos da cartografia, devem ser bem definidos, de fácil identificação, localização e medição. Os testes com PCT requerem atenção para o tamanho da amostra, a distribuição espacial e a sua exatidão (ARIZA, 2002). As recomendações são de ao menos 20 pontos, independentemente do tamanho da área, distribuídos de forma homogênea, facilmente identificáveis, de modo a assegurar os níveis de confiança estabelecidos e minimizar os custos com o controle terrestre.

A aferição da exatidão posicional de produtos cartográficos de escalas  $>1/5.000$  pode também ser realizada a partir da coleta de PCT feitos em documentos cartográficos com PEC igual, ou melhor, e precisão de  $1/3$  do EP da carta/mapa em análise, ou seja, três vezes mais preciso. Tal procedimento reduz custos operacionais quando comparado com a demanda de obtenção de PCT. Os resultados obtidos (coordenadas  $x,y,z$ ) são sistematizados em planilhas formatadas, de modo a considerar as mesmas ordens de grandeza e casas decimais.

Uma referência para o PEC é apresentada pelo NSSDA. Os valores para o RMSE estão apresentados na Tabela 6, com destaque para as escalas  $1/1.000$  e  $1/2.000$ , comumente empregadas no Brasil (NATIONAL STANDARD FOR SPATIAL DATA ACCURACY, 1999).

Tabela 6 – Valores para o erro médio quadrático (RMSE)

Exatidão planimétrica limite da RMSE (metros)	Escala do mapa
0,0125	1/50
0,025	1/100
0,050	1/200
0,125	1/500
0,250	1/1.000
0,500	1/2.000

Fonte: National Standard for Spatial Data Accuracy (NSSDA) (1999).

Outra referência é atribuída a Philips (2014), ao mencionar que a cartografia cadastral alemã executada em escala 1/500 apresenta a exatidão posicional relativa de cada vértice da parcela cadastral igual a 0,10 m e 0,08 m para a exatidão absoluta.

O cálculo de áreas de um polígono é feito utilizando a fórmula de Gauss, tendo como dados as coordenadas dos vértices (abscissas e ordenadas,  $x,y$ ). A fórmula de Gauss permite ainda que poligonais com formas geométricas não reconhecidas (comuns aos cadastros territoriais) possam ser destrinchadas em um número  $N$  de trapézios.

### 3.7 SISTEMAS CADASTRAIS MULTIFINALITÁRIOS

A Federação Internacional de Geômetras (FIG) define cadastro como um *Sistema de Informações Territoriais* (SIT) baseado na propriedade para o desenvolvimento econômico e social da administração da terra, o planejamento urbano e rural, o monitoramento ambiental e o desenvolvimento sustentável (FIG, 1995).

A Declaração de Bogor (FIG, 1996) ampliou a definição conceitual do cadastro ao estabelecê-lo a partir de infraestruturas modernas que permitam o desenvolvimento eficiente do mercado imobiliário, o aperfeiçoamento da proteção de direitos territoriais, o apoio ao gerenciamento territorial e o desenvolvimento econômico. Essas ações se dão a partir da automatização de sistemas cadastrais capazes de promover a simplificação dos processos.

Os conceitos do cadastro multifinalitário e do Cadastro 2014<sup>21</sup> ampliaram as potencialidades de uso das informações territoriais. Fatores incluindo os desafios da pobreza, a urbanização da população, a proteção ambiental, a boa governança, a resposta às mudanças climáticas, as tecnologias de gestão ambiental etc. direcionaram novos rumos para o cadastro multifinalitário (UN-FIG, 1999).<sup>22</sup>

Conceitualmente, o cadastro tornou-se uma eficiente ferramenta de informação dos bens imóveis e seu entorno. O CTM é então entendido como “um sistema de registro da propriedade imobiliária, de forma geométrica e descritiva” (KELM; LOCH; LOCH, 1998).

Para que um cadastro possa ser considerado multifinalitário (CTM), deve contemplar três pontos essenciais: medição e representação cartográfica no nível do imóvel (abrangendo desde tecnologias para medições do imóvel até o mapeamento temático); e legislação que rege a ocupação territorial e o desenvolvimento econômico do ocupante da terra (BENGEL, 2000; LOCH; ERBA, 2007).

Esses três pontos são correlacionados a partir de bases gráficas – componentes físicas do cadastro técnico – produzidas em escala cadastral (1/8.000, 1/5.000, 1/2.000 e 1/1.000). Essas bases gráficas devem ser desenvolvidas alinhadas aos parâmetros técnicos estabelecidos e compor uma infraestrutura cadastral. Nessas escalas é possível prescrever, punir, controlar e consentir direitos de propriedade e identificar o autor de ocupação e antropização do território, dano ou benefício ecológico (LOCH, 2008).

Atualmente, países como Alemanha, Suíça e Áustria possuem sistemas cadastrais similares entre si e mais bem estabelecidos no conceito (com origem no cadastro napoleônico) e modernos (em consonância com os anseios da FIG), sendo referências conceituais internacionais.

---

<sup>21</sup> O Cadastro 2014 prevê a descentralização do sistema e a integração das instituições encarregadas da administração do território (KAUFMANN; STEUDLER, 1998).

<sup>22</sup> A Declaração de Bogor respondeu à Agenda 21 (ONU, 1992) e revelou o papel do cadastro no combate à pobreza e à degradação ambiental. A Declaração de Bathurst ajudou a promover o termo multidisciplinar “da Administração do Território” e a articulação entre uma boa gestão da terra e do cadastro.

O modelo de cartografia cadastral adotado pelo Brasil não contempla o conteúdo básico de um cadastro definido pela FIG (1995). Diferentemente deles, no Brasil o cadastro serve fundamentalmente às funções fiscais (focado sobre a tributação de terra) e econômicas (avaliação cadastral do bem imóvel). Há o desenvolvimento de premissas tecnológicas para a produção de cartografia, mas a componente jurídica do cadastro técnico (registro de informações sobre a relação jurídica entre as pessoas e a terra) ainda é incipiente, ou seja, o cadastro não é utilizado como base para a segurança dos limites das parcelas territoriais (limites legais) nem para a garantia da propriedade, não possuindo vínculos com o Registro de Imóveis (RI).

Um cadastro técnico, para ser multifinalitário, deve ser modelado em um sistema de referência e possuir identificador único para cada parcela cadastral. Essa premissa reconhece a parcela como a informação básica sobre a qual é gerada toda a infraestrutura de dados espaciais, além de ser o elemento espacial no qual se materializam o direito de propriedade e outros direitos.

Reconhecendo o volume, a complexidade, a dinamicidade e a necessidade de manutenção contínua de dados cadastrais, e também reconhecendo os diferentes perfis de sistemas cadastrais em desenvolvimento ao redor do mundo, a FIG juntamente com o programa para os assentamentos humanos da ONU UN-Habitat motivaram a construção da ISO 19152:2012 (Geographic information – Land Administration Domain Model (LADM)).

Essa norma estabelece que os sistemas de administração de terras não se restringem apenas à manipulação de informação geográfica, e sim representam a relação legalmente estabelecida entre pessoas e a terra. A norma define um modelo conceitual para administração da terra, considerando quatro componentes básicas relacionadas: (i) partes operantes (pessoas e organizações); (ii) unidades administrativas básicas, direitos, responsabilidades e restrições (direito de propriedade); (iii) unidades espaciais (parcelas, e o espaço legal de edifícios e redes de serviços públicos); e (iv) fontes espaciais e representações espaciais (geometria e topologia) (ISO 19152:2012). Essa estrutura fornece uma base para a construção dos perfis nacionais e regionais e permite a combinação de informações da administração da terra oriundas de diferentes fontes de uma forma coerente.

Diante do exposto, Yovanny, Martinez e Nyrian (2000) destacam que a informação cadastral deve resguardar cinco premissas: (i) uma

relação fundamental entre propriedade e proprietário; (ii) a preservação das plantas de valores; (iii) as relações de vizinhança (não são apenas físicas, mas também jurídicas/legais); (iv) a formação de uma base de dados históricos; e (v) a manutenção diária da informação.

O uso cada vez mais recorrente de sistemas informatizados exige maior normalização quanto à topologia e à identificação de limites individuais das parcelas cadastrais. A infraestrutura cadastral, para suportar análises complexas sobre o território, depende da capacidade para satisfazer aos requisitos dos usuários, da acessibilidade à informação, da eficiência na hora de realizar processos e da sua descrição, permitindo seu uso, valoração e incremento por meio de descoberta, acesso e exploração desses dados (JULIÃO, 2015).

Um cadastro multifinalitário atende a todos os fins e usuários, colocando os países que o desenvolvem em melhor situação para gerir o território. Os sistemas cadastrais devem estruturar dados geoespaciais e padronizar a cartografia, atendendo aos padrões estabelecidos na Inde.

### **3.7.1 Sistemas de informação geográfica**

Após os anos 1970, os avanços tecnológicos do sensoriamento remoto, da informática e da produção de dados cartográficos digitais propiciaram o desenvolvimento e a utilização de ambientes computacionais para manipulação de informações geográficas (SIG). Esses ambientes criaram condições favoráveis para a expansão e a difusão do CTM ao operar dados em escala cadastral e propiciaram a expansão das possibilidades de levantamento e integração de informações sobre o território (LANG; BLASCHKE, 2007).

O SIG é uma ferramenta computacional capaz de realizar diagnósticos complexos ao integrar bases de dados de diversas fontes e criar bancos de dados georreferenciados<sup>23</sup> (CÂMARA; MEDEIROS, 1998), visando produzir análises espaciais (FITZ, 2008). No âmbito das municipalidades existe uma ferramenta de alto poder analítico que

---

<sup>23</sup> A base de dados cadastrais unifica os vários arquivos de dados organizados em base única, sistemática e sem repetição de informações. Um banco de dados georreferenciados constitui-se de dados que estão associados a um sistema de coordenadas conhecido, servindo de base à gestão espacial.

permite responder aos desafios de uma moderna gestão, incluindo a disponibilização de dados geográficos e cadastrais, indispensável para o planejamento e a gestão territorial (ANGUITA et al., 2006).

O SIG integra em uma única base de dados e informações espaciais (meio físico) dados do cadastro urbano ou rural, imagens (satélite, sensor aerotransportado etc.) e GPS. Para cada lote em um cadastro urbano, um SIG guarda, além de informação descritiva (proprietário, valor do IPTU etc.), a informação geométrica com as coordenadas dos limites de um lote e/ou parcela. Utilizando-se de algoritmos de manipulação e análise, combina várias informações, permitindo consultar, visualizar e recuperar o conteúdo da base de dados geográficos.

### **3.7.2 Infraestrutura de dados espaciais**

O acesso aos dados, sua obtenção e manutenção devem ocorrer em nível local, devendo a infraestrutura de informação do cadastro pertencer a uma entidade nacional (Declaração de Bathurst) (UN-FIG, 1999).

Os dados cadastrais devem ser organizados a partir de um conjunto de referências e parâmetros técnicos reconhecidos internacionalmente, as chamadas infraestruturas de dados espaciais. Baseiam-se na International Organization for Standardization (ISO) e no Open Geospatial Consortium (OGC), permitindo a cada usuário a garantia de acesso às informações com qualidade (posicional, topológica e temporal) e, principalmente, a integração com um conjunto  $N$  de dados existentes a partir de origens diversas.

Desde o ano de 2007, o continente europeu, no âmbito da Comunidade Econômica Europeia (CEE), regulamentou a Infrastructure for Spatial Information in the European Union (INSPIRE). Nela há a inclusão de modelos de dados para um significativo conjunto de temas relevantes e a criação e aprovação de um conjunto de especificações ISO da família 19100. O reconhecimento dos *standards* OGC por parte dos fornecedores de tecnologia criou as condições mínimas para um

ambiente de produção, gestão e disponibilização de dados geográficos interoperáveis.<sup>24</sup>

Nos países latino-americanos e caribenhos, o estabelecimento das IDEs tem iniciativas individuais e com características particulares para cada país, a exemplo: Chile, (Snit), Argentina (Idera), Colômbia (ICDE), Cuba (Idec), Brasil (Inde). O desenvolvimento da Inde no Brasil é feita pelo Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, assessorado pela Comissão Nacional de Cartografia (Concar) e pelo IBGE. Trata-se de órgão colegiado que envolve representantes de diversos ministérios (IBGE, Serviço Geológico do Brasil (CPRM), Ministério do Meio Ambiente (MMA), entre outras instituições), sendo responsável pela padronização, normatização e homologação dos dados geoespaciais<sup>25</sup> (Decreto Presidencial n. 6.666/2008). Tem como objetivos (i) fixar as diretrizes e bases da produção cartográfica nacional e (ii) estabelecer um conjunto de normas e padrões comuns para a garantia da interoperabilidade entre diversos sistemas, permitindo o compartilhamento de dados entre diferentes instituições e organizações.

A Inde disponibiliza atualmente um portal de geosserviços, denominado de *SIG Brasil*, disponibilizando dados, metadados e informações geoespaciais (catálogo de metadados, Diretório Brasileiro de Dados Geoespaciais (DBDG), catálogo de serviços e um visualizador de mapas que utiliza o *software* livre i3Geo.

O perfil de metadados geoespaciais do Brasil é o perfil MGB (Metadados Geoespaciais do Brasil), que contempla as principais seções da norma North American Profile of ISO19115 (metadados) (Resolução Concar n. 001/2009).

As atividades cartográficas em todo o território nacional utilizam-se de um sistema único – Sistema Cartográfico Nacional –, de competência da União (art. 21, CRFB 1988). É constituído pelas

---

<sup>24</sup> Disponível em: <<http://inspire.ec.europa.eu/>>.

<sup>25</sup> Padronização de marcos geodésicos; caracterização do Sistema Geodésico Brasileiro; parâmetros para transformação de sistemas geodésicos; recomendações para levantamentos relativos estáticos; normas técnicas da cartografia nacional; perfil de metadados geoespaciais do Brasil – perfil MGB –; EDGY – versão disponível na Concar – Resolução 2.0 –; e-PING padrões de interoperabilidade de governo eletrônico.

entidades nacionais, públicas e privadas que tenham por atribuição principal executar trabalhos cartográficos ou atividades correlatas.

A produção cartográfica em escalas inferiores a 1/25.000 é de responsabilidade do IBGE. O Brasil não possui um órgão que centraliza a produção, a homologação e a certificação de produtos cartográficos em escalas superiores a 1/25.000 até a escala cadastral 1/1.000. Essa missão é descentralizada, geralmente de iniciativa local, realizada pelos municípios em decorrência da atribuição de responsabilidade na promoção e na adequação do ordenamento territorial sob sua jurisdição (Art 30, CRFB 1988) e pelo que orienta a Declaração de Bathurst de 1999.

Diante disso, todas as organizações e instituições produtoras de dados geoespaciais, cartográficos e temáticos devem validar o perfil de metadados geoespaciais e as informações sobre produtos do SCN, estabelecidos pela Concar. As questões sobre articulação, formato e sistema de projeção são reguladas por norma própria, nos termos do art. 15 do Decreto-Lei n. 243/67. (art. 7º, Decreto n. 89.817/84).

### **3.7.3 CTM e regularização fundiária**

O cadastro no Brasil data da medição e da representação das Sesmarias, após a declaração da posse dos ocupantes (Estatuto da Terra, Lei n. 4.504/1964). É, no entanto, desde os primórdios confuso e desorganizado, uma vez que não há, como ocorre em outros países, legislação específica que trate do cadastro, bem como sua padronização e procedimentos para execução. Essa ausência de legislação permitiu a criação de uma cultura cadastral no Brasil na qual o cadastro é fundamentalmente descritivo, constituindo-se de uma lista dos imóveis de uma área com informações relacionadas a eles, desprovido de dados de natureza técnica, métrica confiável (BRANDÃO, 2003).

Um dos maiores conflitos estabelecidos no cadastro brasileiro é o estabelecimento dos limites de cada parcela cadastral. Nas áreas municipais urbanas, o modelo de carta cadastral adotado no Brasil é aquele que representa as feições físicas visíveis das ocupações do uso do solo e da infraestrutura, levantadas por métodos fotogramétricos ou topográficos. Elas não registram o limite legal dos lotes ou das parcelas. A finalidade principal dessa carta é a atualização do cadastro fiscal. Nas áreas rurais, embora existam procedimentos em nível nacional para a definição do limite legal das propriedades vinculadas ao RI, não é

adotado o conceito de parcela territorial. Raras são as vezes em que a descrição técnica geométrica coincide com a descrição legal de direitos e obrigações, constante no RI.

A necessidade de instrumentalizar o cadastro com as formas legais de posse da terra e com as formas de ocupação territorial consiste da necessidade de reconhecimento dos tipos de limites da parcela cadastral. As recorrentes divergências entre os limites legais – materializados ou não, com um título de propriedade registrado no RI – e os limites da posse – determinados pelo uso do imóvel, materializados por entes naturais ou antropológicos – têm causado grandes problemas nos sistemas de publicidade territorial no Brasil. Geram, comumente, as sobreposições de títulos de propriedade, os conflitos de limites, a dificuldade de inserção das propriedades e a amarração com a malha urbana (ROSENFELDT, 2012).

Para esses casos, o mapeamento e o cadastro baseado nos conceitos de (i) parcela, (ii) cadastro sistemático das parcelas e (iii) demarcação física das parcelas cobrindo 100% do território auxiliam o saneamento de títulos de propriedade e os problemas de limites, imprescindíveis para o conhecimento e a aplicação do título no terreno relacionado à posse efetiva representada pelas feições físicas identificadas na carta cadastral.

Para que se atenda ao conceito internacional estabelecido pela FIG (comissão 7), deve ainda haver (iv) uma interligação com os RIs e (v) esses serem permanentemente atualizados.

Outro problema trata-se da distinção feita entre cadastro urbano, administrado pelas municipalidades, e rural, administrado pelo Incra. São raras as vezes em que a delimitação entre o urbano e o rural é claramente estabelecida devido ao modelo de ocupação territorial, que se dá horizontalmente sobre as áreas rurais de forma geralmente irregular. Embora a gestão do território seja de competência municipal, essa divisão não permite uma completa gestão do território por parte das municipalidades.

Com a utilização do cadastro para a regularização fundiária, apontam-se como vantagens (i) localização geográfica de todos os imóveis urbanos e rurais de um município; (ii) uso, ocupação ou finalidade de cada imóvel; (iii) delimitação de cada unidade imobiliária, que inclui limites, dimensões e confrontantes; (iv) base cadastral para a implementação de infraestrutura; (v) publicidade e transparência pública das informações territoriais; e (vi) segurança jurídica da propriedade .

A legalização que rege a ocupação territorial depara-se com a necessidade de mecanismos que viabilizem a segurança jurídica da propriedade e dos processos, incluindo os de regularização fundiária. Para essa composição, as questões de qualidade cartográfica são fundamentais.

Por fornecer informações precisas, confiáveis e atualizadas da realidade territorial (meios físicos, jurídicos, ambientais, sociais e econômicos), o CTM é considerado imprescindível no processo de planejamento e gestão territorial e nas políticas públicas de regularização fundiária.

Quando se reconhece o autor de antropização do território, há garantias dos direitos estabelecidos com a posse (previstos em legislação) e o tempo de ocupação, contrapondo ao precedente da *Inversão do Ônus da Prova*. O CTM torna-se uma ferramenta de facilitação da defesa dos direitos das partes envolvidas e dos procedimentos jurídicos para a efetivação do domínio pleno e a aplicação dos instrumentos contidos no Estatuto da Cidade, em atendimento ao Código Civil, promovendo a autonomia dos entes federativos pátrios (FERNANDES, 2010).

O CTM garante segurança jurídica do registro imobiliário mesmo quando advindo de sentença judicial, como é o caso dos processos de usucapião, pois no CTM é possível registrar o tempo, o limite da posse e seu valor, passando a ser de grande valia ao registro de imóveis (LOCH; ERBA, 2007).

### 3.8 APTIDÃO À URBANIZAÇÃO COM BASE NA PEDOGÊNESE DO SOLO

Estudos de aptidão à urbanização com base em parâmetros técnicos e abordagem do meio físico são indispensáveis para subsidiar a indicação de novas áreas para a expansão urbana.

A falta de conhecimento detalhado das possibilidades e das restrições dos recursos e das limitações naturais impede uma avaliação cuidadosa do impacto das decisões e da política pública sobre o território. As características da paisagem são fatores que condicionam a dinâmica de ocupação territorial e, por vezes, são desconsideradas nos processos para o estabelecimento do uso e de ocupação do solo, por vezes pelos próprios gestores públicos. Isso pode ser observado pelas recorrentes ocupações em áreas com restrições ambientais e risco

iminente, as quais comprometem direta e indiretamente as populações locais.

De modo geral, os elementos considerados nas decisões com relação à expansão urbana e à ocupação de áreas restringem-se, sob a óptica do poder público, aos aspectos topográficos, à facilidade de implantação e aos recursos naturais disponíveis para viabilizar o empreendimento. Sob a óptica da população residente, os elementos restringem-se principalmente aos aspectos econômicos, como o preço do imóvel e sua localização, como, por exemplo, proximidade aos polos geradores de trabalho. Conhecer a natureza do terreno é premissa básica para empreendimentos e políticas públicas habitacionais bem-sucedidas.

Diversos métodos propõem estudos e sistematização desse conhecimento, dentre eles existem aqueles que baseiam sua concepção na compartimentação de regiões, de acordo com as características geológicas/geomorfológicas e geotécnicas do solo, variando ainda quanto à escala do estudo (GRANT, 1975).

A ciência que estuda os produtos da interação entre a geologia e o clima é a geomorfologia, desempenhando papel importante nos estudos da paisagem urbana por conciliar maior agilidade e menor custo na representação das condições do meio físico, com vistas a projetos de engenharia civil (LOLLO, 1995). Áreas com similaridade geológica e submetidas às mesmas condições climáticas tendem a apresentar parâmetros de solo e formas de relevo semelhantes (GRANT, 1975).

Nos estudos sobre a geomorfologia de determinada área, o relevo é um componente que se apresenta de modo concreto por meio de sua morfologia, da relação entre a morfogênese e a pedogênese, desempenhando significativo papel na identificação e no entendimento da funcionalidade dos ambientes naturais (COSTA, 2003). O estabelecimento dos parâmetros fisiográficos complementa a compreensão dos processos no meio físico e na modelagem da paisagem.

Ambas se ocupam dos estudos da ciência da terra. A distinção fundamental entre a geologia e a pedologia trata-se de que a primeira é responsável pelas investigações de rochas e minerais (do grego *Geo* = Terra; *logos* = ciência) e a segunda consiste no estudo do solo (*Pedo* = solo) e é considerada uma ciência, independentemente do ramo da geologia. O solo é um material que evolui no tempo, sendo influenciado por fatores naturais ativos existentes na superfície da terra (DOKUCHAEV, 1898 apud UBERTI, 2005).

A necessidade de compreensão da distribuição espacial dos solos e da sua dinâmica interna requer a integração dos estudos pedológicos com a geomorfologia (a morfogênese e a morfografia) e a hidrologia (referente aos fluxos hídricos superficiais e subsuperficiais).

É possível afirmar que existem resultados satisfatórios na determinação da aptidão à urbanização com base em investigações pedológicas (UBERTI, 2005). Essas investigações produzem resultados melhores e mais rápidos quando precedidas e apoiadas em análises de documentos cartográficos de referência preexistentes e de interpretação prévia de produtos de sensoriamento remoto (fotos aéreas e imagens de satélite). Esse cuidado permite a seleção de áreas para estudos das relações solo vs. paisagem, igualmente quando em campos se procede a uma adequada descrição e amostragem do solo, considerando-se a sequência morfológica lateral dos diferentes horizontes do solo em encostas, as topossequências ou parte dessas. Esses estudos são enriquecidos quando, com base na análise desses documentos, o reconhecimento em campo e a interpretação de seus dados quantitativos levam em conta o histórico local, as superfícies geomórficas e a posição do solo em relação a essas e ao perfil geológico, acompanhados de deduções sobre a hidrologia de superfície e subsuperfície (BOULET et al., 1979; DANIELS et al., 1971; DANIELS; HAMMER, 1992; MONIZ; BUOL, 1982 apud UBERTI, 2005).

Diferentes inclinações, formas e comprimentos de encostas (vertentes ou rampas) e extensões dessas superfícies, aliados à natureza e à estruturação dos seus constituintes sólidos (macro e microagregados ou mesmo materiais sem agregação), condicionam fluxos hídricos e processos pedogenéticos (UBERTI, 2005).

Os primeiros trabalhos sobre pedologia no Brasil foram desenvolvidos nos anos 1980, no âmbito do projeto RADAMBRASIL. E as referências a tipos de solos utilizam-se da terminologia constante no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos de 2006 (IBGE, 2015). Em Santa Catarina podem ser citados o Mapeamento dos Solos do Território Catarinense (SANTA CATARINA, 1973), o Atlas Escolar de Santa Catarina (SANTA CATARINA, 1991), o Zoneamento Agroecológico e Socioeconômico de Santa Catarina (SANTA CATARINA, 1994), o Guia para Zonificação Agroecológica (FAO, 1997) e o Projeto Microbacias BIRD (SANTA CATARINA, 1994). Esses mapeamentos fizeram uso de imagens em baixa resolução e pequena escala e ainda foram desenvolvidos para aptidão do uso da terra

com foco na agricultura. Não apresentam detalhamento de informações requeridas para áreas urbanas ou em processo de urbanização. Como uma das consequências negativas dessa realidade, tem-se o hábito de planejar com base em informações mais genéricas e menos pontuais.

Compete à pedologia a descrição morfológica de perfis de solo, registrando as características de *transição, profundidade e espessura dos horizontes e camadas, cor, granulometria e textura, estrutura e consistência*, entre outras. Essa classificação pedológica segue critérios e normatização e é aplicada, respectivamente, ao horizonte genético e diagnóstico<sup>26</sup> (IBGE, 2015).

O processo de antropização altera as características físicas originais do solo. O uso da pedologia para caracterização da aptidão à urbanização parte do uso de condições ambientais específicas (CAE) como ferramentas geradoras de cenários, uma vez que a diversidade de ambientes naturais, como o *relevo, o clima, a geologia, os organismos (vegetação original)* e o *tempo*, reveza-se na função de marcadores de características diferenciais.

---

<sup>26</sup> Por horizonte genético (pedogênico) devem-se entender diferenciações qualitativas em determinadas seções dos perfis de solos; e por horizonte diagnóstico, o estabelecimento de requisito referente a um conjunto de propriedades selecionadas para a construção taxonômica adotado para criar, identificar e distinguir classes de solos (IBGE, 2015).

## 4 DELIMITAÇÕES DA PESQUISA

Em Santa Catarina o município de Joinville (SC) é exemplo de constituição de sistemas cadastrais para a gestão do território. Esses sistemas visam, fundamentalmente, aos fins fiscais e tributários e ao uso para o planejamento urbano, mas ainda não são constituídos como um cadastro técnico multifinalitário, aos moldes do conceito internacional estabelecido.

Conforme já mencionado, a regularização fundiária plena trata-se de um tema complexo e multidisciplinar (de natureza legal, civil, urbana, social e técnica). Todas essas componentes abarcam uma componente técnica para a sua efetivação. Por esse motivo, há de se estabelecer a delimitação desta pesquisa, apresentando o recorte legal e o recorte espacial adotado. O recorte legal trata de explanar o conjunto de legislações tomadas como referência para este trabalho. O recorte espacial trata de caracterizar os municípios nos quais estão inseridas as áreas de estudo, selecionadas para apresentar a escolha das amostras nas quais serão realizados os testes da metodologia construída como proposta desta pesquisa.

### 4.1 RECORTE LEGAL

O entendimento legal da matéria da regularização fundiária é permeado por um complexo aparato de legislações que devem ser interpretadas segundo sua hierarquia e função.

Vigem no Brasil leis em mesmo grau de igualdade com funções diferentes e conexas entre si; são as leis de regulamentação do parcelamento e do uso do solo, as leis de preservação e conservação dos recursos naturais, as leis dos registros públicos (bens particulares e públicos), as leis de direitos fundamentais estabelecidos na Constituição Federal (art. 5º e art. 6º, caput da CRFB 1988).

O sistema legal brasileiro tem como bem maior os bens descritos a seguir e nesta ordem: (i) Garantias Constitucionais Individuais: vida, liberdade, igualdade, segurança e propriedade; e (ii) Garantias Constitucionais Sociais: educação, saúde, alimentação, trabalho, moradia, lazer, segurança, previdência social, maternidade, infância, assistência aos desamparados. Assim, a vida vem em primeira ordem; e a propriedade, logo em seguida.

Os elementos essenciais à manutenção da vida estão em segunda ordem (art. 6º, CRFB 1988). Os bens essenciais, que são as garantias dos elementos essenciais, estão assegurados no art. 20. O meio ambiente é protegido no inciso II desse artigo, na qualidade de terra indispensável à preservação ambiental para assegurar o direito à vida das pessoas. Os limites das demais garantias estão definidos a partir do art. 170 (CRFB 1988). A proteção ao meio ambiente não está diretamente prevista na Constituição, mas indiretamente como meio de sustentação e proteção da vida humana (art. 225, CRFB 1988). Todo aparato legal visa regulamentar cada uma dessas garantias, abrindo conexão e conflito entre si, porque todas visam proteger a vida do ser humano (conexão) e dar garantias de manutenção da vida (conflito), que decorre das diferentes necessidades individuais, como, por exemplo, a Lei do Direito à Moradia (Lei n. 11.977/09).

A ocupação territorial é caracterizada pelas relações entre o direito de propriedade e normas urbanísticas, edilícias e ambientais, regulamentados por legislações específicas. O direito de propriedade é tratado pelo Código Civil brasileiro (Lei n. 10.406/02) e refere-se fundamentalmente às questões relacionadas ao solo, ou seja, a propriedade imobiliária e cadastral. As normas urbanísticas, edilícias e ambientais são tratadas em planos diretores municipais de desenvolvimento territorial. Trata-se de legislação municipal que deve resguardar os preceitos estabelecidos, entre outros, no Estatuto da Cidade (Lei n. 10.257/2001) e no Código Florestal (Lei n. 12.651/2012, que revoga a Lei n. 4.771/1965).

Até a promulgação da CRFB 1988, a primeira lei em que se notou a tentativa de tratar do ordenamento do território foi a Lei Federal n. 6.766/1979. Ao legislar sobre o parcelamento do solo urbano, foi, até então, a melhor aproximação ao entendimento de planejamento urbano, pois se trata de uma lei especificamente de caráter espacial e com o objetivo de organização do espaço.

A CRFB 1988 e os tratados internacionais ratificados pelo Brasil dispõem sobre o conceito de moradia adequada, com vistas à segurança, à saúde e ao bem-estar dos habitantes, possibilitando condições materiais de um desenvolvimento digno ao sujeito de direito. A regulamentação dos artigos 182 e 183 da CRFB 1988, que tratam da política urbana nacional, foi possível a partir da Lei do Estatuto da Cidade (Lei n. 10.257/2001).

Mais tarde, a regularização fundiária foi apoiada pela lei do Programa Minha Casa, Minha Vida (PMCMV) (Lei n. 11.977/2009) e pela regularização fundiária de assentamentos localizados em áreas urbanas.

## 4.2 RECORTES ESPACIAIS

A etapa da pesquisa de levantamento utiliza como recorte espacial os dados do sistema cadastral do município de Joinville (SC). As amostras suportarão as análises de sistematização e testes da proposta metodológica.

Esse município apresenta para o estado de Santa Catarina a situação mais bem estabelecida no que se refere à existência, à organização e ao uso de dados cadastrais. Esse argumento condicionou a escolha das áreas de estudo e amostras para definir os parâmetros mais importantes, com vistas à metodologia para regularizar o ambiente fundiário. Possui cartografia recente executada dentro dos parâmetros do mapeamento sistemático – Carta Internacional do Mundo ao Milionésimo (CIM) –, convencionado pelo IBGE<sup>27</sup> e por método fotogramétrico digital e séries históricas de imagens (Figura 5).

A municipalidade de Joinville (SC) atualizou suas informações cartográficas e cadastrais da área urbana no ano de 2007 e da área rural no ano de 2010 e finalizou a implantação da rede de referência cadastral municipal em 2010. Na área urbana o voo para atualização das informações cartográficas e cadastrais foi executado utilizando câmera analógica WILD RC 10 com distância focal de 153 mm, produzindo fotografias em escala 1/5.000 e resolução de 0,10 m, ortofotocartas em escala equivalente a 1/1.000, cartografia digital da área urbana em escala 1/1.000 e curvas de nível a cada 1 metro, cadastro territorial e sistema de

---

<sup>27</sup> Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/topo\\_doc3.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/topo_doc3.shtm)>. No mapeamento sistemático e suas divisões, o IBGE estabelece nomenclatura até as cartas 1/25.000. Parte do modelo esférico da Terra em 60 fusos de amplitude de 6° cada, numerados a partir do fuso 180° W–174° W no sentido Oeste-Leste. A carta 1/1.000.000 é subdividida em 4 cartas 1/500.000, identificadas pelas letras V, X, Y ou Z. A carta 1/500.000 é subdividida em 4 cartas 1/250.000, identificadas pelas letras A, B, C ou D. A carta 1/250.000 é subdividida em 6 cartas 1/100.000, identificadas pelos algarismos romanos de I a VI. A carta 1/100.000 é subdividida em 4 cartas 1/50.000, que recebem como identificação os números 1, 2, 3 ou 4.

informação geográfica. Na área rural o voo foi executado utilizando câmera digital ADS-80 (CCD 6,5 $\mu$ ), escala média equivalente das fotografias 1/30.000, ortofotocartas escala 1/5.000 e 1/10.000, perfilamento a *laser* (ALS 60), que sobrevoou todo o território municipal, cartografia digital da área rural escala 1/5.000 e 1/10.000 e curvas de nível a cada 1 metro, cadastro territorial e sistema de informação geográfica. O perfilamento a *laser* foi realizado em todo o território municipal e permitiu atualizar a cartografia da área urbana e gerar a cartografia escala 1/1.000 e curvas de nível a cada 0,20 m. Possui ainda um total de 10 séries históricas de imagens e cinco atualizações cadastrais.

Esse município está localizado na microrregião nordeste do estado de Santa Catarina. Situado entre as latitudes 26°04'S e 26°26'S e longitudes 48°44'O e 49°11'O, faz divisa com os municípios de Jaraguá do Sul a oeste, São Francisco do Sul a leste, Campo Alegre e Garuva a norte e Araquari, Guaramirim e Schroeder a sul.

Do ponto de vista social, ocupa a posição 13° do Índice de Desenvolvimento Humano brasileiro (IDH) e tem PIB *per capita* de 35,8 milhões. Apresenta 1.135 km<sup>2</sup> de área total, dos quais 922,45 km<sup>2</sup> são considerados rurais (JOINVILLE, 2009). É a sexta cidade que mais cresceu no Brasil nos últimos 10 anos, atualmente com 510 mil habitantes (IBGE, 2010; JOINVILLE, 2015).

Trata-se de um município litorâneo inserido no ambiente Mata Atlântica. Apresenta características morfológicas e hidrológicas particulares. Há três feições geomorfológicas diferentes: (i) escarpas da vertente Atlântico e reverso para o plano da Serra do Mar, cuja altitude média é de 900 metros; (ii) planície com cota média de 10 metros, abrangendo colinas e morros isolados que vão na direção norte-sul; Morro do Boa Vista, Iririú, Guanabara e Itinga, com declividade entre 8 e 45%; e (iii) Complexo Lagunar-Estuarino da Baía da Babitonga e seus manguezais. Esses solos são mais impermeáveis, propiciando escoamentos maiores quando comparados com a média e a capacidade de infiltração. As cotas do nível do lençol freático são superficiais (GONÇALVES, 1993).

Segundo o IBGE (2010), Joinville apresenta 10 aglomerados subnormais,<sup>28</sup> aproximadamente 1.932 domicílios, dos quais 217 não estão ligados às redes gerais de distribuição de água, 1.163 não possuem qualquer tipo de coleta ou tratamento do esgoto, 25 não possuem qualquer tipo de destinação para o lixo e 699 não têm energia elétrica fornecida formalmente pela companhia distribuidora.

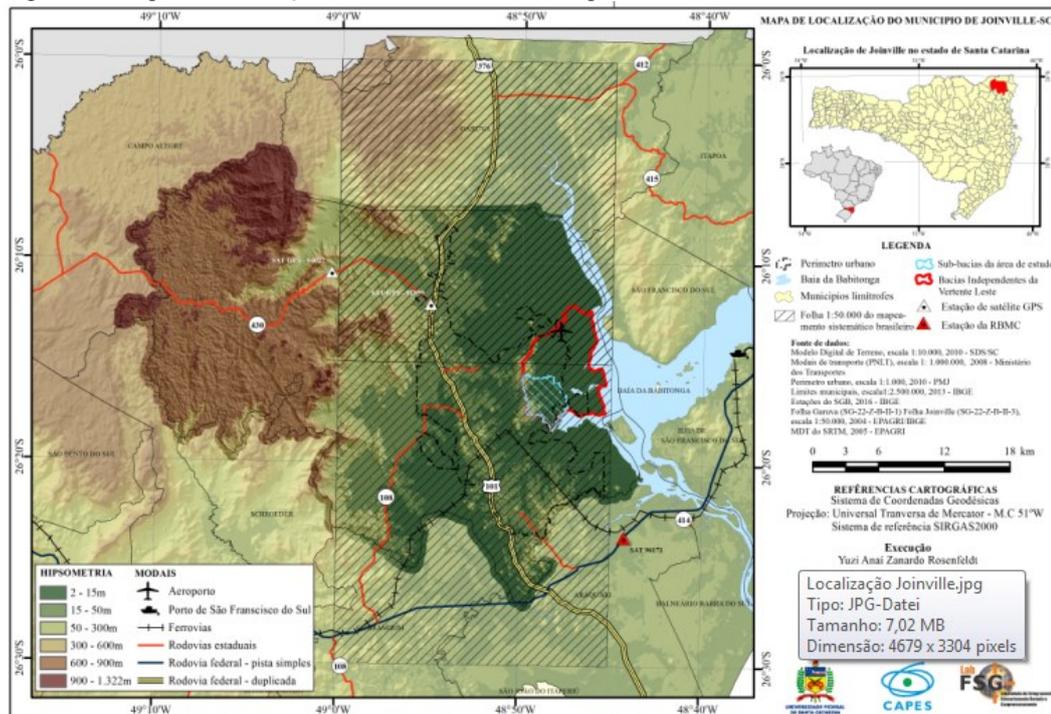
O município teve o uso e a ocupação de seu território intensificados pelo crescimento urbano e econômico e caracteriza-se como um polo industrial nacional. A rodovia BR-101 (amarelo) corta o município de Joinville (SC) no sentido norte-sul. Essa rodovia é o corredor rodoviário mais importante do Brasil, ligando o extremo Norte (Rio Grande do Norte) ao extremo Sul do país (Rio Grande do Sul). Conecta todo o litoral catarinense a outro importante polo regional industrial, a cidade de Curitiba (PR). O município beneficiou-se do ponto de vista econômico do potencial dessa rodovia, mas também foi limitado espacialmente, tendo a rodovia como um condicionante físico (barreira). A BR-101 é ainda alimentada por dois outros importantes corredores, as rodovias estaduais SC-430, que conecta os municípios de Jaraguá do Sul (SC) a Joinville (SC); e a SC-108, que conecta o município de São Francisco do Sul (SC) a Joinville (SC). Para o primeiro, tem-se um importante polo industrial complementar ao município de Joinville (SC); e para o segundo, o porto no qual escoou a produção industrial dos municípios.

Joinville (SC) destaca-se nacionalmente pela composição de sistemas cadastrais a partir de produtos cartográficos e seu uso para a gestão e o planejamento territorial (JULIÃO; LOCH; ROSENFELDT, 2014). O laboratório (LabFSG/UFSC) ao qual se vinculou esta tese possui termo de cooperação com a Prefeitura municipal. Isso permitiu o desenvolvimento de pesquisas e estudos correlatos com outras teses em desenvolvimento e outras já concluídas, além da interação com profissionais da administração pública com formação técnica e acadêmica, permitindo assim o acúmulo do conhecimento científico.

---

<sup>28</sup> Conjunto constituído de no mínimo 51 unidades habitacionais que ocupam propriedade alheia de forma desordenada e densa, carente, em sua maioria, de serviços públicos essenciais. Conjunto (barracos, casas etc.).

Figura 5 – Mapa de localização da área urbana do município de Joinville na CIM





#### **4.2.1 Área de estudo: sub-bacias das Bacias Hidrográficas Independentes da Vertente Leste, Joinville (SC)**

As Bacias Hidrográficas Independentes da Vertente Leste compõem o complexo de sete sub-bacias do chamado Complexo Lagunar Estuarino da Baía da Babitonga. Têm suas nascentes nos morros do Boa Vista e de Iririú, com a foz localizada diretamente na Baía da Babitonga. Como principais rios do complexo hídrico, têm-se o Rio Comprido, o Rio Fortuna/Guaxanduva, o Rio Iririú-Mirim, o Rio do Ferro, o Rio Iririú-Guaçu e o Rio Cubatãozinho. A área total das bacias é de 94,9 km<sup>2</sup> (JOINVILLE, 2011).

Juntamente com a Bacia do Rio Cachoeira, a chamada Colônia Dona Francisca, atual Joinville, foi estabelecida consolidando-se em fundo de baía, tendo a leste os manguezais da Baía da Babitonga; e a 20 km para oeste os contrafortes da Serra do Mar. A hidrografia apresenta seu sistema organizado predominantemente na vertente da Serra do Mar.

Entende-se por sub-bacia um território geograficamente delimitado. Esse recorte espacial para a pesquisa é consenso na Academia, defendido por pesquisadores das Áreas Tecnológicas e das Ciências Sociais Aplicadas, e se deve ao entendimento de que uma gestão territorial efetiva deve considerar e integrar todos os aspectos da paisagem, de modo a estabelecer as formas de ocupar o território. Esse recorte permite, de forma representativa e não aleatória, a definição das amostras para associar espaços com características rurais e urbanas, monitorar riscos ecológicos e sociais e, ainda, avaliar a adequação do uso e de ocupação do solo.

Os recortes espaciais foram definidos pelo estabelecimento de uma correlação que analisa o objeto estudado do geral ao particular. Na escala das bacias discutem-se as condicionantes de ordem geomorfológica e de paisagem até a escala de discussão em nível de parcela cadastral.

Buscaram-se recortes espaciais que contemplassem tecnicamente área urbana e de expansão urbana (i) com cartografia gerada a partir de método fotogramétrico escala 1/1.000 e PEC-A; (ii) com relevo plano, ondulado e acidentado para permitir a discussão a partir de diferentes características da forma geométrica dos lotes, da cartografia disponível e do ponto de vista planialtimétrico; (iii) com irregularidade fundiária e titularidade particular para permitir a discussão da regularização judicial e/ou extrajudicial pelo Código Civil de 2002; (iv) em que fossem

observadas adequadas identificações de pontos fotointerpretáveis na cartografia, na fotografia e em campo; e, por fim, (v) com distintas descrições morfológicas que as conformassem ou não em área de risco pela legislação brasileira.

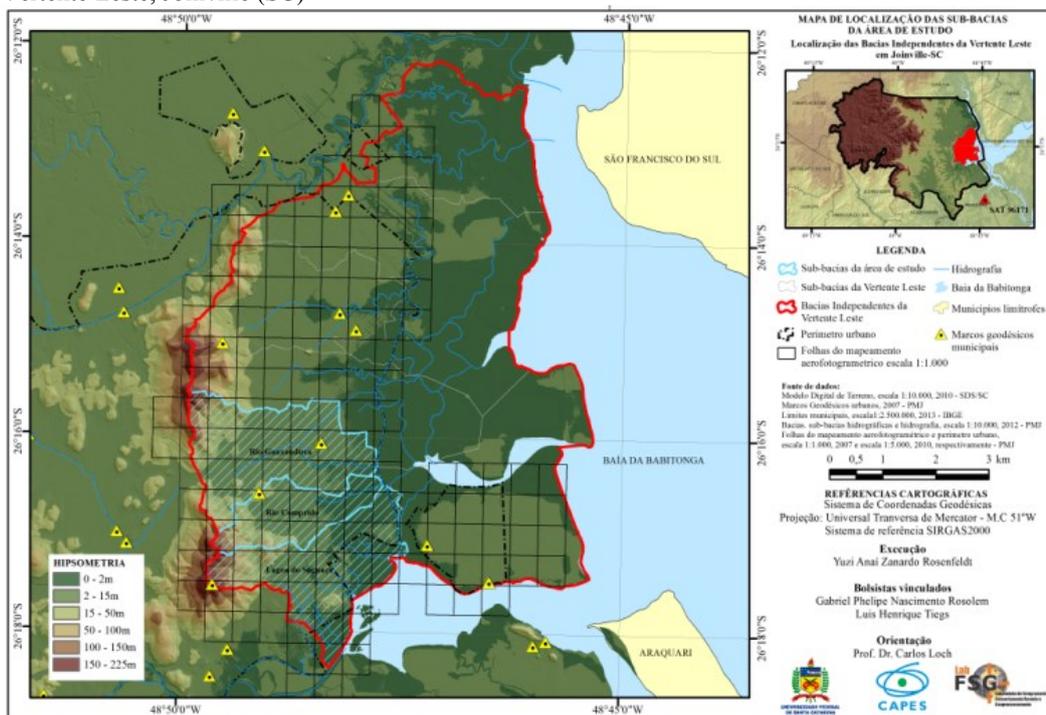
A área de estudos trata de três sub-bacias que compõem as Bacias Hidrográficas Independentes da Vertente Leste: Rio Comprido, Rio Fortuna/Guaxanduva, Rio Iririú-Mirim, em que se localizam os bairros Jardim Iririú e Comasa. A seleção buscou resguardar os critérios de representatividade das características identificadas no conjunto das Bacias Hidrográficas Independentes da Vertente.

A Figura 6 apresenta um mapa com destaque em vermelho para as três sub-bacias da área de estudo, inseridas nas Bacias Independentes da Vertente Leste, Joinville (SC). A representação no mapa contempla os principais elementos topográficos e as folhas do mapeamento aerofotogramétrico municipal do ano de 2007.<sup>29</sup>

---

<sup>29</sup> A empresa executora do mapeamento aerofotogramétrico adotou como convenção de nomenclatura para as folhas as coordenadas do canto inferior esquerdo de cada folha da articulação, sendo o nome da folha formado pelos quatro primeiros dígitos da coordenada *E* e, omitindo o primeiro dígito da coordenada *N*, os quatro dígitos subsequentes.

Figura 6 – Mapa de localização de três sub-bacias que compõem a área de estudo, inseridas nas Bacias Independentes da Vertente Leste, Joinville (SC)





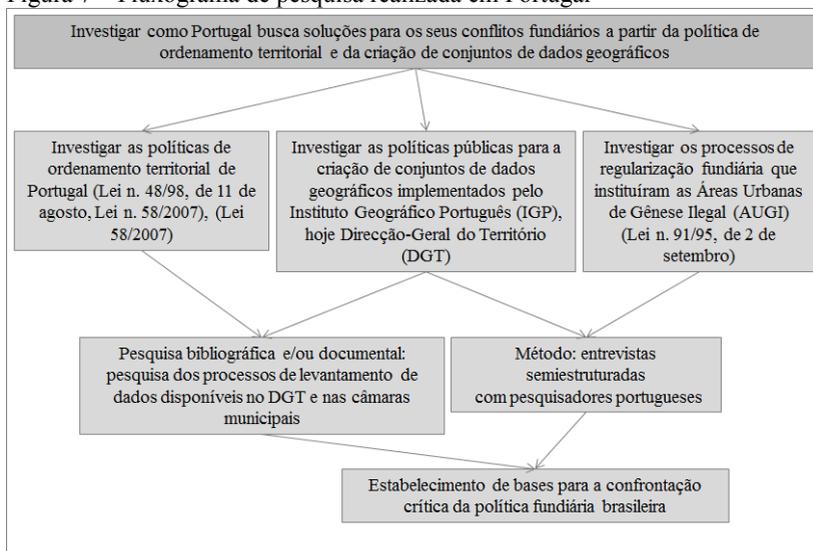
## 5 RESULTADOS

A seguir apresentam-se os resultados da pesquisa, os quais estão organizados de modo a distinguir e mostrar os objetivos específicos da tese.

### 5.1 PESQUISA DOCUMENTAL REALIZADA EM PORTUGAL

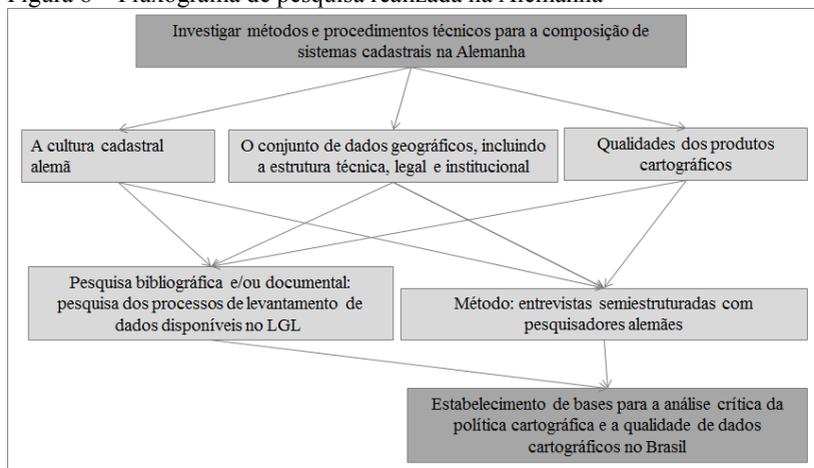
A busca por referência documental para estabelecer os parâmetros analíticos e conceituais da pesquisa (objetivo específico *a*) partiu de pesquisa documental e investigação de dois estudos de caso: Portugal e Alemanha. Em Portugal foram avaliadas as soluções que aquele país tem buscado para a resolução de conflitos fundiários a partir de uma política de ordenamento territorial e da criação de um conjunto de dados geográficos, quais sejam: (i) as políticas de ordenamento territorial de Portugal (Lei n. 48/98, de 11 de agosto, Lei n. 58/2007); (ii) a criação de conjuntos de dados geográficos implementados pelo Instituto Geográfico Português (IGP), hoje Direcção-Geral do Território (DGT), incluindo a capacidade e limitações das instituições, dos órgãos e das autoridades públicas para integrar e implementar as propostas; e (iii) os processos de regularização fundiária, que instituíram as Áreas Urbanas de Génese Ilegal (AUGI) (Lei n. 91/95, de 2 de setembro) (Figura 7).

Figura 7 – Fluxograma de pesquisa realizada em Portugal



O estudo de caso alemão investigou (i) métodos e procedimentos técnicos para a composição de sistemas cadastrais; (ii) a cultura cadastral alemã; (iii) o conjunto de dados geográficos, incluindo a estrutura técnica, legal e institucional; e (iv) qualidades dos dados cartográficos disponíveis e comercializados (Figura 8).

Figura 8 – Fluxograma de pesquisa realizada na Alemanha



Na etapa de pesquisa documental utilizou-se de entrevistas semiestruturadas com diferentes pesquisadores com notório saber. Esse método é uma alternativa para se coletarem dados não documentados sobre determinado tema. Na etapa do doutorado-sanduíche realizaram-se visitas técnicas em que se estruturaram diálogos assimétricos entre entrevistador – pesquisador – e entrevistado(s) – profissional(is) técnico(s) especializado(s). Tais profissionais foram indicados e devidamente contatados pelo orientador no país anfitrião. O pesquisador organizou um roteiro sobre o tema que estava sendo discutido, permitindo o incentivo e a intervenção do entrevistado, de modo que ele pudesse falar livremente sobre assuntos estabelecidos e aqueles que surgiam como desdobramentos dos temas principais. As entrevistas foram gravadas e posteriormente transcritas.

### 5.1.1 A política de ordenamento do território

A política de ordenamento do território em Portugal é efetuada pelo Programa Nacional da Política de Ordenamento do Território (PNPOT), aprovado pela Lei n. 58/2007, de 4 de setembro. Essa lei estabeleceu um quadro orientador para os diferentes instrumentos de gestão territorial, bem como preconizou a necessidade de esses se suportarem em conjuntos de dados geográficos relevantes. O PNPOT define o modelo de desenvolvimento territorial do país em longo prazo

(horizonte de 2025), fixa objetivos estratégicos e específicos nos vários domínios de política setorial com impacto territorial, identifica medidas prioritárias para atingir esses objetivos e fornece orientações para a elaboração dos restantes instrumentos de gestão territorial.

A política de ordenamento do território (Lei n. 48/98, de 11 de agosto) é um sistema de gestão territorial organizado em três níveis coordenados entre si (nacional, regional e municipal) e concretiza-se por meio de um conjunto determinado de instrumentos de gestão territorial.

Em relação aos instrumentos de planeamento territorial, há os Planos Municipais de Ordenamento do Território (PMOT), que definem a política municipal de gestão territorial alinhada às diretrizes do PNPOT. Inseridos nos PMOT, mencionam-se ainda o Plano Diretor Municipal (PDM), instrumento de gestão territorial, e o Plano de Urbanização (PU), que concretiza para áreas determinadas do território municipal a política de ordenamento e de urbanismo, em que se aplicam as políticas urbanas; definem-se a estrutura urbana, o regime de uso do solo, os critérios de transformação do território e o Plano Pormenor<sup>30</sup> (PP), que desenvolve e concretiza proposta de ocupação de áreas do território municipal, estabelecendo regras sobre as infraestruturas e os projetos urbanos (Decreto-Lei n. 380/99, de 22 de setembro).

Para atender a essa demanda, são estabelecidas políticas públicas para a criação de conjuntos de dados geográficos, sobretudo por meio de várias medidas que foram concebidas e implementadas pelo Instituto Geográfico Português e seus antecessores. Nota-se, no entanto, a dificuldade de integração entre diferentes atores públicos e agências para efetivar a política.

### **5.1.2 A estruturação do cadastro multifinalitário**

Portugal possui no seu sistema jurídico uma previsão de suporte ao cadastro com quase 90 anos de existência. Os trabalhos de levantamento cadastral das comarcas (prefeituras), decretados no início do século XIX, seriam responsáveis pela descrição e pela configuração

---

<sup>30</sup> Os PMOT estabelecem que o Plano de Pormenor defina, com minúcia, a tipologia de ocupação de qualquer área específica do município.

de todas as herdades, quintas, prazos, fazendas e outros bens, rurais e urbanos, com as dimensões, as demarcações e o registro dos respectivos proprietários. Estabeleceu-se já no século XX o Cadastro Geométrico da Propriedade Rústica (CGPR) (rural), por meio do Decreto-Lei n. 12.451/26, de 27 de outubro.

Esse cadastro foi criado com o exclusivo propósito de suportar as atividades de natureza fiscal, as quais incidiam sobre a parte rural dos municípios abrangidos. Os levantamentos foram efetuados de forma sistemática e centralizados pelo Instituto Geográfico e Cadastral, entre os anos 1930 e 1980, tendo atingido uma cobertura de aproximadamente 50% do território.

Embora estivesse previsto na legislação de suporte ao Cadastro Geométrico da Propriedade Rústica que o esforço de atualização periódica seria competência do Estado, tal não se verificou. Houve apenas atualizações pontuais, a pedido do proprietário, que assumiu na ocasião as despesas inerentes ao processo. Consequentemente, esses dados estão substancialmente desatualizados.

Em 1995 houve uma alteração na visão sobre os dados cadastrais, (Decreto-Lei n. 172/95, de 18 de julho). Esse decreto estabeleceu o conceito de Cadastro Predial como registro administrativo, metódico e atualizado, de aplicação multifuncional, no qual se procede à caracterização e à identificação dos prédios existentes em território nacional. Nessa ocasião os prédios foram considerados como a parte delimitada do solo juridicamente autônoma, abrangendo as águas, as plantações, os edifícios e as construções de qualquer natureza nela incorporados ou assentados com caráter permanente. Merecem destaque três alterações, a saber: (i) substituição da natureza fiscal pela jurídica; (ii) ampliação da cobertura territorial, englobando as áreas rurais e urbanas; e (iii) dotação de perspectiva multifuncional.

O trabalho iniciou-se em cinco municípios, correspondendo a 1,5% do território. Nenhuma operação foi concluída com sucesso, devido à desarmonia entre os dados registrados (finanças e conservatórias) e os observados nos levantamentos.

Após 10 anos, a Resolução do Conselho de Ministros n. 45/2006, de 4 de maio, criou o Sistema Nacional de Exploração e Gestão de Informação Cadastral (SiNERGIC) e foi complementada pelo Decreto-Lei n. 224/2007, 31 de maio, que estabelece o regime experimental da sua execução.

Essa reforma mantém o conceito de Cadastro Predial intacto, mas introduz algumas modificações na visão do projeto e na forma de operacionalizá-lo. Em primeiro lugar, assume claramente que não faz sentido a existência de dados cadastrais sem a correspondente instituição dos mecanismos (legais e tecnológicos) que garantam a sua regular e imediata atualização, daí o conceito de Sistema de Informação interligando os principais pivôs de ação sobre os dados cadastrais: (i) Instituto dos Registos e Notariado (propriedade), (ii) Autoridade Tributária (valor) e (iii) Direção-Geral do Território (geometria).

Paralelamente, o sistema preconiza uma maior flexibilidade no processo de harmonização dos dados (principal fator de bloqueio das operações realizadas no âmbito do Cadastro Predial), não o inviabilizando no seu todo, mesmo que haja situações não resolvidas no seu decurso, colocando os prédios em questão como “cadastro transitório”.

A primeira fase do SiNERGIC estabelecia a execução cadastral de sete municípios em três regiões distintas: a norte (Paredes e Penafiel), no centro (Oliveira do Hospital e Seia) e a sul (Algarve – Loulé, São Brás de Alportel e Tavira). Essas operações de execução cadastral apenas se iniciaram em Loulé em julho de 2013; assim, a realidade de Portugal não é a melhor no que se refere ao conhecimento da propriedade. Estima-se que, para cerca de 20% dos prédios (a maioria de natureza rústica), não se conhece o proprietário. Portugal é um dos poucos países da Europa onde ainda não existe uma cobertura cadastral integral (JULIÃO, 2015).

O CGPR existente é objeto de conversão analógica/digital. Essa iniciativa contempla a rasterização das seções cadastrais existentes e a posterior vetorização das implantações cartográficas representadas, bem como a digitalização da informação descritiva constante das fichas dos prédios. Os primeiros trabalhos foram executados na década de 1990, internamente, pelo Instituto Português de Cartografia e Cadastro (antecessor do IGP e da DGT), mas a partir do ano 2000 foram adjudicados ao exterior, por meio de concursos públicos. Posteriormente, o IGP promoveu os trabalhos por meio da celebração de protocolos de cooperação com câmaras municipais, associações de municípios e comunidades intermunicipais, dado o interesse e as necessidades comuns na obtenção de informação cadastral em formato digital, imprescindível para o cumprimento das suas atividades. Os trabalhos, realizados internamente ou por entidades exteriores, baseiam-

se nas *Especificações Técnicas para a Informatização do Cadastro Geométrico da Propriedade Rústica*, versão 3.0, publicadas em 2010.

Os resultados desse processo são mensurados: (i) 59,8% dos municípios têm concluído o processo de informatização; (ii) 21,6% dos municípios têm trabalhos de informatização em andamento; (iii) 6,7% dos municípios têm protocolo de informatização, mas não iniciaram os trabalhos; e (vi) 11,9% dos municípios não têm protocolo nem trabalhos de informatização iniciados.

O volume de trabalho ainda a ser levantado no âmbito do cadastro está estimado em cerca de 10 milhões de propriedades rurais e 2 milhões de propriedades urbanas.

Com efeito, duas situações comprometem ainda o desenvolvimento do trabalho, a saber: (i) inexistência de cadastro sistemático e atualizado da propriedade; e (ii) natureza facultativa do registro da propriedade até o ano de 2008.

A situação levou à criação de vias alternativas para a produção de conteúdos cadastrais (nem todos com o mesmo valor em termos de rigor) que sustentem o efetivo conhecimento da realidade da propriedade no país para finalidades específicas e sem preocupações de aplicação multifuncional. Dois exemplos desse tipo de situação são o Sistema de Identificação Parcelar (SIP) e o Fichero Vitivinícola Comunitário (SIGV).

O último desenvolvimento nesse domínio foi a aprovação da Resolução do Conselho de Ministros n. 56/2012, de 5 de julho, que preconiza algumas alterações no modelo de obtenção de dados cadastrais, previsto pelo diploma do SiNErGIC, abrindo a possibilidade de compilação e integração de dados de múltiplas fontes, originados em diferentes processos de intervenção pública e detidos por entidades públicas ou seus concessionários.

### **5.1.3 A criação do conjunto de dados geográficos**

Em 1788 se iniciaram os trabalhos geodésicos do reino, coordenados por Francisco António Cieira. No passado recente, os trabalhos nas áreas da geodésia, cartografia e cadastro foram da responsabilidade sucessiva do Instituto Geográfico e Cadastral (1926 a 1994), do Instituto Português de Cartografia e Cadastro (1994 a 2002) e do Instituto Geográfico Português (2002 a 2012).

Desde 2012, os domínios da geodésia são de responsabilidade da Direção-Geral do Território. Esse órgão define os referenciais geodésicos nacionais, acompanha a manutenção e o aperfeiçoamento das infraestruturas geodésicas de Portugal e mantém os registos de dados que as caracterizam, de forma a garantir condições para a sua distribuição (da Rede Geodésica Nacional, da Rede de Nivelamento Geométrico de Alta Precisão e da Rede Nacional de Estações Permanentes – GNSS).

O estabelecimento do European Terrestrial Reference System 1989 (ETRS89), sistema de referência em Portugal Continental, foi efetuado com base em campanhas internacionais (realizadas em 1989, 1995 e 1997) que tiveram como objetivo ligar convenientemente a rede portuguesa à rede europeia. Nos anos subsequentes, toda a Rede Geodésica de 1ª e 2ª ordem do Continente foi observada com GPS, tendo o seu ajustamento sido realizado fixando as coordenadas dos pontos estacionados nas anteriores campanhas internacionais. O sistema ETRS89 deverá substituir completamente os anteriormente utilizados.

A Rede Geodésica Nacional conta com mais de 9.000 marcos, bem estruturados (geográfica e hierarquicamente) e trabalhados (observações regulares), com alguns problemas de conservação física (nos marcos de 2ª e 3ª ordem). Durante a última década, o IGP implementou uma rede de estações permanentes (ReNEP) que incrementou os parâmetros de qualidade e tempo de execução dos trabalhos de campo.

A Rede de Nivelamento Geométrico de Alta Precisão (RNGAP) distribui-se ao longo das principais vias de comunicação do país, com um comprimento de cerca de 4.000 km, constituída por mais de 4.500 marcas de nivelamento, tendo a sua marca fundamental situada junto ao Marégrafo de Cascais, de forma a assegurar a ligação entre o nivelamento e o *datum* altimétrico de Portugal Continental.

A Rede Gravimétrica Nacional (RNG) é atualmente constituída por mais de 6.500 pontos e por duas estações absolutas (localizadas em Mértola e Vila Nova de Gaia). Fornece elementos sobre o campo gravitacional em Portugal, apoia o cálculo do nivelamento geométrico de alta precisão e constitui um modelo de geoide de precisão. A densidade da RNG é de um ponto por 25 a 30 km<sup>2</sup> do território.

Em 2003 foi instalado junto ao *datum* altimétrico de Portugal Continental um marégrafo acústico com capacidade de gestão e leituras remotas em tempo real e do registo de outros parâmetros para além do

nível das águas, tais como pressão e temperatura do ar e temperatura da água.

A Rede Nacional de Estações Permanentes (ReNEP) é um serviço público de apoio ao geoposicionamento, proporcionando aos utilizadores de equipamentos GPS dados que facultam a determinação de coordenadas geográficas com precisão melhor que 0,10 m.

Em complementaridade e concorrência à ReNEP, foi lançado em 2006 o projeto Sistema de Estações de Referência GNSS Virtuais (Servir), dinamizado pelo Instituto Geográfico do Exército (IGeoE), que providencia serviços idênticos e uma cobertura integral do território de Portugal Continental.

A produção de cartografia é assegurada pelas entidades oficiais de âmbito nacional, designadamente a DGT e o IGeoE. Há também a intervenção do Instituto Hidrográfico da Marinha nas áreas estuarinas e da cartografia batimétrica. A DGT tem como missão, em matéria de atividades no domínio da cartografia, promover a cobertura cartográfica nacional por meio da criação e da manutenção de bancos de dados de informação geográfica, assegurando ainda a sua publicação e distribuição. Para além da atualização regular das bases de dados digitais de pequena escala do território nacional, pelas quais essa direção-geral é responsável enquanto autoridade nacional, junto das mais diversas entidades internacionais, a DGT tem ainda como competência a promoção e a aquisição de cartografia topográfica base, de média escala, em formato vetorial e imagem. A cartografia das escalas grandes é, muitas vezes, produzida em regime de parceria entre os municípios e as entidades gestoras de redes técnicas (públicas e privadas).<sup>31</sup>

#### **5.1.4 A qualidade da cartografia portuguesa**

A Carta Administrativa Oficial de Portugal (CAOP) compila elementos e estabiliza a representação dos limites administrativos (desde o limite das freguesias).

---

<sup>31</sup> Resultado da visita realizada na Direcção-Geral do Território, doutorado em Portugal, anotações 2015.

A estrutura de informação sobre a propriedade em Portugal está subdividida em três conjuntos de dados que funcionam de forma articulada entre si: *Registo Predial* – efetuado pelas Conservatórias do Registo Predial, pelo menos uma por município, coordenadas pelo Instituto dos Registos e Notariado do Ministério da Justiça; *Matriz Predial* – gerida pelos Serviços de Finanças, um por município, coordenada pela Administração Tributária e Aduaneira do Ministério das Finanças. Esses órgãos estão encarregados da avaliação das propriedades e da coleta do Imposto Municipal sobre as Transmissões Onerosas de Imóveis (IMT), do Imposto Municipal sobre Imóveis (IMI), que são receitas municipais (11.500.000 rústicos e 8.000.000 urbanos, 100% informatizados); e do *Cadastro*, já apresentado anteriormente.

O Decreto-Regulamentar n. 10/2009, de 29 de maio,<sup>32</sup> estabelece a utilização dos Instrumentos de Gestão Territorial (IGT) na cartografia, bem como na representação de quaisquer condicionantes. Esse diploma determina vários conceitos-chave e requisitos para a cartografia, entre eles o de *Carta-base* como

carta topográfica, obtida a partir da cartografia de referência por seleção dos temas relevantes para a elaboração do plano, que serve de fundo à representação da informação da gestão territorial e à elaboração das peças gráficas que integram os instrumentos de gestão territorial. (PORTUGAL, 2009).

No decreto estão apresentados como requisitos mínimos para a sua exatidão posicional: (i) planos diretores municipais – menor ou igual a 5 m em planimetria e altimetria e escala igual ou superior a 1/25.000; (ii) planos de urbanização – menor ou igual a 2 m em planimetria e altimetria e escala igual ou superior a 1/10.000; e (iii) planos de pormenor<sup>33</sup> – menor ou igual a 0,5 m em planimetria e a 0,7 m em altimetria e escala igual ou superior a 1/2.000.

---

<sup>32</sup> Trata-se das características da carta-base com exatidão posicional menor ou igual a 0,5 m na planimetria e a 0,7 m na altimetria (PORTUGAL, 2009).

<sup>33</sup> Trata-se do detalhamento dos planos diretores municipais. Nele estão definidas as áreas para a construção e de infraestruturas.

As atividades de produção e atualização do cadastro são responsabilidade do Estado (por meio da DGT). Os parâmetros de qualidade foram estabelecidos no contexto do Concurso Público Internacional n. CP008/DSIC/2009 e suas normas técnicas (lançado pelo então IGP). É previsto o recurso da cartografia de suporte, constituída por ortofotomapas com as seguintes características: (i) obtidos por câmara digital com *pixel* de 0,10 m e 8 *bits*; (ii) os pormenores topográficos no nível do terreno ou em estruturas elevadas ortorretificadas têm de apresentar um erro médio quadrático (EMQ) inferior a 0,30 metros; (iii) no confronto de qualquer amostra representativa com os valores obtidos por observações de grande precisão, 90% dos pontos determinados sobre os ortofotos não podem apresentar desvios planimétricos superiores a 45 centímetros; e (iv) nas zonas de ligação entre ortofotos adjacentes não são admitidos desvios superiores a 1 *pixel*. Estão disponíveis os anos de 2004 a 2006, 2007, 2009, 2010 e 2012 em RGB e infravermelho próximo. Há ainda outra cobertura de ortofotomapas em infravermelho colorido (falsa cor), com uma resolução espacial de 1 m, datada de 1995, que foi produzida a partir de um voo analógico 1/40.000.

Quanto aos dados cadastrais, a sua qualidade é aferida em termos de *completude*, *consistência lógica* e *posicional*. Nesta última as coordenadas dos pontos cadastrais têm que apresentar um EMQ inferior ou igual a 0,40 metros e, no confronto de qualquer amostra representativa com os valores obtidos por observações de grande precisão, 90% dos pontos cadastrais determinados não podem apresentar desvios planimétricos superiores a 0,60 metros.

No que se refere à cartografia de base topográfica, há uma clara ausência de meios para sustentar a sua produção/conservação por parte das autoridades públicas, o que se traduz em um forte lapso temporal ou mesmo na ausência de conteúdos, sobretudo nas grandes e nas médias escalas. Diante dessa situação, o IGP, conjuntamente com organismos do setor agrícola e da pesca (DGRF e Ifap), dinamizou a partir de 2004 a produção e a disponibilização, com regularidade bienal, de uma cobertura de ortofotomapas (resolução de 0,50 metro e obtidos com câmaras digitais) com características úteis à generalidade dos usuários, minimizando a impossibilidade de cumprir com os objetivos de produção/conservação de cartografia de base topográfica vetorial.

Muitos dos dados geográficos utilizados pelas entidades públicas, em especial os municípios, são obtidos diretamente por meio de

processos de contratação pública que seguem as especificações técnicas e o modelo de caderno de encargos publicados pela DGT e sujeitos aos procedimentos de homologação, tal como preconizado no Decreto-Lei n. 202/2007, de 25 de maio. O processo de homologação da cartografia, para fins de utilização pública, encontra-se previsto desde 1995 e tem permitido que as entidades públicas sejam substituídas pelos órgãos oficiais de produção de cartografia (DGT e IGeoE), suprimindo as suas necessidades de dados de base que cumprem os requisitos técnicos das escalas produzidas.

Para que a cartografia seja homologada, é necessário cumprir alguns requisitos, a saber: (i) produzida por uma entidade registrada na DGT por meio do processo de declaração prévia; (ii) acompanhada por técnico especializado que emita termo de compromisso sobre o cumprimento das especificações técnicas e entregue relatório sobre o seu processo produtivo; e (iii) acompanhada por ficha de metadados. As especificações técnicas dos trabalhos de produção (ou atualização) devem indicar os parâmetros de exatidão posicional (planimétrica e altimétrica) e exatidão temática (completude e classificação) e incluir o catálogo de objetos utilizado. A dificuldade encontra-se na limitação da DGT e do IGeoE em homologar a cartografia.<sup>34</sup>

Quanto à utilização de dados captados a partir de plataformas aerotransportadas, existe o Regulamento Técnico para as Coberturas Aerofotográficas para Fins Cívicos (RTCAP), revisado em 2006. Esse regulamento preconiza na sua parte B (dedicada às coberturas efetuadas com os recursos de câmaras digitais) os seguintes parâmetros mínimos de resolução: (i) 1/1.000 – 7 cm; (ii) 1/2.000 – 12 cm; (iii) 1/5.000 – 24 cm; (iv) 1/10.000 – 34 cm; e (v) 1/25.000 – 50 cm. Em termos práticos, a captação de imagens aerotransportadas é assegurada apenas por empresas privadas que, para tal, possuem licença específica. A cartografia oficial de grande escala tem os seguintes parâmetros estabelecidos, conforme exibe a Tabela 7.

---

<sup>34</sup> Resultado das entrevistas semiestruturadas realizadas na Câmara Municipal de Lisboa, doutorado em Portugal, anotações 2015.

Tabela 7 – Parâmetros de resolução da cartografia digital de coberturas aerofotogramétricas para fins civis

Escala	Planimetria (EMQ)	Altimetria (EMQ)	Equidistância Curvas de Nível
1/1.000	18 cm	15 a 25 cm	1 m
1/2.000	30 cm	25 a 40 cm	2 m
1/5.000	75 cm	40 a 100 cm	5 m

Fonte: Direção-Geral do Território, Concurso Público Internacional n. CP008/DSIC/2009, Anexo VII do Caderno de Encargos.

Complementarmente, a DGT possui coberturas aerofotogramétricas desde a década de 1940/1950. Todas essas coberturas foram adquiridas por câmaras aéreas analógicas, algumas foram, ao longo dos tempos, rasterizadas, entre elas fotografia aérea (preto e branco ou em cores) com escalas 1/5.000 e 1/8.000; fotografia aérea com escala 1/15.000; e fotografia aérea com escala 1/30.000.

Os MDTs com espaçamento de 10 e 20 metros são obtidos a partir da informação altimétrica vetorial (curvas de nível) com uma equidistância de 5 metros, pontos cotados e vértices geodésicos.

### 5.1.5 As Áreas Urbanas de Génese Ilegal no contexto da política de ordenamento do território

A acentuada dinâmica de transformação do território português nos últimos 40-/50 anos transformou suas características de rural para urbano (aproximadamente 20% em 1960 para cerca de 60%), terceirizou sua economia, ampliou sua infraestrutura e não conteve a especulação fundiária. Notam-se como características a verticalização e a periferização de áreas, a expansão das chamadas *áreas urbanas de génese ilegal* e a deteriorização da mobilidade.

Nas áreas de maior pressão (décadas de 1970 e 1980), desenvolveram-se vários processos de fragmentação da propriedade, efetuados de forma irregular e com vendas de propriedades em frações ideais. Esse fenómeno foi intensificado pelo efeito do retorno das ex-colônias portuguesas após o 25 de Abril de 1974 e pela própria tolerância e passividade das administrações municipais para a gestão territorial.

As Áreas Urbanas de Génese Ilegal apresentam diferentes problemáticas. A principal delas trata-se do não licenciamento da construção. As AUGI surgem sem que o loteamento tenha sido

aprovado pelas câmaras. Por consequência, não há reservas de áreas verdes, circulação, lazer e equipamentos. A lei das AUGI (Lei n. 91/95, de 2 de setembro) enquadra a reconversão urbanística dessas áreas por plano de pormenor ou por loteamento. Para tal finalidade, a iniciativa é municipal, por meio de gabinetes responsáveis: Gabinete de Apoio aos Bairros de Intervenção Prioritária em Áreas Urbanas de Gênese Ilegal (GABIP – AUGI) e Regulamento Municipal para Reconversão Urbanística das Áreas Urbanas de Gênese Ilegal no Município de Lisboa, publicado no Diário da República em 5 de julho de 2013.<sup>35</sup>

O Regulamento visa integrar conteúdos de natureza urbanística e procedimental que contribuam para uma melhor operacionalização das ações inerentes à reconversão urbanística das áreas irregulares e à legalização das construções.

Os procedimentos para a elaboração das cartas de cadastro predial nessas localidades partem do trabalho investigativo para o conhecimento da dimensão e do formato de uma parcela, sendo o principal critério de estudo a análise de documentação histórica até a recente. Investigam-se os documentos da *Caderneta* e do *Registro Predial* (tributos, propriedade e direitos), os *volumes de obra* (as licenciadas), os *livros de tombos*, a cartografia histórica, as toponímias e as informações espaciais consultadas em fotografias aéreas e ortofotocartas.

Essas informações são sistematizadas em ambiente de geoprocessamento. Os cadastros geométricos executados pelas câmaras, originários de imagens brutas, são corrigidos geometricamente e podem, segundo o Código de Registro Predial do Decreto-Lei n. 224/84, de 6 de julho, art. n. 28-A, e o Decreto-Lei n. 207/95, de 14 de agosto, conter uma margem de erro de até 10%, comparado com o que se encontra registrado no Notário e na Autoridade Tributária Aduaneira.

caso exista diferença, quanto à área, entre a descrição e a inscrição matricial ou, tratando-se de prédio não descrito, entre o título e a inscrição matricial, é dispensada a harmonização se a diferença não exceder em relação à área maior (i)

---

<sup>35</sup> Disponível em: <<http://www.cm-lisboa.pt/viver/urbanismo/planeamento-urbano/augi>>.

20% nos prédios rústicos não submetidos ao cadastro geométrico; 5% nos prédios rústicos submetidos ao cadastro geométrico; 10% nos prédios urbanos ou terrenos para construção. (Código de Registro Predial do Decreto-Lei n. 224/84).

A carta de cadastro predial passa, então, a ser o suporte para o loteamento urbano/Plano de Pormenor, que subsidiará os trabalhos para regularização, urbanização e desenho urbano das AUGI.<sup>36</sup>

## 5.2 PESQUISA DOCUMENTAL REALIZADA NA ALEMANHA

Um dos fatores determinantes para o desenvolvimento socioeconômico de um país é, sem dúvida, a construção de uma cultura cartográfica e cadastral que passa pela consolidação de instituições adequadas à produção e à manutenção de dados com qualidade e que permitam registrar informações seguras e confiáveis sobre o território.

Até mesmo países como a Alemanha, que apresentam situações consolidadas no que se refere ao cadastro imobiliário, percorreram um longo processo que remontam a mais de 200 anos de história. Sem dúvida, os especialistas são unânimes em afirmar que essa consolidação foi determinante para a reestruturação do país no pós-guerra e hoje para a manutenção dos altos níveis de desenvolvimento socioeconômico.

### 5.2.1 O desenvolvimento histórico do cadastro

Até o ano de 1871 a Alemanha não era constituída por um Estado-Nação, aos moldes do que se conhece atualmente. Havia uma série de reinos, em sua maioria, independentes. Essa estrutura institucional condicionou um desenvolvimento não uniforme do cadastro em sua fase inicial. Essa realidade foi profundamente alterada a partir dos anos 1930, durante o período do nacional-socialismo, quando o cadastro passou a ser desenvolvido de forma centralizada e unificada.

---

<sup>36</sup> Resultado das entrevistas semiestruturadas realizadas na Câmara Municipal de Lisboa em Amadora, Montijo e Seixal, doutorado em Portugal, anotações 2015.

Atualmente, o país desfruta de uma estrutura do Estado federalista, tendo o cadastro imobiliário uniformizado em procedimentos e em qualidade.<sup>37</sup>

Inicialmente com finalidade fiscal, alguns territórios como, por exemplo, o Reino da Prússia adotaram desde o início uma postura de que os dados deveriam ser criados de forma consistente e precisa. Algumas iniciativas na região da Alsácia (atualmente França) apontavam para a possibilidade de se fazer uma detecção confiável com sistemas de estimativa ou declaração do proprietário. Em 1861, criou-se a Lei de Cadastro Impositivo sobre a propriedade; e a necessidade de cartografar uma área muito grande em um curto espaço de tempo (anos 1861 a 1865) fez com que inicialmente se utilizasse de mapas em escalas grandes.

Desde então, a estrutura cartográfica e cadastral evoluiu progressivamente. Em 1896, houve a introdução do registro predial (*Bürgerliches Gesetzbuch*) pelo Código Civil e, em 1897, o Código do Registro de propriedade (*Grundbuchordnung*), com a iniciativa no Reino da Prússia, já em 1872, com o cadastro prussiano (*Preußische Grundbuchordnung*).

Desde 1900, o cadastro imobiliário (*Liegenschaftskataster*) é tratado como o "diretório oficial da terra", ou seja, o registro de propriedade. Foram aceitos e instalados procedimentos de notificação mútua para alterações nos registros a partir da dualidade de responsabilidades para os registros prediais (administrativo e jurídico). A fé pública dos livros de registro de propriedade veio com a jurisprudência em relacionar os dois registros (*Gesetzbuch* e *Grundbuchordnung*), definir que os detalhes descritivos do cadastro imobiliário com tamanho, localização e economia não estão sujeitos à confiança do público, mas às informações cadastrais das parcelas (unidade de área, parcela e número das parcelas – *Gemarkung, Flur, Flurstücksnummer*). Todos esses detalhes descritivos, bem como as parcelas são, devidamente, ilustrados no mapa cadastral.

---

<sup>37</sup> Pesquisa junto ao Institut für Regionalwissenschaft, doutorado na Alemanha, anotações 2015.

Desde então, coube à autoridade cadastral (administração) a garantia da precisão da informação contida no mapa, pois, para o cadastro imobiliário, parte-se do pressuposto de que a regularidade do livro de registros deve estar vinculada ao registro predial.

O cadastro imobiliário adquiriu características de multifinalitário no ano de 1934 (Mehrzweckkataster). Depois de mensurado o tamanho das parcelas agrícolas, passou a ser a base para provar a natureza e a produtividade econômica em suas condições naturais. Esses dados recolhidos pelas autoridades fiscais em terras agrícolas (Reichsbodenschätzung) passaram a ser inseridos no cadastro imobiliário, identificando assim o potencial do solo e, conseqüentemente, servindo como base para a tributação da parcela. Desde então, o cadastro imobiliário tem sido utilizado como condicionante para a utilização real das parcelas, que inclui a especificação do uso local catalogado dentre tipos de uso específico.

A partir dos anos 1980, a Alemanha iniciou a captura digital do cadastro imobiliário em bancos de dados, inicialmente para análise e posteriormente para registro e mapeamento. Com a digitalização de mapas cadastrais iniciada nos anos 1990 em todas as sub-regiões, houve uma melhoria geométrica de mapas cadastrais utilizando-se do número de plantas de pesquisa, as quais tinham, em parte, pouca precisão posicional absoluta. Atualmente, o cadastro imobiliário encontra-se totalmente digitalizado, disponível como base de um sistema de informação para todos os arrendamentos e aplicações geoespaciais.

### **5.2.2 Métodos e procedimentos técnicos para a composição de sistema cadastral**

O cadastro imobiliário alemão não é apenas a detecção dos limites da propriedade, mas sim uma documentação histórica, relacionada ao espaço global e integrada do território. Seus componentes essenciais estão incluídos no Livro de Registro de Propriedade (Liegenschaftsbuch), na Carta da Propriedade/parcela (Liegenschaftskarte/Flurkarte, atualmente na escala 1/1.000) em áreas rurais e na escala 1/500 em áreas urbanas e nos Croquis de Levantamento Topográfico (Vermessungszahlenwerk). No livro de registro de propriedade registra-se toda a informação descritiva para cada parcela, a partir de uma estrutura uniforme de dados.

A carta de propriedade/parcela, na escala 1/1.000 e 1/500, respectivamente em áreas rurais e urbanas, registra a posição espacial e geométrica das parcelas cadastrais e de edifícios. Como um complemento à carta de propriedade, tem-se a avaliação oficial do solo para as áreas agroeconômicas. O croqui de levantamento topográfico contempla a documentação técnica de todos os levantamentos cadastrais, bem como outros documentos adicionais. Esses documentos são mantidos perpetuamente e guardam as regras técnicas para a realização de levantamentos de limites e de construção.

Com a evolução tecnológica, os levantamentos e, conseqüentemente, os bancos de dados foram, muitas vezes, alterados, de modo que os documentos produzidos ao longo da vida útil do cadastro imobiliário apresentam qualidades diferentes, atualmente, para medições, com exatidão no centímetro. Essa afirmação é feita a partir de evidências puramente gráficas, devido ao histórico de preservação de marcos e, atualmente, a uma densa e consistente rede geodésica.

O conteúdo do cadastro imobiliário é tratado na Lei de Levantamento da Terra (Vermessungsgesetz des Landes) e é completa e continuamente atualizado para estar compatível com a lei do Estado e da situação local orientada às situações de demanda. Portanto, foi necessária uma regulamentação legal das informações relevantes para garantir a proteção e a qualidade dos dados do cadastro imobiliário.

O cadastro imobiliário tem sido sempre a condição para o estabelecimento do uso econômico real da parcela, que inclui a especificação do uso local no momento da coleta da informação. Não cabe inicialmente ao cadastro a declaração sobre o uso demonstrado ou o uso legalmente permitido para uma parcela. Ele é a base de informações que permite incluir outras tantas informações sobre qualquer tópico relacionado à propriedade. A restrição do armazenamento de dados sobre os dados originais do cadastro imobiliário é uma premissa importante para garantir a originalidade do dado. A partir dele, há um banco de dados distribuídos uniformemente em uma infraestrutura de dados espaciais que garante seu uso multifinalitário.

O registro de imóveis é configurado na Alemanha como um registro público e de direitos, assim como os demais produtos do levantamento cadastral servem para uma ampla aplicação da base de usuários.

A gestão é utilizada para fins de ordenamento do território e desenvolvimento urbano, bem como para a delimitação espacial do direito de propriedade, de acordo com as necessidades de gestão, economia, direito e ciências e com as funções públicas. O cadastro imobiliário é o sistema de informações básicas a ser utilizado como referência na administração para todos os sistemas baseados em informações geoespaciais e é essencial para todas as questões legais relacionadas à terra e à propriedade.

O entendimento da produção do cadastro na Alemanha estabelece que todos os vértices de propriedade devem estar materializados e levantados com coordenadas absolutas. As informações contidas no documento descritivo são inquestionáveis e adotam como referência esses vértices materializados.

A vitalidade e o sucesso do cadastro alemão baseiam-se em cinco premissas que devem ser registradas: (i) a exatidão necessária para atender ao usuário; (ii) a garantia de recursos e financiamentos para a sua permanente atualização; (iii) a plenitude e a uniformidade, garantindo a cobertura de todo o território; (iv) a disponibilidade e a facilidade de acesso em diferentes ambientes e plataformas; e (v) a abrangência e o uso diversificado.

Essas cinco premissas trabalham em consonância. A disponibilidade e a facilidade de acesso aos produtos cartográficos garantem a demanda a partir da manutenção do hábito de consumo. Os trabalhos desenvolvidos pelos escritórios estaduais são serviços públicos que geram produtos (dados, cartas e mapas) passíveis de serem comercializados por diferentes públicos. Os produtos são abrangentes e garantem o uso diversificado. Trata-se de um serviço/produto utilizado por diferentes segmentos da sociedade, desde o uso por técnicos até os cidadãos. Os diferentes usuários demandam por diferentes precisões e escalas, mas todos os produtos apresentam qualidade temática garantida, inicialmente, pela regulamentação legal, posteriormente, pelo apoio da estrutura institucional especializada e, por fim, pela infraestrutura técnica, que garante a qualidade dos dados que podem ser consultados nos diferentes relatórios de processamento (Tätigkeitsbericht).

A comercialização dos produtos para os diferentes usuários garante parte dos recursos necessários para a manutenção e a atualização dos dados. Os catálogos de preços individuais disponíveis em cada escritório permitem conhecer os custos para a aquisição dos diferentes produtos, nas mais variadas plataformas. Trata-se da transparência

pública em todos os níveis, desde as etapas iniciais de produção até sua destinação final, permitindo assim o estabelecimento de um ciclo positivo entre hábito de uso—usuário—demanda. Os usos são os mais diversos, a exemplo de economias agrárias e agricultura de precisão, planejamento territorial, estatística, infraestrutura, cadastro imobiliário, conectividade e tráfego, navegação terrestre, segurança pública, economia florestal e turismo, confirmando assim sua multifinalidade.

### **5.2.3 A estrutura institucional para a manutenção dos sistemas cadastrais**

Para o funcionamento do mapeamento até o nível de cadastro imobiliário e a garantia de sua permanente atualização quantitativa e qualitativamente, é essencial que esse seja apoiado em uma estrutura institucional especializada e siga uma regulamentação legal das informações relevantes, de modo a garantir a proteção dos dados originais.

Algumas atualizações devem ser de responsabilidade das agências cadastrais (Katasterbehörde), a exemplo das mudanças na referência cadastral, na administração tributária de avaliação do solo ou na alteração de endereço/nome da rua/casa. No que compete a informações geométricas, quando se identificam erros na metragem quadrada, essa é corrigida quando as tolerâncias excedem o estabelecido em lei.

Se for verificado que a evidência cadastral é insuficiente, isto é, requisitos de qualidade de hoje não são mais equivalentes ou contradições não poderiam ser resolvidas de acordo com documentos, faz-se a atualização.

A relevância da evidência de uso real é revista periódica e sistematicamente na maioria dos casos. Métodos de sensoriamento remoto para a revisão e a atualização da informação têm sido cada vez mais utilizados. No entanto, para levantamento cadastral, os métodos topográficos e geodésicos são exclusivos.

Os levantamentos cadastrais são realizados por inspetores nomeados publicamente pela autoridade cadastral. Eles são responsáveis pela exatidão de seus levantamentos cadastrais, mesmo quando os resultados já foram transferidos para o cadastro imobiliário. A renovação cadastral também pode se referir a partes dos documentos cadastrais.

A instituição legal que nomeia publicamente os agrimensores remonta a uma lei imperial de 1938 (código profissional de nomeados publicamente), com a qual a profissão de agrimensor foi definida como uma profissão liberal. Atualmente, no contexto das leis de levantamento, a profissão é regida por lei estadual.

A formação do profissional provém de estudos científicos em Geodésia, com período de dois anos de estágio em uma autoridade pública (preparação para a administração superior em levantamento) e exame de Estado. A experiência de trabalho deve ser demonstrada na realização de levantamentos cadastrais durante o período mínimo de um ano.

Os trabalhos de geoinformação e desenvolvimento agrário é legalmente uma tarefa pública atribuída às autoridades dos 16 estados federados (Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung – LGL). Cabe aos estados assegurar a colaboração das administrações da Pesquisa Nacional AdV (Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland), a padronização nacional dos sistemas de referência e a certificação das questões de fusão com os países vizinhos à Alemanha, no contexto da padronização da União Europeia. Os escritórios estaduais absorvem ainda as atividades de produção e manutenção da rede geodésica de referência (AFIS), os serviços de topografia e sensoriamento remoto (ATKIS) e a medição de precisão (ALKIS). O AdV adota a estratégia de referência espacial uniforme para o levantamento oficial da República Federal da Alemanha. Estabelece as exigências de um campo de ponto fixo unificado, moderno e homogêneo, nacionalmente padronizado e que é constituído por pontos básicos da rede geodésica, altura de pontos fixos da primeira ordem, gravidade dos pontos fixos da rede básica de gravidade e da gravidade da rede de primeira ordem e pontos de estações de referência do serviço de posicionamento por satélite alemão – Satellite Positioning System (SAPOS ®). Atualmente, esse serviço conta com 281 estações de monitoramento contínuo credenciadas com precisão pós-processada de  $\leq 0,01$  m localização, 0,01-0,02 m altura, garantindo uma precisão relativa à precisão geodésica para os demais produtos cartográficos no âmbito das demais atividades ao custo de 20 centavos de euro/min/usuário.

Compete aos trabalhos de topografia, além da produção das bases cartográficas (Kartographische Generalisierung), atividades referentes

ao sensoriamento remoto e à fotogrametria com voos operados a cada três anos, a partir de câmeras aéreas em grande e médio formato para a produção de fotografias aéreas coloridas, e infravermelho com resolução terrestre variando entre 0,05 m e 0,10 m. Os modelos digitais de terreno são realizados a partir de varredura a *laser* e estão disponíveis desde 2008. Os modelos digitais de superfície (MDSs) estão disponíveis desde 2009. Ambos os produtos são comumente utilizados para atualizações temáticas relacionadas ao cadastro e à cartografia. A standardização dos elementos em 3D está disponível desde 2014 e inclui mapeamentos de loteamentos, vegetação, tráfego, redes elétricas, águas, entre outros, bem como em 4D, incluindo a componente temporal do monitoramento. Por fim, a medição de precisão utiliza-se de sistemas terrestres e serviços GNSS.

### 5.3 MONITORAMENTO DA ANTROPIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA FORMA CULTURAL DA OCUPAÇÃO TERRITORIAL

A caracterização da forma cultural da ocupação territorial (objetivo específico *b*) foi realizada no recorte territorial das três sub-bacias hidrográficas integrantes das Bacias Hidrográficas Independentes da Vertente Leste. Foram utilizadas (i) fotografias aéreas em séries históricas (1938, 1957, 1966, 1978, 1989, 1996 e 2007), produtos cartográficos manipulados em SIG; e (ii) pesquisa documental em livros e relatos históricos que ajudaram a contar a história da colonização da bacia hidrográfica.

Por serem produtos não ortoretificados e não georreferenciados, as fotografias aéreas dos anos de 1938, 1957, 1966, 1978, 1989 e 1996 foram georreferenciadas. Esse procedimento permitiu identificar e localizar objetos, associando-os a um sistema de coordenadas conhecido. As imagens correspondentes a cada ano da série histórica passaram a compor mosaicos georreferenciados. Em ambiente SIG, tais mosaicos foram submetidos ao processo analítico regressivo.

Partindo da realidade recente constituída, representada pelo mosaico de fotografias aéreas de 2007, foram analisados, sucessivamente, os demais mosaicos de fotografias dos anos de 1996, 1989, 1978, 1966 e 1957, nessa ordem. A ortofotocarta de 2007 permitiu identificar a situação mais próxima da atual realidade, servindo de

referência para o resgate do passado, gerando séries históricas do monitoramento.

Em SIG, para cada ano analisado de forma regressiva, foi possível (i) identificar os pontos de divisa entre propriedades rurais (os antigos travessões), servindo como pontos de sinalização para apoiar o georreferenciamento; (ii) mapear a distribuição espacial do parcelamento no território para identificar o processo de parcelamento do solo nas glebas; (iii) restituir o leito original dos rios para posteriormente mapear as APPs/mata ciliar; e (iv) restituir as estradas gerais para subsidiar análises da organização espacial do território e também servir como pontos de sinalização para apoiar o georreferenciamento.

As análises sistemáticas desses elementos consideram a multidimensionalidade do processo de antropização. Após essa etapa, foi possível obter, para cada ano da série histórica, os seguintes níveis de informação: *estrutura fundiária*, identificando a forma e as condições do parcelamento das glebas; *hidrografia*, verificando o leito original e suas alterações; e *estradas gerais*, percebendo o comportamento da distribuição espacial dos habitantes.

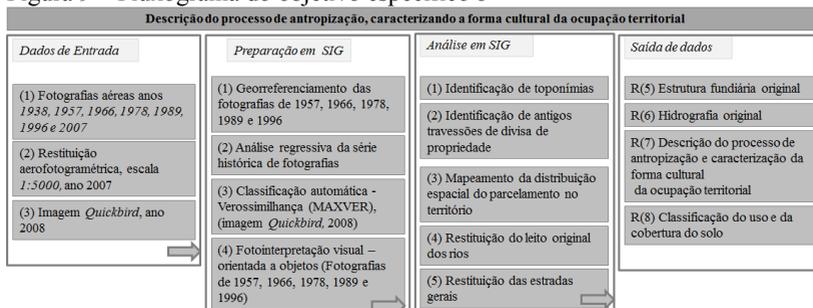
A sequência do procedimento de análise regressiva ou monitoramento é importante para (i) identificar toponímias; (ii) subsidiar o reconhecimento da cadeia sucessória de parcelamento das glebas e, posteriormente, identificar o tempo de ocupação territorial, ambos exigidos no Código Civil de 2002; (iii) verificar as mudanças nas condições ecológicas, geomorfológicas e da paisagem que interferem na qualidade do ambiente; e (iv) perceber as características demográficas do ambiente antropizado, composto do modelo de desenvolvimento urbano e de padrões internos de diferenciação social.

Essa etapa visa sanar fragilidades em metodologias de análises que recorrem à fragmentação do meio ambiente (entre os elementos físicos, ecológicos e antrópicos) e que comumente separam impactos físicos de impactos sociais. Considera o meio ambiente como reflexo social. Permite avaliar e decidir ações positivas e negativas da gestão pública para determinado grupo social em dado momento do processo histórico, as quais podem não ser adequadas de repetição em outro momento histórico.

O monitoramento dá ainda o fundamental apoio ao resgate da cadeia dominial da propriedade, assegurando o processo de transferência de títulos e permitindo subsidiar as questões relacionadas ao direito de

propriedade e, posteriormente, definir as ações de regularização fundiária (THEODORO JUNIOR, 1999) (Figura 9).

Figura 9 – Fluxograma do objetivo específico *b*



### 5.3.1 A produção dos mapas temáticos de *uso e cobertura do solo*

Para a produção dos mapas temáticos de *uso e cobertura do solo*, recorreu-se a dois métodos distintos, a saber: (i) classificação supervisionada pelo Método da Máxima Verossimilhança (Maxver); e (ii) fotointerpretação visual orientada aos objetos.

A utilização desses dois métodos fez-se necessário por dois motivos. O primeiro deles é porque no campo do sensoriamento remoto os estudos da cobertura da terra estão diretamente relacionados à captação da refletância espectral. O mesmo não acontece com o uso da terra. Considerado um conceito abstrato, o *uso do solo* possui um conjunto de fatores culturais e econômicos intrínsecos que não podem ser diretamente extraídos por meio do sensoriamento remoto, e sim fotointerpretados, estabelecendo uma correlação entre os objetos. Nesse caso, recorre-se às investigações sobre a possibilidade de inferir o uso da terra a partir do reconhecimento de padrões espaciais e estruturais obtidos pelo mapeamento de sua cobertura.

Outro fator que motiva e condiciona a utilização desses dois métodos trata-se de que as fotografias aéreas dos anos de 1937/1938, 1957, 1966, 1978, 1989 e 1996 são pancromáticas e analógicas em seus formatos originais, tendo sido posteriormente escanerizadas e, por consequência, não oferecem recursos para métodos automatizados de classificação.

A imagem de satélite *QuickBird* e as fotografias do ano de 2007, embora apresentem resoluções distintas, são imagens digitais

multiespectrais (componentes ativas RGB). Nesse caso, os *pixels* apresentam comportamentos específicos ao longo do espectro eletromagnético. Essas imagens oferecem recursos para trabalhos automatizados a partir do agrupamento e da rotulação dos *pixels*, estabelecendo parâmetros/chaves de interpretação para a extração de informações a partir da resposta espectral próxima à média de valores estabelecidos para uma classe em específico (CRÓSTA, 1993). As classes são escolhidas e determinadas em função da *tonalidade, da textura, da distância, da localização e de conceitos de vizinhança* (JENSEN, 2009).

### **5.3.1.1 Monitoramento de uso e cobertura do solo em imagens de média resolução espacial pelo Método da Máxima Verossimilhança**

Para a imagem de satélite QuickBird (ano 2008), o processo de classificação adotado foi a da Máxima Verossimilhança. Trata-se de uma classificação supervisionada entendendo que objetos pertencentes à mesma classe apresentarão resposta espectral próxima à média de valores para aquela classe, desde que haja um representativo número de *pixels* para cada amostra de classe e que esses tenham uma distribuição estatística próxima da distribuição normal (CRÓSTA, 1993).

Para a eficácia desse método, o usuário deve conhecer previamente a área analisada, bem como a distribuição das classes para que, dessa forma, quando da aplicação da classificação, a seleção de amostras de treinamento possa ser o mais eficiente possível (CRÓSTA, 1993). Essa demanda foi sanada a partir dos trabalhos de campo realizados em três distintas oportunidades. Em uma dessas visitas, tomando-se como referência as fotografias aéreas do ano 2007, foi investigado o atual uso e cobertura do solo.

Em ambiente de informação geográfica, foi utilizada a imagem QuickBird (ano 2008), multiespectral com resolução de 2,4 m x 2,4 m e suas respectivas bandas (bandas 1 - azul; 2 - verde; 3 - vermelho; e 4 - infravermelho próximo). As amostras foram delimitadas na imagem pancromática devido a sua resolução de 0,60 m x 0,60 m, com apoio da composição cor natural da imagem multiespectral, a saber: *solo exposto, água, vegetação (manguezal, arbórea e gramínea), telhado e asfalto*.

A classificação de *uso e cobertura do solo* desenvolveu-se a partir da definição de classes e seus diferentes níveis. As classes definidas são áreas, que possuem um alto grau de homogeneidade,

distinguíveis entre si e com área mínima compatível com a escala de apresentação final. A definição e a representação das classes foram adaptadas do Sistema Básico de Classificação da Cobertura e do Uso da Terra (SCUT), apresentadas pelo IBGE (2016).

Apoiadas pela identificação em campo, as amostras foram agrupadas em informações relativas a cinco classes. As áreas com antropização urbana que incluem as amostras *telhado*, *asfalto* e *solo exposto* foram classificadas como *fortemente urbanizadas*, *moderadamente urbanizadas* e *fracamente urbanizadas*.

As áreas *fortemente urbanizadas* apresentam urbanização, sistema viário e parcelamento do solo consolidados, densos e estruturados com características de edificações verticais e/ou horizontais, dependendo do estágio de desenvolvimento.

As áreas *moderadamente urbanizadas* apresentam urbanização, sistema viário e parcelamento do solo em processo de consolidação, com características de edificações predominantemente horizontais.

Por fim, as áreas *fracamente urbanizadas* constituem-se na transição urbana/rural. Nelas notam-se características de urbanização esparsa, predominantemente horizontal, com baixo grau de ocupação urbana, áreas agrícolas, áreas de desmatamentos, solos expostos, áreas de queimada e voçorocas. Possuem algum sistema viário consolidado e/ou em processo de consolidação. Uma das principais características é notada na estrutura fundiária, que, ainda não subparcelada, mantém características rurais.

Para as áreas com feições naturais representadas por matas, cerrados, campos e veredas, incluem-se as amostras de *vegetação* (*manguezal*, *arbórea* e *gramínea*), a classe é *vegetação*. Por fim, as amostras *água* foram representadas com a classe *corpo d'água*.

Os resultados da classificação supervisionada podem ser visualizados no mapa de *uso e cobertura do solo* nas três sub-bacias das Bacias Independentes da Vertente Leste (Figura 10).

Pela classificação supervisionada, não houve distinção entre as amostras *vegetação* e *manguezal*, o que condicionou a generalização da amostra para a classe *vegetação*.

A classificação supervisionada distinguiu claramente as amostras *telhado* e *asfalto* da *vegetação*. As amostras com áreas mais representativas de gramíneas, localizadas nos jardins residenciais, foram predominantemente classificadas como *vegetação*. Essa resposta é um exemplo de resultado satisfatório para o estabelecimento de *uso* e

*cobertura do solo* pelo método da Maxver, podendo ser utilizada nas investigações e nas análises do grau de impermeabilização de áreas urbanizadas, ampliando as discussões referentes a estudos de gestão e planejamento territorial.

Para a análise dos resultados da classificação, foi gerada uma malha com 280 pontos aleatórios, estratificados entre as classes, e 59 pontos com intervenção, apoiados por interpretação visual das imagens de alta resolução, com GSD 0,10 m (ano 2007), totalizando 339 pontos. A matriz de confusão está demonstrada na Tabela 8. Foi possível calcular a acurácia global (85,3% de acurácia), a acurácia do produtor e do usuário e o cálculo de concordância (*kappa*), que, variando de 0 a 1 para não concordante à perfeita concordância, ao ser classificado como 0,78, foi considerado um bom resultado, segundo Mather (2004).

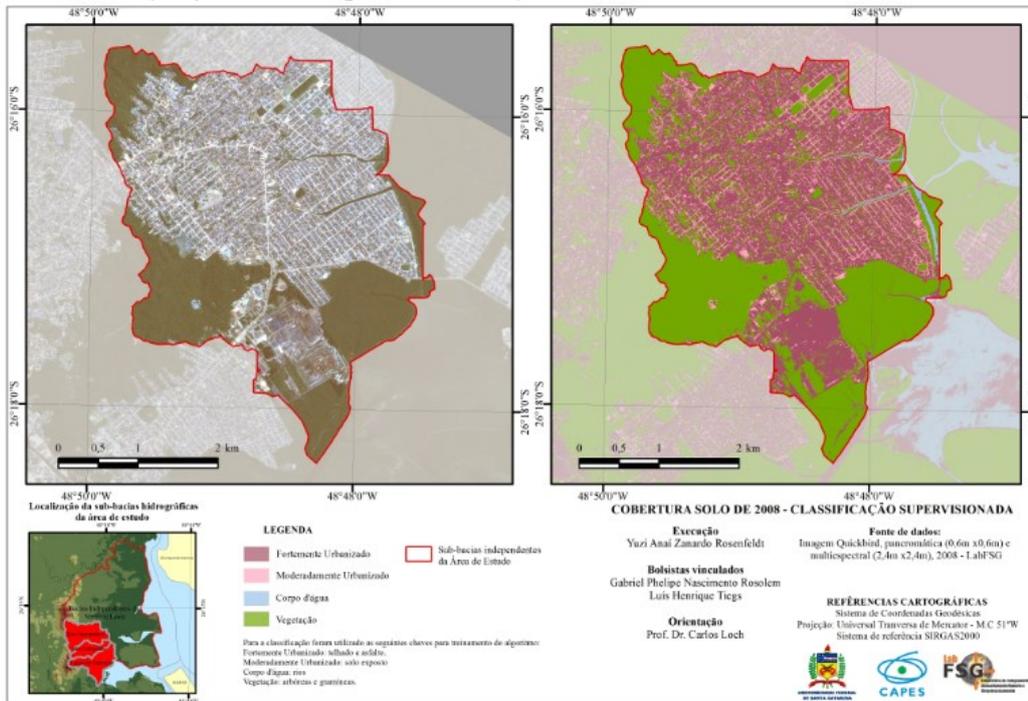


Tabela 8 – Matriz de confusão gerada a partir dos dados de imagem QuickBird, ano 2008

Classificação	Verdade no chão				<i>Pixel</i> classificado pelo algoritmo	Acurácia usuário
	Vegetação	Corpo d'água	Mod. Urbanizado	Fort. Urbanizado		
Vegetação	121	0	3	0	124	97,6%
Corpo d'água	0	11	0	0	11	100,0%
Mod. Urbanizado	2	0	46	12	60	76,7%
Fort. Urbanizado	6	18	9	111	144	77,1%
Total de <i>pixel</i> verdade	129	29	58	123	339	
Acurácia produtor	93,8%	37,9%	79,3%	90,2%		
				<b>Acurácia global</b>	<b>85,3%</b>	
				<b><i>kappa</i> (0-1)</b>	<b>0,78</b>	



Figura 10 – *Uso e cobertura do solo* nas três sub-bacias das Bacias Independentes da Vertente Leste pelo método da Máxima Verossimilhança, aplicado na imagem de satélite QuickBird, ano 2008



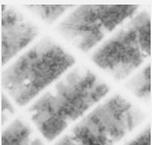


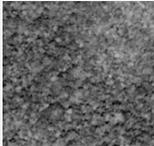
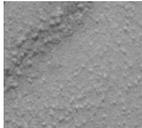
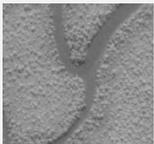
### 5.3.1.2 Monitoramento de *uso e cobertura do solo* em imagens de alta resolução espacial, ano de 1938 e 1957, pelo método da fotointerpretação orientada ao objeto

Para Blaschke e Strobl (2001), sensores de alta resolução, como imagens suborbitais, exigiram o desenvolvimento de novos métodos para a extração de informações das respectivas imagens. Hoffmann e Vegt (2001) sugerem a classificação orientada ao objeto como uma solução para classificar imagens com alta resolução. O método também foi beneficiado pelo conhecimento prévio da área, obtido a partir das visitas a campo, descritas anteriormente.

As classes nas quais foram identificadas as feições interpretadas estão descritas no Quadro 6.

Quadro 6 – Chaves de classificação das unidades de mapeamento

	Unidade de mapeamento		Amostra	Descrição
Áreas antropizadas		Fortemente urbanizada		Alta densidade de edificações e parcelas na estrutura fundiária, nas vias pavimentadas e nas indústrias.
		Medianamente urbanizada		Média a alta densidade de vias, malha viária geométrica e sistemática, baixa a média densidade de edificações, abertura de loteamentos.
		Fracamente urbanizada		Vegetação arbórea esparsa com predomínio de vegetação de campos, baixa densidade de edificações e vias.

	Unidade de mapeamento		Amostra	Descrição
		Cobertura arbórea		Vegetação arbórea heterogênea com altitude média a alta, com textura rugosa.
		Manguezal		Vegetação arbórea homogênea, próxima ao mar e à foz de cursos d'água, com textura predominantemente lisa.
		Corpo d'agua		Elementos predominantemente lineares com presença de meandros, textura lisa e tonalidade escura.

Fonte: Adaptado de: Sistema de Classificação de Uso da Terra (IBGE, 2016).

Os objetos que orientaram a interpretação das três classes de áreas urbanizadas foram *edificação*, *parcelamento do solo* e *ruas*, apresentando área em que é possível reconhecer o limite da propriedade ou a estrutura fundiária. A densidade e a distribuição espacial permitiram caracterizar essas áreas como forte, moderada ou fraca urbanização.

Para áreas com *cobertura arbórea* e *manguezal*, ateu-se ao porte, à textura e às cores homogêneas da vegetação.

Os espelho d'água – área linear com espelho d'água – e o sistema viário tratam-se de sistemas lineares que orientam o processo de fotointerpretação de imagens.

O resultado da interpretação orientada ao objeto é apresentado com o monitoramento da série histórica de fotografias aéreas nas Figuras 11 e 12. Esses mapas permitem visualizar, ao longo dos anos, uma antropização predominantemente urbana que avançou e se consolidou sobre áreas de manguezais. Como apoio ao processo de

monitoramento, recorreu-se à pesquisa nos arquivos históricos do município de Joinville (SC).

Historicamente, o crescimento do município deu-se a partir de 1848, quando as terras dadas como dote de casamento de Dona Francisca ao príncipe francês Francisco Fernando Filipe Luís Maria d'Orleães foram negociadas com a Sociedade Colonizadora Hamburguesa. A Figura 11 apresenta o mapa com a demarcação do dote das terras que se estendem até a Serra Geral. Recentemente, o município de Joinville procede com a materialização dos vértices e a implantação da poligonal, descritas no mapa, trabalho ainda em andamento. Os imigrantes alemães, suíços e noruegueses, instalados na cidade, imprimiram nela uma ocupação territorial com as características da cultura anglo-saxã.

Joinville (SC) teve sua ocupação antrópica localizada inicialmente nas proximidades do Rio Cachoeira. A área atualmente delimitada pelas Bacias Independentes da Vertente Leste já era denominada como Boa Vista. No mesmo mapa, o Morro da Boa Vista era conhecido por Morro da Caxoeira. Esses dados confirmam que essa área constitui um dos mais antigos núcleos populacionais da cidade (JOINVILLE, 1992). Os objetos topográficos descritos podem ser identificados na Figura 12.

O sistema hídrico da Baía da Babitonga, na qual está inserido o Rio Cachoeira, foi tomado como elemento gerador de condicionantes urbanas, estando o sistema viário sempre associado ao quadro físico natural, ao relevo e à hidrografia. A ocupação ajustou-se às margens da foz do Rio Cachoeira, primeira “estrada natural” do município. A geomorfologia, predominantemente plana e cercada por morros, contribuiu para o modelo de estrutura fundiária e preconfiguração dos atuais bairros: grandes glebas de terras, estreitas e compridas, paralelas entre si e perpendiculares ao rio e à estrada geral (atualmente chamada de Rua Albano Schmidt). As ruas condicionaram-se aos limites das glebas, estabelecendo-se também de forma paralela entre si e perpendicular ao rio, ligando os pontos de topografia plana até áreas de relevo montanhoso. As estradas gerais permitiram, mais tarde, a formação de corredores comerciais com características lineares e deram origem aos primeiros núcleos urbanos.

Em função da colonização, Joinville (SC) diferenciava-se tanto na configuração urbana quanto no que se refere à conservação de tradições culturais. A partir do ano de 1914 houve uma descentralização da indústria da madeira na região oeste do Vale do Peixe, meio-oeste de

Santa Catarina; e nos anos 1930 houve o desenvolvimento da indústria metalmeccânica em Joinville (SC) e na região do litoral do município de São Francisco (SC).

Nos anos seguintes, paralelamente à expansão da indústria, a cidade foi submetida a um reordenamento social. A imigração estrangeira, incentivada pelo governo desde o século XIX, foi considerada uma solução disciplinada para o problema da mão-de-obra industrial. As características de ocupação, inicialmente pensadas para atender às demandas momentâneas da colonização, não foram pensadas visando a padrões de racionalidade para atender ao setor industrial que se consolidava. Essa afirmativa é observada nos primeiros registros fotográficos aéreos (1938), a partir do modelo do sistema viário à época, as estradas gerais. Como exemplo, cita-se o principal caminho utilizado para circulação, conhecido como caminho da Boa Vista, nominado mais tarde como Rua Aubê, atualmente Rua Albano Schmidt, seguido da Rua Iriú.

Segundo relatos, as famílias instaladas nessa época na área dedicavam-se à agricultura de subsistência. Os manguezais eram explorados com a atividade de caça de garças e saracuras e com a colheita de folhas das árvores e o corte de madeira. Sobre a Rua Albano Schmidt, há relatos de que parte dela estava assentada sobre área de manguezais (JOINVILLE, 1992). As fotografias de 1938 não cobrem a totalidade das Bacias Hidrográficas Independentes da Vertente Leste, cobrem apenas o litoral do estado de Santa Catarina. (Figura 13).

Nos anos 1930 e 1940 o crescimento industrial no Brasil se intensificou e atingiu, com maior eficácia, as regiões de colônia alemã do Vale do Itajaí e do litoral de São Francisco. Esse fato é explicado sob a ótica socioeconômica. As economias camponesas acumularam capitais pelas trocas de produtos, e houve uma exploração dos trabalhadores anteriormente ligados às pequenas propriedades domésticas, agropecuárias e artesanais.

Joinville (SC) apresentava uma situação geoeconômica regionalizada, socialmente heterogênea e com uma configuração espacial particular. Estava fragmentada, culturalmente diversificada e com uma rede urbana dispersa, atribuída aos resultados da imigração, que fixava as populações de diversas origens no território e, por consequência, havia uma série de grupos com culturas distintas uma das outras. O resultado pode ser visualizado na Figura 14, que apresenta o mapa de uso e cobertura do solo, demonstrando os núcleos urbanos dispersos, caracterizados como uma área *fracamente urbanizada*, e a

expansão das áreas urbanas sobre a cobertura vegetal nas Bacias Hidrográficas Independentes da Vertente Leste, no ano de 1957.

A fábrica de fundição de blocos e cabeçotes de motor de ferro Tupy, fundada no ano de 1938 e hoje a maior do estado de Santa Catarina, motivou a criação do parque industrial Boa Vista, para onde a fábrica foi transferida no ano de 1954, tendo impulsionado o desenvolvimento da região.

Os serviços de iluminação pública, energia elétrica e abastecimento de água foram implantados na década de 1950, inicialmente na Rua Albano Schmidt.

Figura 11 – Mapa de demarcação do dote de Dona Francisca



Fonte: Mapas antigos de Joinville/PMI.



Figura 12 – Mapa contendo os principais objetos topográficos da área de estudo

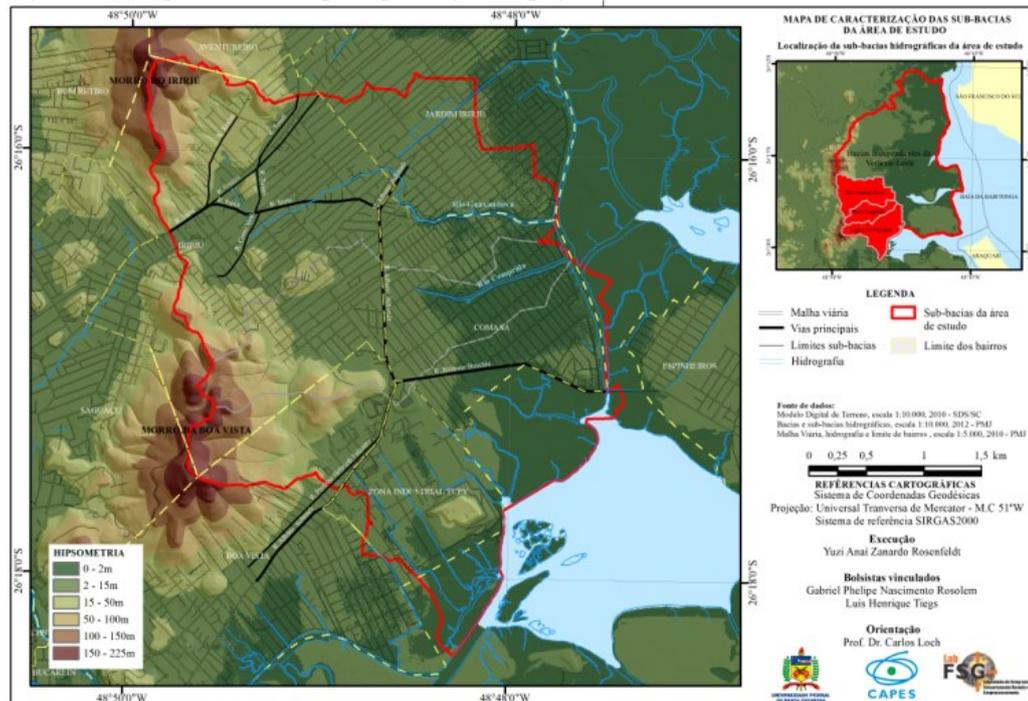


Figura 13 – Mosaico das fotografias aéreas de Joinville (ano de 1938)

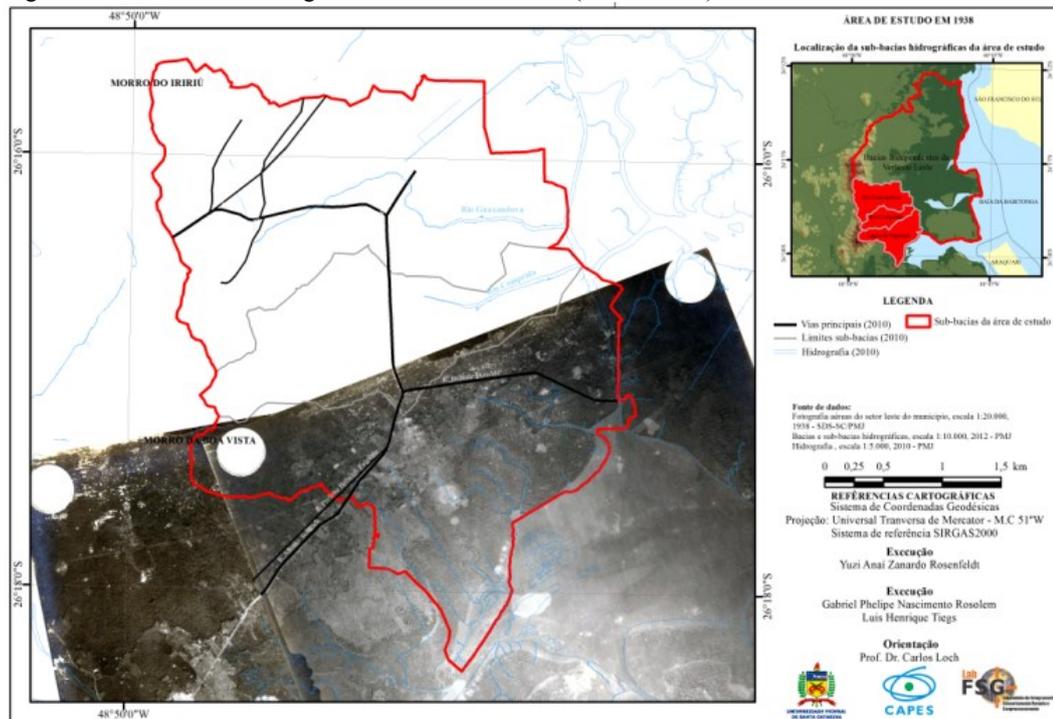
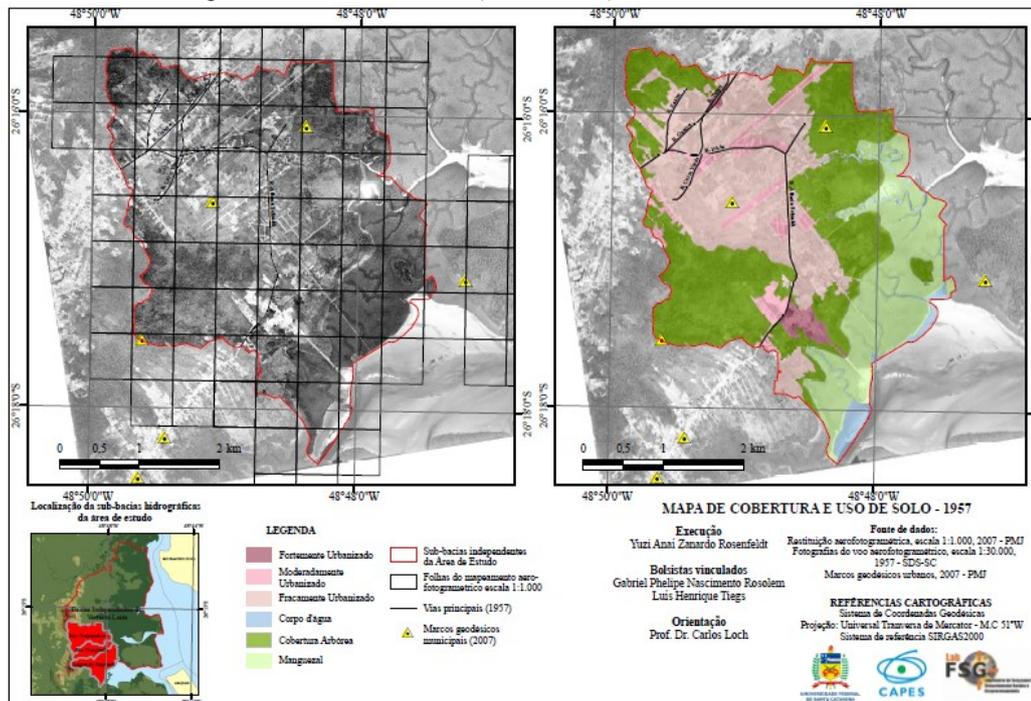


Figura 14 – Classificação de cobertura e uso do solo sobre as Bacias Hidrográficas Independentes da Vertente Leste, representada no mosaico das fotografias aéreas de Joinville (ano de 1957)





### **5.3.1.3 Monitoramento de *uso e cobertura do solo* em imagens de alta resolução espacial, nas décadas seguintes à aprovação da Lei do Código Florestal, pelo método da fotointerpretação orientada ao objeto**

Em meados de 1961 instalou-se a Escola Primária Tupy. A instalação desse parque industrial provocou profundas mudanças em todas as sub-bacias que compõem as Bacias Hidrográficas Independentes da Vertente Leste, potencializando o crescimento do bairro, hoje um dos mais populosos do município.

O resultado pode ser visualizado na Figura 15, ao analisar a expansão de cobertura e uso do solo em 1966. Demonstra-se a expansão das áreas urbanas a partir da instalação da fundição Tupy sobre a cobertura vegetal, a diminuição dos núcleos urbanos dispersos, caracterizados como *fracamente urbanizados*, a existência de áreas *moderadamente urbanizadas* e os primeiros núcleos urbanos *fortemente urbanizados* ao longo das *estradas gerais* nas Bacias Hidrográficas Independentes da Vertente Leste.

No final da década de 1970 profundas alterações já haviam sido consolidadas e novos eixos viários foram abertos para permitir a urbanização a leste do município, incluindo o bairro Espinheiros. No conjunto habitacional Comasa/Boa Vista as ruas foram sendo abertas de forma gradativa pelos próprios moradores que vinham residir na localidade, atraídos pela oferta de trabalho do parque industrial instalado na década de 1950. Ademais, nas décadas de 1990 e 2000 houve significativo adensamento da área já urbanizada. Na série histórica de mapas de cobertura e uso do solo é possível observar significativa diminuição das áreas de manguezais e que as áreas anteriormente atribuídas como *moderada* e *fracamente urbanizada* hoje apresentam características *fortemente urbanizadas* (Figuras 18 e 19).



Figura 15 – Classificação de cobertura e uso do solo sobre as Bacias Hidrográficas Independentes da Vertente Leste, representada no mosaico das fotografias aéreas de Joinville (ano de 1966)

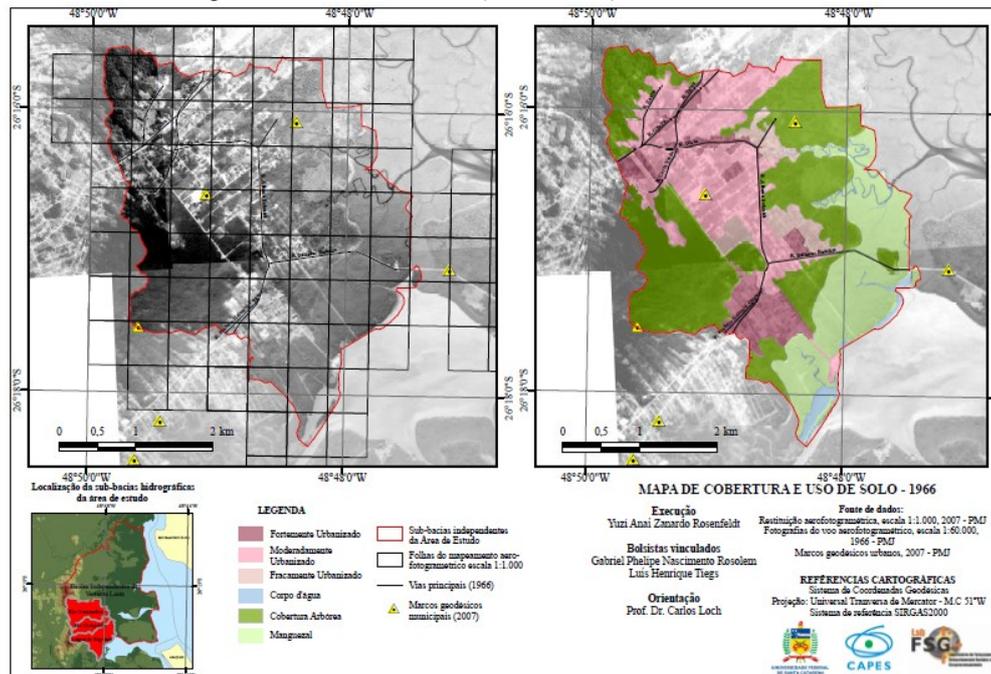


Figura 16 – Classificação de cobertura e uso do solo sobre as Bacias Hidrográficas Independentes da Vertente Leste, representada no mosaico das fotografias aéreas de Joinville (ano de 1978)

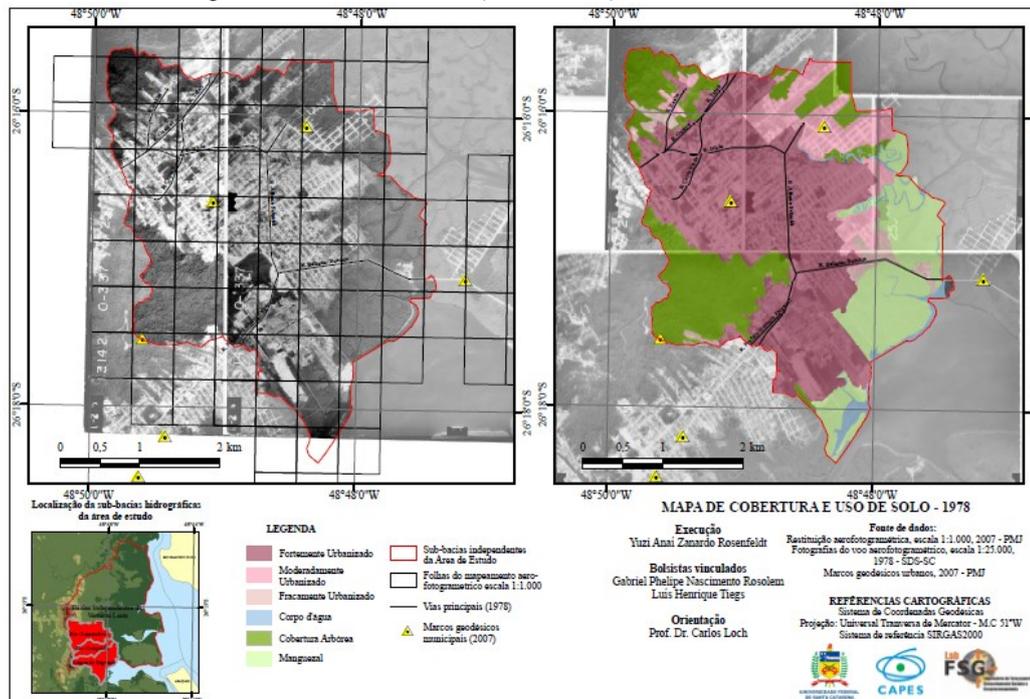


Figura 17 – Classificação de cobertura e uso do solo sobre as Bacias Hidrográficas Independentes da Vertente Leste, representada no mosaico das fotografias aéreas de Joinville (ano de 1989)

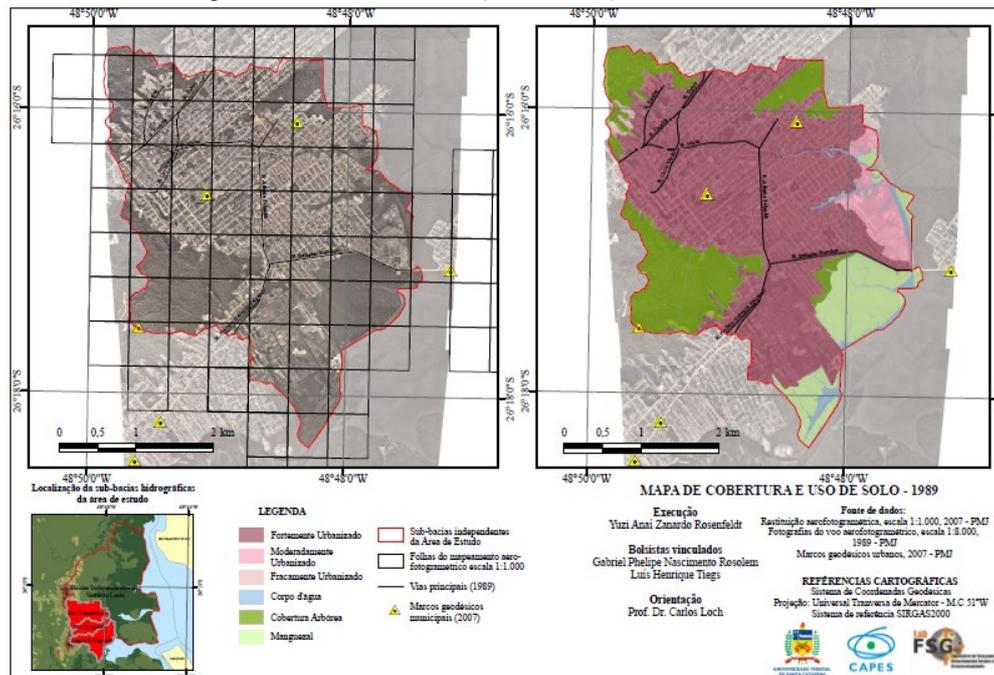


Figura 18 – Classificação de cobertura e uso do solo sobre as Bacias Hidrográficas Independentes da Vertente Leste, representada no mosaico das fotografias aéreas de Joinville (ano de 1996)

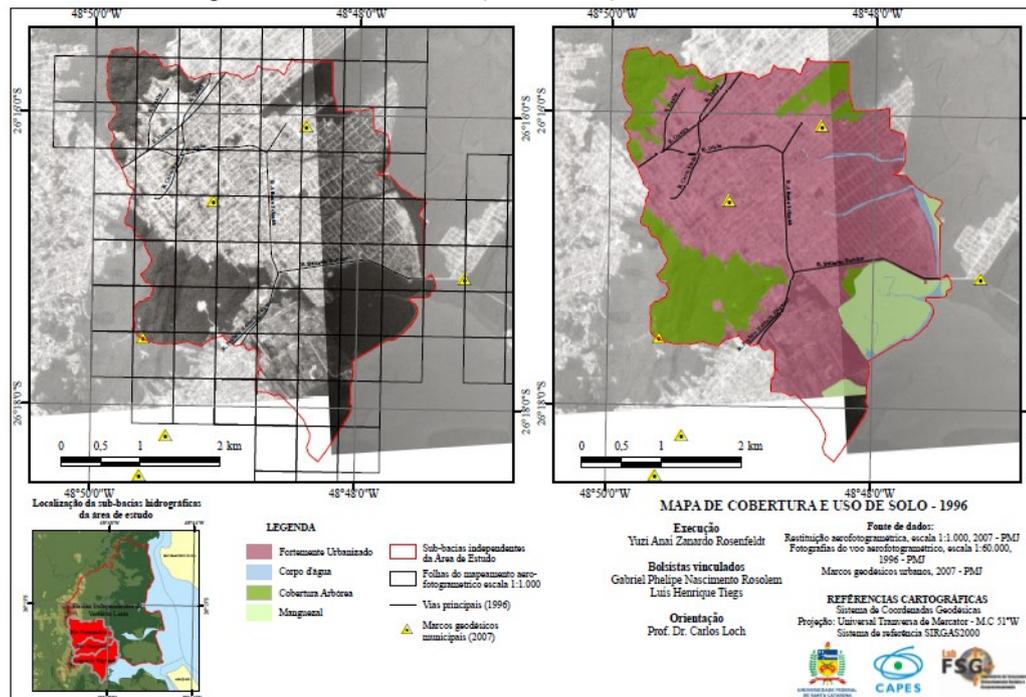
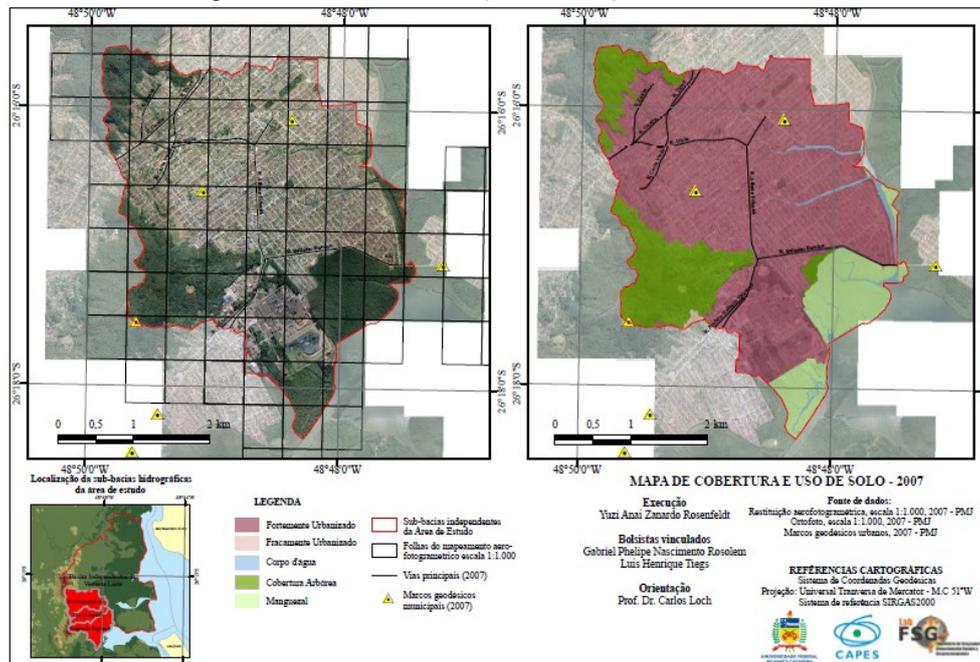


Figura 19 – Classificação de cobertura e uso do solo sobre as Bacias Hidrográficas Independentes da Vertente Leste, representada no mosaico das fotografias aéreas de Joinville (ano de 2007)





## 5.4 APTIDÃO ESPACIAL À URBANIZAÇÃO COM BASE NA COBERTURA PEDOLÓGICA DO SOLO

Uma área é apta à urbanização quando possui condições ambientais e de infraestrutura para fixação e manutenção de populações, garantindo a habitabilidade, a salubridade e a qualidade de vida.

A aptidão à urbanização abordada baseia-se nos estudos sobre a pedogênese do solo (objetivo específico *c*). Parte-se do reconhecimento dos elementos fundamentais para a análise, a saber: (i) a formação geológica, estabelecendo a formação rochosa; (ii) a definição da geomorfologia, estabelecendo as macro e as microunidades geomorfológicas; (iii) a definição sobre os aspectos pedológicos; e (iv) a definição sobre os aspectos geotécnicos – erosão, colapso diferencial, assentamento, expansão e deslizamento. Esses elementos subsidiam a identificação de áreas de preservação permanente (APPs) e são condicionantes para a delimitação de áreas de risco – deslizamentos, alagamentos etc.

A estratégia utilizada teve sustentação no reconhecimento e no uso de Condições Ambientais Específicas como ferramentas geradoras de cenários e condicionantes para a formação pedológica. Nessas condições, o clima, a altitude, o solo, a paisagem e a vegetação revezam-se como determinantes para estabelecer as características que diferenciam cada unidade pedológica específica (UBERTI, 2005).

A definição das condições geomorfológicas apresenta-se como uma ferramenta útil para o mapeamento geotécnico por conciliar maior agilidade e menor custo na representação das condições do meio físico diante da necessidade de caracterização dos elementos naturais com vistas a projetos de engenharia civil (LOLLO, 1995).

Os aspectos geotécnicos estão condicionados ao escoamento das águas superficiais pela cobertura vegetal, pela declividade da encosta, pelo comprimento da rampa e pela erodibilidade do solo (textura, estrutura, espessura e permeabilidade).

Os processos de antropização (uso e ocupação do solo) alteram as características físicas originais do solo, da paisagem e da vegetação. Utilizando-se de método de fotointerpretação e com base nos parâmetros do Sistema de Classificação de Solos (SiBCS) (EMBRAPA, 2013) e da *Ficha para Descrição Morfológica de Solos* (IBGE, 2015), foram interpretados os elementos e as mudanças de feições na superfície de solo, visando compatibilizar as demandas de mapeamento em escala

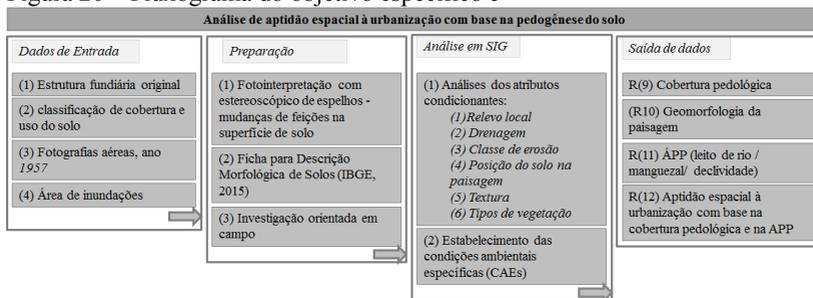
cadastral (detalhamento de informações requeridas para áreas urbanizadas/em processo de urbanização).

Os demais elementos necessários para auxiliar na caracterização geomorfológica das sub-bacias e a coleta de amostras de solo foram realizados na etapa de levantamentos de campo. Essas amostras de solo foram submetidas ao método de julgamento de especialista, que se trata de estratégia para melhorar o processo decisório com a utilização de modelos lineares, permitindo validar os elementos interpretados (BAZERMAN, 2004).

A sistematização desses níveis de informação em SIG permitiu reconhecer (i) a cobertura pedológica da área e (ii) a geomorfologia da paisagem. Posteriormente, foi possível estabelecer a aptidão espacial à urbanização e a categorização da área em três níveis: *apto à urbanização, pouco apto à urbanização e não apto à urbanização* (Figura 20).

Essa classificação identifica o potencial de risco humano e ambiental envolvido em uma ação de regularização fundiária. Dentro dos parâmetros estabelecidos pela geomorfologia da paisagem e pela pedogênese do solo, áreas gravadas como APP e/ou de conservação ambiental (Lei n. 12.651/12) devem ser mapeadas, pois seu uso e ocupação são restritos e seguem princípios constitucionais estabelecidos (art. 225, CRFB 1988).

Figura 20 – Fluxograma do objetivo específico c



A Baía da Babitonga é delimitada pelos municípios de São Francisco do Sul, Araquari, Barrado Sul, Itapoá, Garuva e Joinville. Conforme descrito no Capítulo 4, subitem 4.2, as Bacias Hidrográficas Independentes da Vertente Leste compõem o chamado Complexo Lagunar Estuarino da Baía da Babitonga. Os estuários comportam

grandes extensões de manguezais. São caracterizados por relevos planos e terrenos baixos, com baixa capacidade de drenagem (KILCA et al., 2011).

As condições de clima são Cfa-Clima subtropical, segundo a classificação de Köppen. A temperatura média no mês mais quente fica acima de 20,3 °C e os índices pluviométricos são de 190,08 mm/ano. Nessas condições climáticas e com cenários de terras baixas,<sup>38</sup> como os da área de estudo, a vegetação inserida no bioma Mata Atlântica alterna-se em três ecossistemas: *floresta ombrófila densa*, *restinga* e *manguezais*.

#### **5.4.1 Fotointerpretação da fotografia de 1957 para a identificação de elementos e mudanças de feições na superfície de solo**

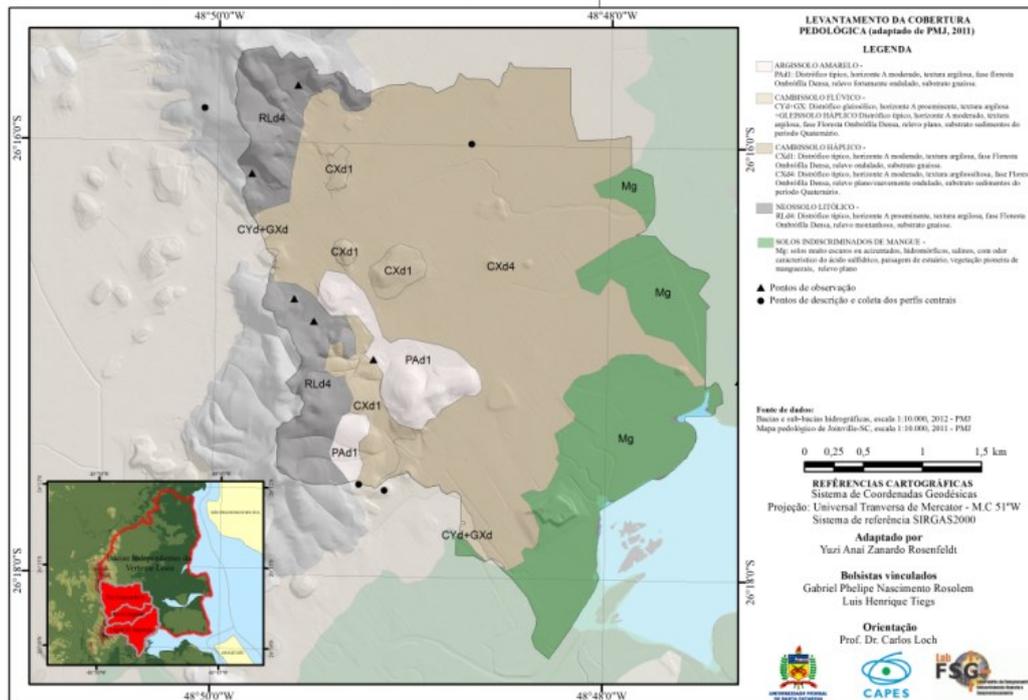
Identificar e classificar os solos em áreas urbanas, tanto para estabelecer o seu potencial para eventos como obras de infraestrutura, alagamentos, poluição de lençol freático e quedas de barreira quanto para a regularização fundiária, requer o levantamento da cobertura pedológica em escala cadastral. A escala cadastral visa correlacionar unidades pedológicas com o autor de alteração do meio e projetos de infraestrutura urbana. A produção do mapa pedológico em escala cadastral teve como referência os trabalhos realizados por Uberti (2011), desenvolvidos em escala a partir das fotografias do ano de 1978 e de mapas gerados em escala 1/10.000 (Figura 21).

---

<sup>38</sup> Nas latitudes entre 24° a 32° sul (Joinville) a formação de Terras Baixas da Floresta Ombrófila Densa é recorrente nas altitudes variando de 5 a 30 m (IBGE, 2016).



Figura 21 – Mapeamento da cobertura pedológica escala 1/10.000 sobre a foto de 1978



Fonte: Prefeitura Municipal de Joinville (SC) (UBERTI, 2011).

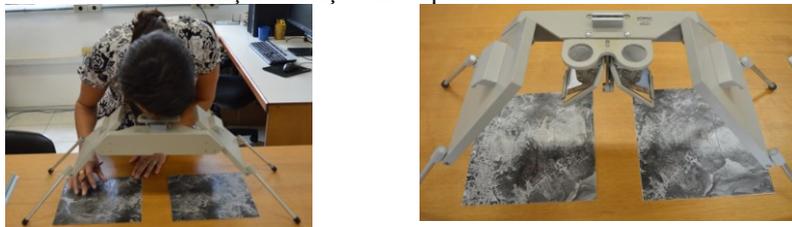


Para a delimitação das unidades pedológicas, utilizou-se dos seguintes instrumentos e técnicas: a) fotointerpretação de unidades pedológicas; e b) trabalho de campo. Esta última para a coleta de pontos geodésicos e a coleta de amostras de solo, bem como para a validação das unidades pedológicas fotointerpretadas.

Para o mapeamento preliminar da cobertura pedológica, utilizou-se técnica de fotointerpretação com estereoscópio de espelhos. Esse método permitiu fazer uma leitura da área de estudo tridimensionalmente. O material básico foi o par de fotografias aéreas pancromáticas, com escala nominal 25.000, ano 1956-57, descrita no Capítulo 2, subitem 2.1. A área correspondente às três sub-bacias hidrográficas é contemplada por duas cenas 23 x 23 cm, correspondendo a 13,46 km<sup>2</sup>. Após o cumprimento dos procedimentos para a realização da técnica, a saber: delimitação do retângulo útil e localização do centro focal em cada uma das fotografias, delinear-se manualmente todas as mudanças de feições na superfície de solo. Com base nos atributos da *Ficha para Descrição Morfológica de Solos* (IBGE, 2015), interpretaram-se os seguintes elementos: (1) relevo local/regional (variando em uma escala de seis níveis – de plano a escarpado); (2) drenagem identificando o padrão original e suas alterações na rede de drenagem (variando em uma escala de oito níveis – de muito mal drenado a excessivamente drenado); (3) classe de erosão (variando em uma escala de seis níveis – de não aparente a extremamente forte); (4) posição do solo na paisagem (topo, encosta e fundo de vale – aberto ou fechado); (5) textura (de argilosa a arenosa); e (6) tipos de vegetação (cobertura vegetal sobre o perfil e cobertura original) (Apêndice).

Concluída a fotointerpretação, foi organizada a legenda preliminar das unidades de mapeamento, base para os trabalhos de campo (Figura 22).

Figura 22 – Fotointerpretação da fotografia do ano de 1957 para a identificação de elementos e mudanças de feições na superfície de solo



O trabalho de campo permitiu levantar elementos necessários para auxiliar na caracterização geomorfológica das sub-bacias e coletar amostras de solo, conforme os parâmetros do SIBCS (2013). A coleta das amostras respeitou uma distribuição que pudesse contemplar todas as feições fotointerpretadas, e essas amostras foram submetidas ao julgamento e à apreciação de um especialista para validação, o professor Dr. Antônio Uberti. Os trabalhos de campo ocorreram no dia 24 de fevereiro de 2016. Em ambiente SIG, as unidades de mapeamento foram digitalizadas juntamente com as fotografias, georreferenciadas na base cartográfica digital escala 1/5.000. A Figura 23 apresenta exemplos das amostras de solo coletadas.

Figura 23 – Amostras de solo coletadas na etapa 3 do trabalho de campo  
 (A) Cambissolo Háptico (CXd) (B) Gleissolo Melânico (GMd)  
 (coordenada 26°17'0166" e 48°48'44 (coordenada 26°17'08 83" e 48°48'10  
 81")) 39"))



#### 5.4.2 Identificação das condições ambientais específicas para caracterizar as unidades pedológicas

O clima, a altitude, o solo, a paisagem e a vegetação, analisados entre si de forma correlacionada, determinam a formação de cenários com condições ambientais específicas para a caracterização de unidades pedológicas. Esses cenários são propícios à formação pedológica e estabelecidos a partir de análises correlacionadas (UBERTI, 2005). A relação entre o solo, o relevo e a geologia permite o melhor entendimento do meio ambiente, importante conhecimento para a tomada de decisões quanto à ocupação territorial. A geomorfologia cria as condições para compreender a relação solo/superfície e correlacionar diferentes formas de relevo e o desenvolvimento pedogenético do solo.

As Bacias Independentes da Vertente Leste são formadas por Planícies Litorâneas e Aluvionares decorrentes de um sistema de

transição entre o ambiente terrestre e o marinho. Nessas áreas a característica do relevo é plana. São depósitos aluvionares expondo areias finas e grossas, cascalho, silte e argila, além de material de origem orgânica (UBERTI, 2011).

Há formação das enseadas, restinga e baías, resultantes da modelagem marinha, oscilações de maré e transcrições durante o Período Quaternário. A variação da maré atinge uma amplitude de 2,3 metros, com duração aproximada de seis horas (CREMER, 2006). Essas áreas possuem um relevo altamente estável, com declividades em torno de 0% a 8%, com predomínio de declividade abaixo dos 3%. Nessa condição, há o predomínio de solos mal drenados (*gleissolo*, *neossolo quartzarênico hidromórfico*, *organossolo*, *planossolo* e *espodossolo*), em que o lençol freático próximo à superfície bloqueou o desenvolvimento pedogenético do solo (EMBRAPA, 2013).

As áreas nas quais se identificou o *gleissolo* não são necessariamente vinculadas à influência marinha. Caracterizam-se por serem uma massa de solo pastosa devido ao excesso de água. As cores do solo são geralmente azuladas ou esverdeadas, recorrentes no horizonte de 0,50 m da superfície (IBGE, 2015). O *gleissolo* pode ocorrer em praticamente todas as regiões brasileiras (EMBRAPA, 2013).

O *neossolo quartzarênico hidromórfico* é constituído por material mineral ou orgânico pouco espesso (0,30 m) (IBGE, 2015).

O *espodossolo* apresenta horizonte de acumulação de materiais orgânicos e textura arenosa predominante, refletindo-se em uma baixa sustentabilidade do solo, conseqüentemente não há riscos de perdas de solo por erosão. As cores apresentam características cinza vegetal, escurecidas e avermelhadas, recorrentes em horizontes variados (IBGE, 2015). Segundo Uberti (2011), as áreas com presença de *espodossolo humilúvico* devem ser rigorosamente preservadas.

Essas características condicionam a área à ocorrência de alagamentos, principalmente pela má drenagem e pelo relevo altamente estável. As intervenções antrópicas devem atentar-se aos alagamentos frequentes, à má drenagem, acrescida das oscilações do lençol freático por influência de marés, à contaminação do lençol freático e ao assoreamento de rios.

Os ecossistemas das terras baixas são a Floresta Ombrófila Densa, que ocorre nas áreas de *argissolo amarelo*, *cambissolo háplico*, *neossolo quartzarênico*, *nitossolo vermelho* e *gleissolo háplico* e

*melânico*. A diversificada cobertura pedológica permitiu o desenvolvimento de vegetação marcada por forte influência oceânica, com elevados índices de umidade, temperatura e baixa amplitude térmica. As espécies mais representativas são a *Ocotea catharinensis* (canela-preta), a *Cryptocarya aschersoniana* (canela-fogo), o *Calypttranthes lucida* (guamirim-ferro), o *Calypttranthes strigipes* (guamirim-chorão), a *Aspidosperma olivaceum* (peroba-vermelha), o *Cedrella fissilis* (cedro), o *Copaifera trapezifolia* (pau-d'óleo), a *Ficus organensis* (figueira) e o *Euterpe edulis* (palmiteiro) (UBERTI, 2011).

As restingas são protegidas pela legislação brasileira (Lei n. 12.651/12). O cenário de ocorrência são aqueles com influência marinha. As unidades pedológicas são *organossolo hêmico*, *neossolo quartzarênico* e *espodossolo háplico*. A composição vegetal mostra aspectos arbustivos e herbáceos, com destaque para *Schinus terebinthifolius* (aroeira), *Myrcia rostrata* (guamirim), *Rapanea ferruginea* (capororoca), *Hydrocotyle bonariensis* (salsa-da-praia), *Panicum racemosum* (capim-das-dunas), *Canavalia rosea* (feijão-da-praia) e *Hibiscus tiliaceus* (mangue-da-praia) (UBERTI, 2011).

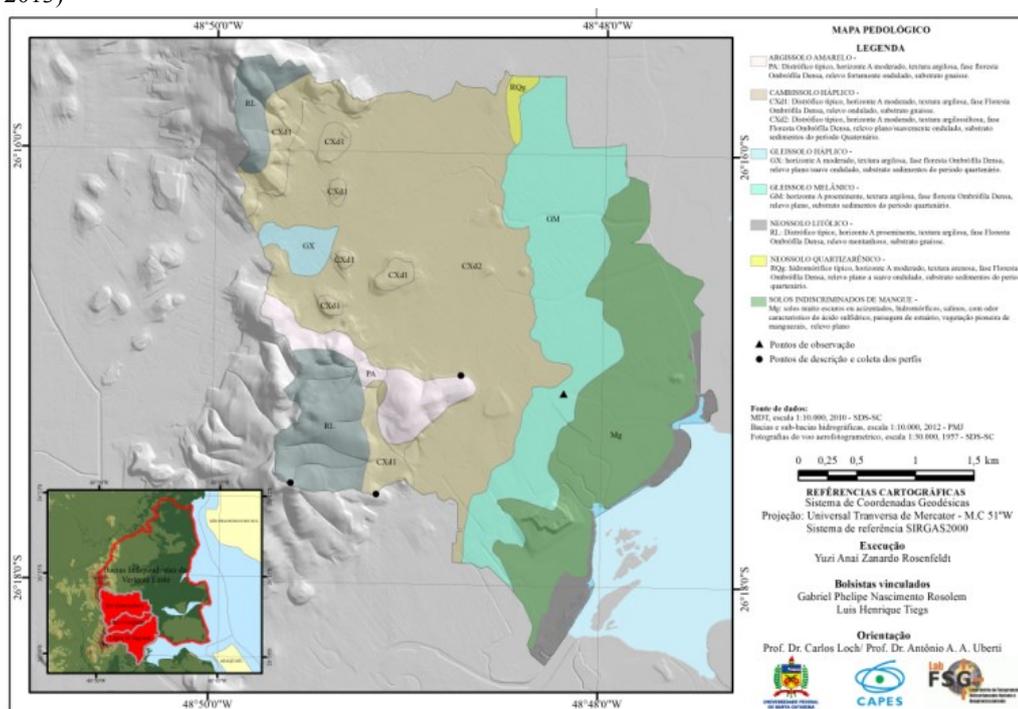
As áreas de manguezais são protegidas pela legislação brasileira (Lei n. 12.651/12). Apresentam composição vegetal de influência fluviomarina e têm predomínio de espécies vegetais típicas, as quais se associam a outras espécies animais e vegetais, adaptadas a viver em áreas periodicamente inundadas pelas marés, com grande variação de salinidade (Banco de Dados Tropicais – BDT). A vegetação é predominantemente homogênea, formada por três espécies lenhosas típicas dos gêneros *Avicennia schaueriana* (16,6%), *Rhizophora mangle* (20,1%) e *Laguncularia racemosa* (63%) (KILCA et al., 2011). Essa população biológica desenvolve-se sobre depósito argiloso de coloração cinza escuro e forte odor devido à presença de H<sub>2</sub>S (ácido sulfídrico), condições dinâmicas da maré e consequentes mudanças na salinidade (EMBRAPA, 2013). Nessas áreas é recorrente a formação de *gleissolo* e *organossolo* (EMBRAPA, 2013).

Já nos locais em que se observa relevo suavemente ondulado (declividades entre 3% a 8%) há predomínio do *cambissolo háplico*. Em relevo ondulado (declividades entre 8% a 20%) há uma alternância entre perfis de *cambissolo háplico* e *argissolo amarelo*. Na ocorrência de relevo fortemente ondulado (20% a 45%) e montanhoso (45% a 75%) encontra-se o predomínio de *neossolo litólico* e *argissolo amarelo*. Nessas declividades, esses solos são naturalmente mais suscetíveis a

deslizamentos de terra. São recorrentes as cicatrizes no solo, sinalizando a ocorrência de movimentações de terra. As intervenções antrópicas devem atentar-se aos cortes de encostas e às contenções de barreiras. Ciente dessa condicionante, em 2003 foi criada a Unidade de Conservação do Morro da Boa Vista (Decreto Municipal n. 11.005, de 7 de março de 2003), que em sua porção nordeste contribui para a formação das sub-bacias da área de estudo – Rio Comprido, Rio Fortuna/Guaxanduva e Rio Iriú-Mirim. A Figura 24 apresenta o mapa pedológico com a distribuição dos solos nas sub-bacias, segundo os atributos diagnósticos do SIBCS (2013).



Figura 24 – Mapa pedológico da distribuição dos solos nas sub-bacias, segundo os atributos diagnósticos do SIBCS (EMBRAPA, 2013)





### 5.4.3 As restrições ambientais para a ocupação do território e para a regularização fundiária

O procedimento metodológico adotado para a construção do mapa da cobertura pedológica das sub-bacias permitiu recuperar os aspectos geomorfológicos originais do solo, delimitar as *unidades pedológicas*, identificar e catalogar a vegetação que compõe cada unidade pedológica e, conseqüentemente, delimitar áreas com restrições ambientais e APP, como é o caso dos manguezais e das restingas (Art 4º, Lei n. 12.651/12).

Nos processos de antropização de áreas, os rios têm sido transformados indiscriminadamente, perdendo suas características naturais originais. A interpretação estereoscópica permitiu retratar, com referência nas fotografias de 1957, as mudanças fluviais ocorridas nas sub-bacias ao restituir as linhas de *drenagem original* e o *leito original dos rios*.

O município de Joinville (SC) não possui legislação específica para delimitação da APP e também não possui mapeamento das restrições ambientais e de APP. Defende, por meio do plano diretor municipal (Lei Complementar n. 261/2008), a consolidação de assentamentos ocupados por populações de baixa renda somente em áreas ambientalmente possíveis (art. 17), condicionadas a práticas de educação ambiental (art. 18 e art. 24) e ao fortalecimento institucional do órgão municipal de meio ambiente (art. 28), coibindo a ocupação de áreas de risco comprovadas, considerando as normas ambientais aplicáveis e as resoluções do Comitê das Bacias Hidrográficas (art. 23). Conforme exposto no art. 27, o município utiliza atualmente a Lei n. 12.651/12 (art. 4º).

Art. 4 Considera-se Área de Preservação Permanente, em zonas rurais ou urbanas, para os efeitos desta Lei:

I – as faixas marginais de qualquer curso d’água natural, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de:

- a) 30 (trinta) metros, para os cursos d’água de menos de 10 (dez) metros de largura;
- b) 50 (cinquenta) metros, para os cursos d’água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura [...].

- VI – as restingas, como fixadoras de dunas ou estabilizadoras de mangues;
- VII – os manguezais, em toda a sua extensão [...].

No plano diretor municipal o equilíbrio ambiental é apresentado como um dos quesitos para o cumprimento da função social da propriedade (art. 2º, § 2) e estratégia para a sustentabilidade da cidade (art. 26). O plano foca o desenvolvimento econômico a partir de mecanismos de minimização de conflitos entre os setores produtivos e as áreas ambientalmente frágeis (art. 5º e art. 7º) e entende o direito à terra urbanizada, à infraestrutura e aos serviços públicos como estratégias para a promoção social (art. 12).

A coibição de invasões em áreas de interesse ambiental (art. 26) demanda o mapeamento de áreas vocacionadas à preservação e à conservação ambiental (art. 27). Para compor produtos temáticos de restrições ambientais e APP, segundo a referida lei, o nível de informação *unidades pedológicas* foi sobreposto ao nível de informação *estrutura fundiária*. Nessa sobreposição foi possível identificar, para cada ano da série histórica, as parcelas que invadiram a área delimitada como sendo manguezal.

Fazendo uso dos níveis de informação *estrutura fundiária* e *leito original dos rios (ano de 1957)*, foi possível identificar para cada ano da série histórica os lotes sobre os quais incidem as determinações do Código Florestal – Lei n. 4.771/1965 – e sua revisão – Lei n. 12.651/12, conforme Art 4º.

Para estabelecer, conforme a legislação, o que deve ser considerado como mata ciliar para os rios, lançou-se a faixa de amortecimento (*buffer*) conforme a legislação. O *buffer* subdivide os lotes mapeados em duas parcelas cadastrais distintas, uma sem restrições ambientais e outra com restrições ambientais.

Essas informações não restringem o direito de propriedade, mas sim a forma como a área deverá ser utilizada pelos proprietários. Para concluir a regularização, o documento do imóvel deve contemplar essa restrição, com a averbação no título de propriedade.

A etapa de monitoramento da área apoia o estabelecimento de jurisprudências e é referência temporal da ocupação. A principal referência legal para discussão das questões ambientais no Brasil deu-se com a Lei n. 4.771/1965. Até essa data, a ocupação territorial incompatível ao que estabelecia nessa lei resguardava-se de amparo legal.

O mapa de restrições ambientais e APP, elaborado a partir das fotografias de 1957, retrata na cor amarela (localizada ao norte das sub-bacias) as parcelas dos lotes, as quais se sobrepõem à área de mata ciliar do Rio Guaxanduva. Essas áreas não podem ser consideradas irregulares, uma vez que até o ano de 1965, com a aprovação do Código Florestal (Lei n. 4.771/1965, art. 2º), não havia o entendimento da obrigatoriedade de uma zona de amortecimento/mata ciliar às margens dos rios. Esse fato é recorrente pela disposição da estrutura fundiária, definida pelo modelo de ocupação territorial do estado de Santa Catarina, que no período da colonização utilizava os rios para trafegabilidade, estabelecendo as glebas como faixas de terras a partir dos rios em direção às montanhas. Tem-se ao sul, em amarelo, a parcela da gleba da fábrica da Tupy, que se sobrepõe ao manguezal. Ela parte da estrada geral Albano Schmidt em direção ao manguezal. Nota-se que no ano de 1957 somente as proximidades da estrada eram ocupadas, o que correspondia a uma parcela sem restrições ambientais (Figura 25).

Até o ano de 1966, com a expansão da urbanização e sob os efeitos da Lei n. 4.771/1965, surgiram as primeiras áreas com irregularidade ambiental. Notam-se no centro do mapa as parcelas dos lotes sobrepostos ao trecho de mata ciliar do Rio Comprido. A área edificada da fábrica da Tupy se expandiu em direção ao sul, mas até essa data não havia invasão sobre o manguezal (Figura 26).

A abertura do canal às margens das Ruas Canoas, Vilmar Costa e Rafael Borguezan teve o intuito de limitar a expansão urbana sobre as restingas fixadoras dos manguezais da Baía da Babitonga. Essas áreas são protegidas legalmente desde a Lei n. 4.771/1965. Os manguezais são protegidos, a partir do ano 1993, pelas sucessivas resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama), a saber: art. 5º da Resolução n. 10/93, Resolução n. 261/99 e art. 3º da Resolução n. 303/02. Até a edição do novo Código Florestal (Lei n. 12.651/12), a natureza jurídica dos manguezais como APP era instituída por ato do Poder Público (resoluções do Conama), em virtude da função ecológica que desempenham na manutenção do solo e na estabilidade geológica como agente atenuante da erosão e essencial aos processos ambientais de reprodução da fauna marinha.

Imprescindível destacar o papel incontestável das fotografias aéreas como prova jurídica e analítica e como referências temporais da ocupação. A principal referência legal para discussão das questões ambientais no Brasil deu-se com a Lei n. 4.771/65. Até essa data, a

ocupação territorial incompatível ao que estabelecia nessa lei resguarda-se de amparo legal.

Alterações das linhas de drenagem e cursos hídricos, causadas pela urbanização da área e pelas práticas de engenharia comum à época, podem ser identificadas nas fotografias. O leito original de rios pôde ser restituído; e a identificação das suas margens, definidas como áreas de preservação permanente. Essas áreas são amparadas na referida legislação.

O mosaico de 1966 é prova legal e incontestável do lapso temporal da ocupação. As ocupações identificadas antes dessa data possuem jurisprudência favorável.

Figura 25 – Restrições ambientais e APP para o ano de 1957

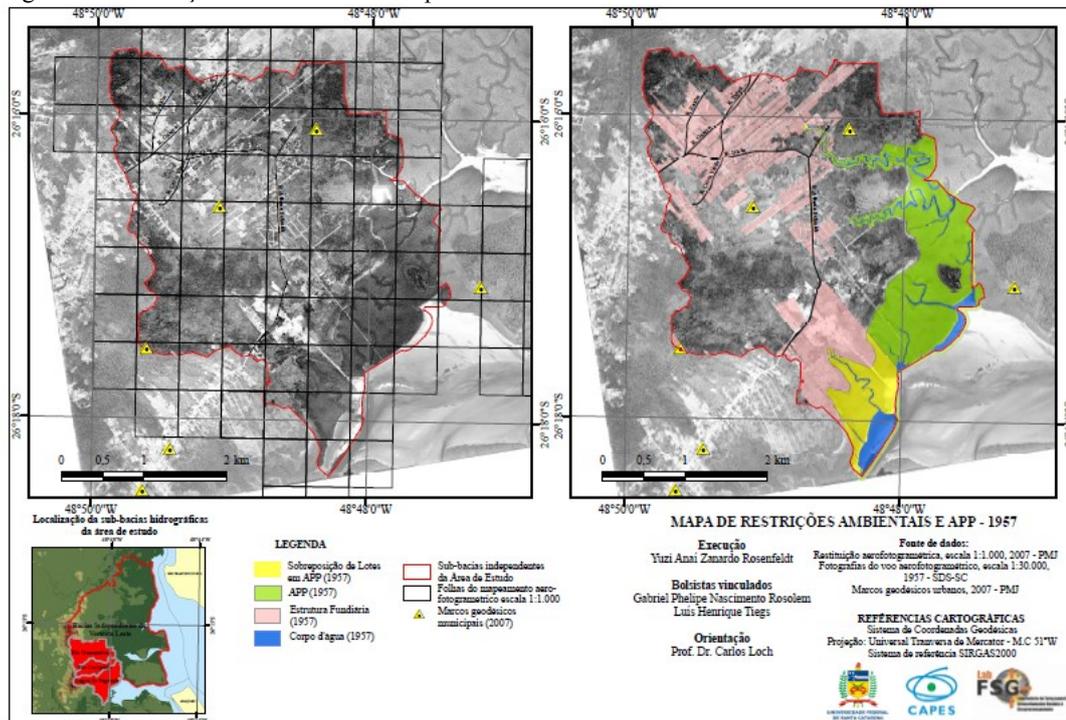
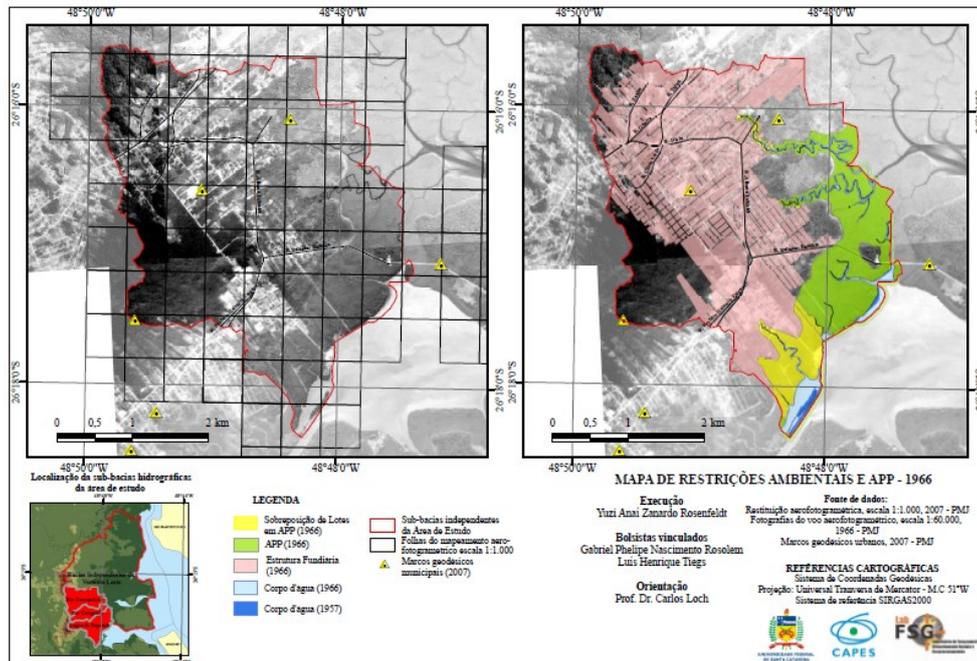


Figura 26 – Restrições ambientais e APP para o ano de 1966



Na imagem do ano de 1978 estão representadas em amarelo as áreas de APP de mata ciliar e de manguezal indevidamente ocupadas (Figura 27).

Os mapas de 1989, 1996 e 2007 mostram a indiscriminada ocupação do manguezal e a significativa alteração do leito dos rios, que culminaram no ano de 2007 com a necessidade de intervenção pública para conter a expansão urbana, com a abertura de um canal a leste que separa a área urbanizada do manguezal (Figuras 28, 29 e 30).

Estudos detalhados sobre o comportamento da drenagem urbana para o planejamento e a gestão das bacias hidrográficas são fundamentais para identificar o potencial de risco de uma área. Esse fator irá determinar a probabilidade de ocorrência de desastres (deslizamentos de terras, assoreamento de rios, erosões, inundações e enchentes) e determinará a capacidade hídrica da bacia para abastecimento humano. Para os manguezais como ambientes resilientes, a drenagem garante as trocas hídricas do sistema da bacia hidrográfica por meio do escoamento superficial das águas e subsuperficial (pelo lençol freático), contribuindo para a sua manutenção e regeneração. O objetivo é criar subsídios para qualificar intervenções antrópicas que, por ventura, tragam prejuízo de ordem ambiental, social ou econômica. Essa classificação identifica o potencial de risco envolvido em uma ação de regularização fundiária.

Outros mapeamentos temáticos disponíveis no município, a saber: *riscos de erosão* e *licenciamentos ambientais*, produzidos nos parâmetros do SCN, podem integrar-se ao sistema cadastral, ampliando a capacidade de análise para a tomada de decisão.

Para cada ano da série histórica, apresenta-se o *leito original dos rios* restituído com a referência nas fotografias do ano de 1957 e o respectivo traçado do leito do rio para cada ano correspondente, delimitando ainda a área de amortecimento (*buffer*) nas suas margens, conforme estabelece a legislação.

O uso de fotografias aéreas em séries históricas permite o reconhecimento do lapso temporal/legal da ocupação e das alterações ocorridas no meio pela antropização. Dentro dos parâmetros estabelecidos pela geomorfologia da paisagem, áreas gravadas como APP e/ou de conservação ambiental pela Lei n. 12.651/12 devem ser mapeadas em escala cadastral e averbadas em cada título de propriedade, já que o uso e a ocupação dessas áreas seguem princípios constitucionais estabelecidos (art. 225 da CRFB 1988).

O mapeamento de áreas de APP cria as condições básicas para o papel regulador do Estado, que deve intervir nessas áreas de modo a criar condições adequadas para o seu pleno desenvolvimento. As áreas de APP não devem ser vistas meramente como capital natural, mas sim como reguladoras do ambiente, criando condições para a melhoria da qualidade de vida dos habitantes.

Figura 27 – Restrições ambientais e APP para o ano de 1978

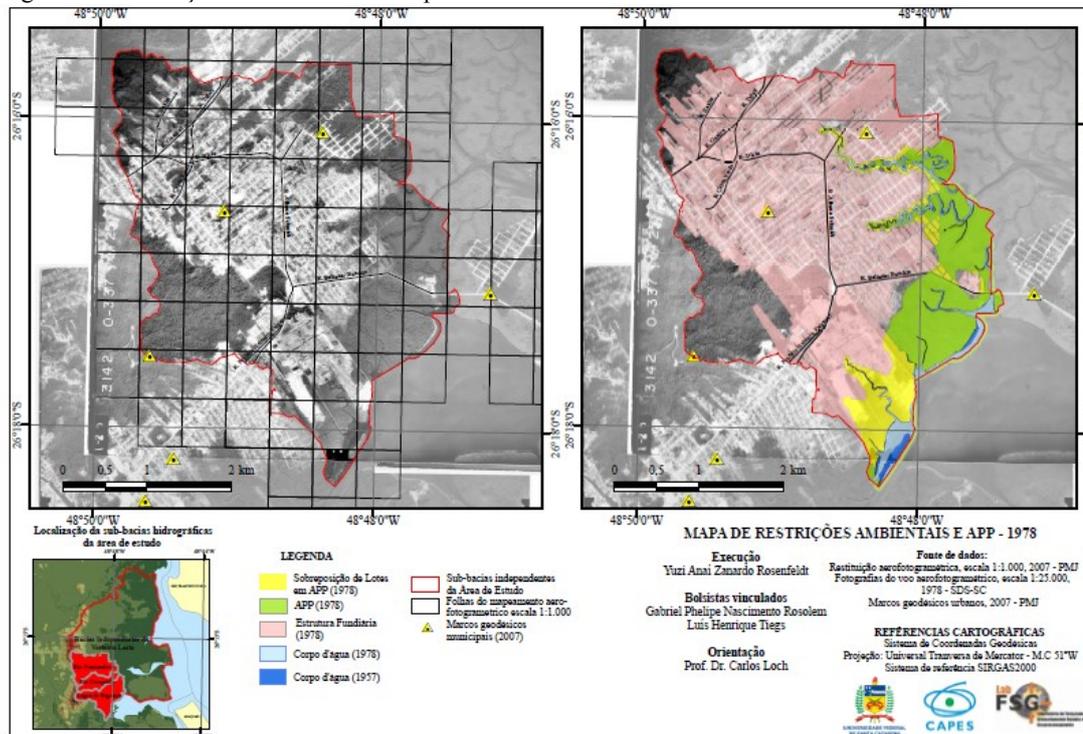


Figura 28 – Restrições ambientais e APP para o ano de 1989

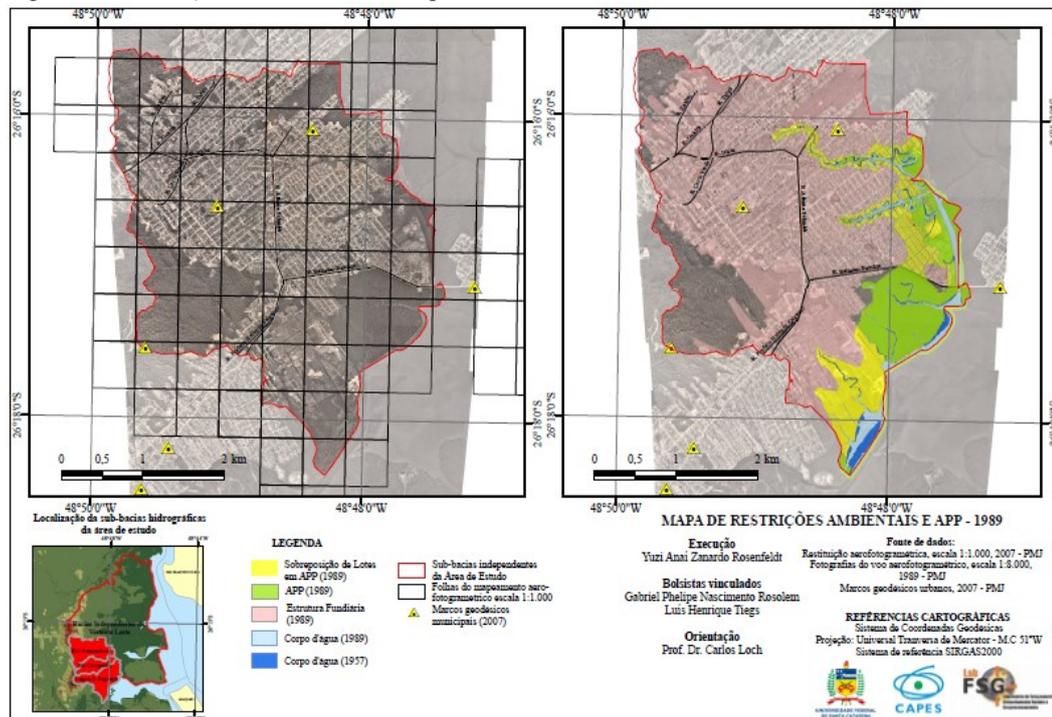


Figura 29 – Restrições ambientais e APP para o ano de 1996

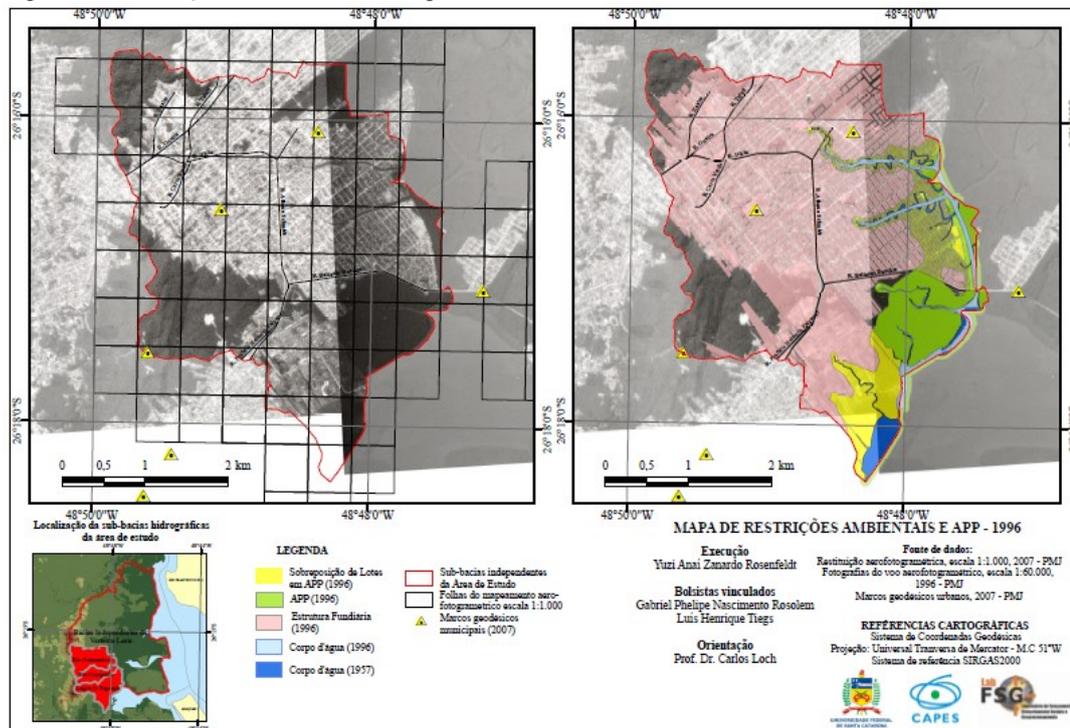
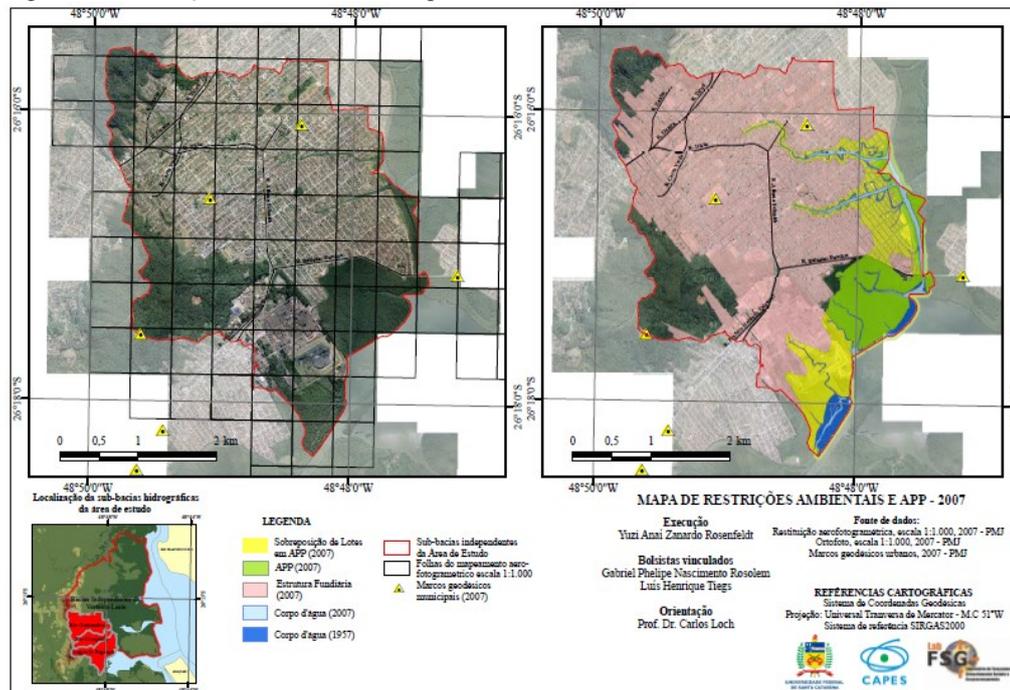


Figura 30 – Restrições ambientais e APP para o ano de 2007



## 5.5 QUALIDADE GEOMÉTRICA DOS PRODUTOS FOTOGRAMÉTRICOS PARA A COMPOSIÇÃO DE SISTEMA CADASTRAL ADEQUADO À REGULARIZAÇÃO FUNDIÁRIA

No Brasil, o município de Joinville (SC) possui o que se entende por uma das melhores propostas de cadastro disponível. Utiliza como base cartográfica o Cadastro Fundiário (malha de parcelas), único e oficial, o qual é tomado como referência para relacionar à parcela – menor unidade do cadastro – todos os dados administrados pela municipalidade. Essa vinculação permite construir diversos cadastros temáticos que compõem o cadastro de Joinville (SC). Para esse município, a cartografia cadastral provém de método fotogramétrico, obtido por câmeras digitais de grande formato, fotografia aérea escala 1/5.000 e ortofotos em escala 1/1.000 e GSD 0,10 m na área urbana.

Sabe-se que os produtos provenientes de sensores remotos, entre eles produtos fotogramétricos, podem ser utilizados para o planejamento e a gestão territorial (BENGEL, 2000; KAUFMANN; STEUDLER, 1998; LOCH; ERBA, 2007; PHILIPS, 2010). Eles diferem em qualidade e custo, sendo mais ou menos recomendados a determinados tipos de aplicações.

Para o nível de informação – *Resolução espacial* – planimétrica, foram feitos (i) levantamento em campo de PCT a partir do método relativo estático com pós-processamento (GNSS) e (ii) leitura do par de coordenadas de suas correspondentes homólogas nas ortofotocartas (1/1.000) de Joinville (SC). Para calcular a exatidão posicional, os resultados dos PCT levantados e dos pontos fotogramétricos obtidos na ortofotocarta foram comparados a partir de testes estatísticos (desvio padrão ou RMSE). Posteriormente, foram submetidos à análise estatística: testes de detecção de tendência (t-Sudent); e análise de precisão (método qui-quadrado) para estabelecer a exatidão posicional e o controle da qualidade no ajustamento de observações.

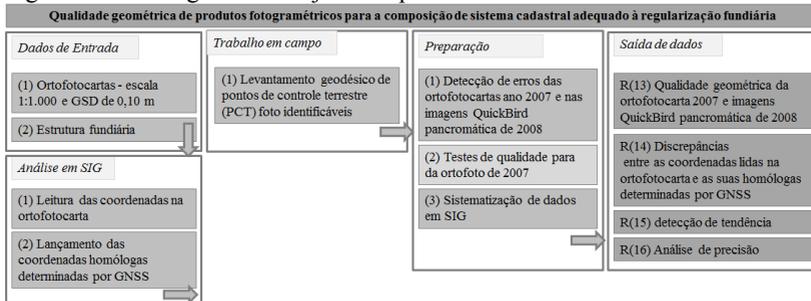
A determinação da resolução espacial consiste na definição da dimensão ótima do *pixel* para obter a exatidão posicional esperada para o produto fotogramétrico. Essa definição é variável de acordo com as necessidades e as aplicabilidades do produto.

Entende-se então ser pertinente estabelecer a exatidão posicional necessária do produto fotogramétrico para viabilizar os procedimentos de regularização fundiária coletiva em glebas urbanas. Foram feitas as

análises correspondentes por ponto de coordenada (PCT), ortofotografias e carta topográfica.

Esta etapa permitiu a validação do método fotogramétrico, consolidado no meio científico para a produção de produtos cartográficos, com parâmetros geométricos necessários que atendam ao art. 500, § 1, do Código Civil 2002, bem como ao estabelecimento dos i) limites, (ii) dos confrontantes e (iii) da área de localização (Figura 31).

Figura 31 – Fluxograma do objetivo específico *d*



Segundo consta no Relatório de Apoio Terrestre da Área Urbana, da Aeroimagem S/A, Engenharia de Aerolevantamento, de 2009, parte integrante dos documentos públicos para a elaboração dos produtos cartográficos do município de Joinville e disponibilizada pela municipalidade, a base cartográfica digital é um produto obtido a partir de método fotogramétrico clássico, com data de voo no ano de 2007.

Na área urbana, a cobertura aerofotogramétrica foi produzida utilizando sistema composto de lente com distância focal de 153 mm, na escala 1/5.000. As fotografias aéreas apresentam composição RGB, cenas de 23 x 23 cm, resolução geométrica de 16  $\mu$  ou espacial de 0,10 m no terreno, espectral de 8 bits e perfilamento a *laser* aerotransportado para a elaboração de curvas de nível equidistantes 0,20 m. Segundo Light (1993), a tolerância para esse sistema é 0,11 m na planimetria e 0,19 m na altimetria.

Na área rural a cobertura aerofotogramétrica foi produzida utilizando sistema composto de lente com distância focal de 153 mm, na escala 1/25.000. As fotografias aéreas apresentam resolução espacial de 40  $\mu$  ou 0,30 m no terreno, espectral de 8 bits e perfilamento a *laser* aerotransportado para a elaboração de curvas de nível equidistantes 0,20

m. Ainda segundo Light (1993), a tolerância para esse sistema é 0,20 m na planimetria e 0,15 m na altimetria.

Os pontos da rede fundamental do IBGE foram o SAT - 91859, localizado em Joinville (SC), e SAT - 94001, localizado no município de Barra Velha (SC). O sistema geodésico de referência é o SIRGAS 2000 para a obtenção das coordenadas planimétricas, assim como o DATUM de Imbituba (SC) como referencial altimétrico.

Para a determinação das coordenadas dos pontos de apoio terrestre, foi utilizada a metodologia NAVSTAR-GPS,<sup>39</sup> totalizando um número de 03, denominados de VT01, VT02 e VT03, que compõem e fecham a poligonal, apresentando erro planimétrico relativo 1/6.867.539 e absoluto 0,008 m.

Foram implantados 59 marcos de apoio básico com coordenadas determinadas por processo estático e 2.175 marcos de apoio suplementar com coordenadas determinadas utilizando o processo estático-rápido. Ambos os apoios – básico e suplementar – destinam-se à aerotriangulação dos blocos de fotografias na escala 1/5.000.

Houve também a monumentalização de uma rede de referência topográfica (RRT), constituída de 28 pontos determinados a partir dos pontos de apoio terrestre e do vértice SAT-91859 do IBGE. Essa rede serve, desde então, como referência aos trabalhos de topografia no município.

Esses dados são apresentados como referência para permitir a discussão da qualidade geométrica dos produtos fotogramétricos disponíveis no município. Foram submetidos ao processo de certificação, sendo os resultados descritos no capítulo a seguir.

---

<sup>39</sup> Em sua concepção original, possui quatro blocos de satélites denominados Bloco I, II, IIA, IIR e IIF. Todos os anteriores estão sendo substituídos pelos do Bloco IIR, que pertencem à terceira geração de satélites, cujas características principais é ser capaz de medir distâncias entre eles e calcular as efemérides no próprio satélite, transmitindo essas informações entre os satélites e para o sistema de controle em Terra (SEEBER, 1993).

### 5.5.1 Levantamento dos pontos de controle terrestre no município de Joinville (SC)

Para certificar a qualidade geométrica dos produtos fotogramétricos disponíveis no município de Joinville e sua adequação para a regularização fundiária, foi necessária uma etapa de levantamento geodésico para a coleta dos PCT na área de estudo.

A certificação foi garantida com o rigor na escolha dos PCT. Foi realizado um estudo prévio sobre o fotoíndice da área de estudo, ano de 2007. Posteriormente, a interpretação das ortofotos permitiu identificar pontos notáveis e detalhes do uso do solo para a melhor escolha dos PCT.

Para o levantamento, foram utilizados equipamentos receptores GPS e GLONASS, marca Topcon, dupla frequência (L1/L2), modelo Hiper 8Q7KQOI0YDC, tendo o apoio de um técnico agrimensor. A coleta dos PCT foi realizada no dia 30 de maio de 2014.

Os PCT foram levantados nos bairros Jardim Iririú e Comasa, ambos localizados na Bacia Hidrográfica Independente da Vertente Leste, conforme descrito no capítulo da delimitação da pesquisa.

Um receptor foi instalado no marco MR-25 (base), no início dos levantamentos. Está localizado em frente ao número 402, na Rua Angra dos Reis, bairro Jardim Iririú. Trata-se de um dos pontos da rede suplementar que compõem a Rede de Referência Cadastral Municipal (RRCM, ano 2010) (Figura 32). As posições de cada marco do apoio básico em relação as suas respectivas fotos e faixas, oriundas do voo fotogramétrico, são informadas para que se tenha a devida localização dos dados apresentados com garantias de prova jurídica.

Figura 32 – Representação do ponto MR-25 na fotografia aérea, município de Joinville (SC)



Os outros receptores foram instalados, respectivamente, nos 20 pontos levantados, previamente escolhidos por fotointerpretação. A distância entre a base e os PCT não foram superiores a 5 km. O tempo de rastreio variou em média 20 min, em função da distância de localização da base até os PCT (Figuras 33 e 34).

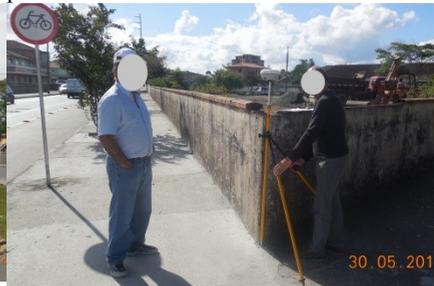
Todos os pontos foram levantados em um único dia. Os dados coletados em cada ponto foram posteriormente descarregados em computador para o pós-processamento. O *software* utilizado foi o Topcon Tools, versão 6.11.01.

A Tabela 9 apresenta o par de coordenadas GNSS (m) planimétricas dos PCT levantados em campo.

Figura 33 – Receptor instalado no ponto P2



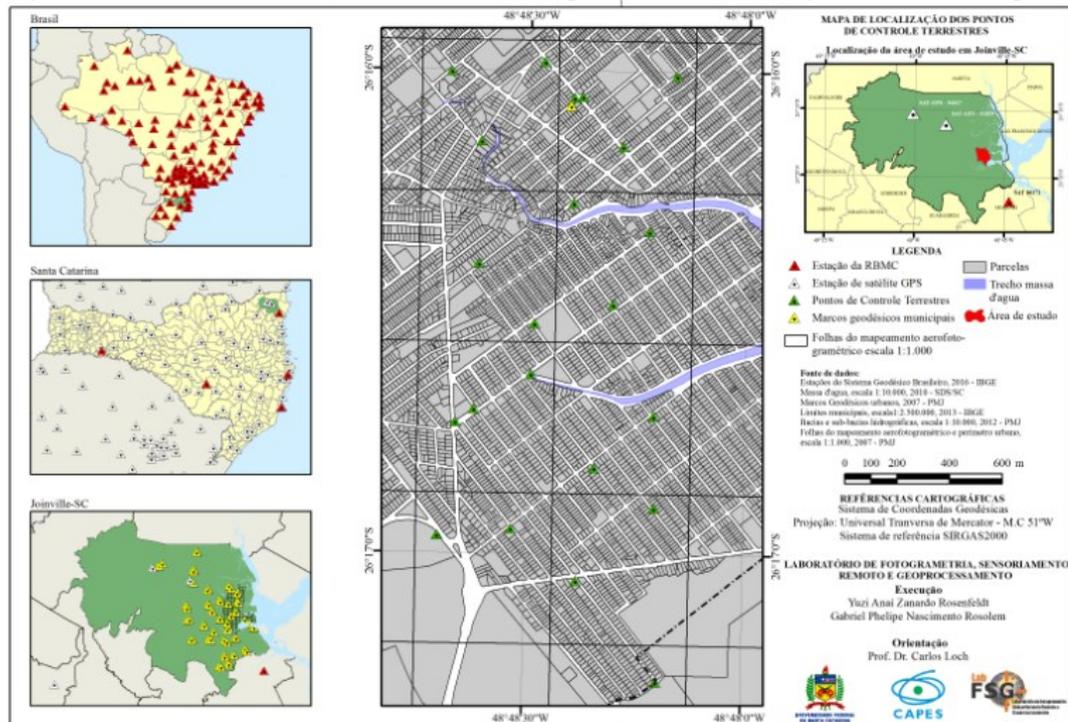
Figura 34 – Receptor instalado no ponto P19



Os dados planimétricos foram lançados em *software* SIG. Por comparação entre as coordenadas obtidas em campo e lidas na imagem (Tabela 9), foram realizados os testes de qualidade planimétrica da ortofotocarta de Joinville (SC). A Figura 35 apresenta o gráfico da espacialização dos PCT nas Bacias Independentes da Vertente Leste. Em vermelho estão representados os pontos da RBMC; em branco, os pontos da rede estadual, homologados pelo IBGE; em amarelo, a rede municipal (RRCM); e, em verde, os PCT levantados para os testes de qualidade dos produtos cartográficos.



Figura 35 – Gráfico da localização dos PCTs obtidos a partir de levantamento geodésico no município de Joinville (SC)





### 5.5.2 Detecção de erros nas ortofotocartas ano 2007 e nas imagens QuickBird pancromáticas

A regularização fundiária demanda uma componente métrica para a sua validação. Ao propor a utilização de produtos fotogramétricos como alternativa ao método topográfico para a obtenção de limites e área da parcela a ser regularizada, há que se avaliar se o produto cartográfico possui qualidade geométrica que permita atender ao art. 500 do Código Civil.

O trabalho inicial para a detecção de erro em imagens aéreas procede-se com a transformação de coordenadas, tomando-se os polinômios como um modelo matemático de transformação. Para os casos em que o relevo é plano e a área de análise é relativamente pequena, como o da área de estudo, os modelos lineares, as transformações de 1ª e 2ª ordem são suficientes (BÄHR; VÖGTLE, 1999).

Uma vez tendo atendido ao que se estabelece na legislação, a ortofoto 2007, oriunda de método fotogramétrico, passa a ser a base de referência geométrica com a qual os demais produtos cartográficos podem ser individualmente comparados. O uso de PCT levantados com GPS para o georreferenciamento apresenta como vantagem alta precisão absoluta de cada ponto. Eles são fotoidentificáveis, homólogos entre a imagem e a realidade no terreno. São inequívocos, estão distribuídos respeitando as variações do relevo e recobrem os cantos e a área central das imagens. São exemplos os pontos, as divisas entre as propriedades rurais (os travessões) e as intersecções de estradas gerais (Figura 36).

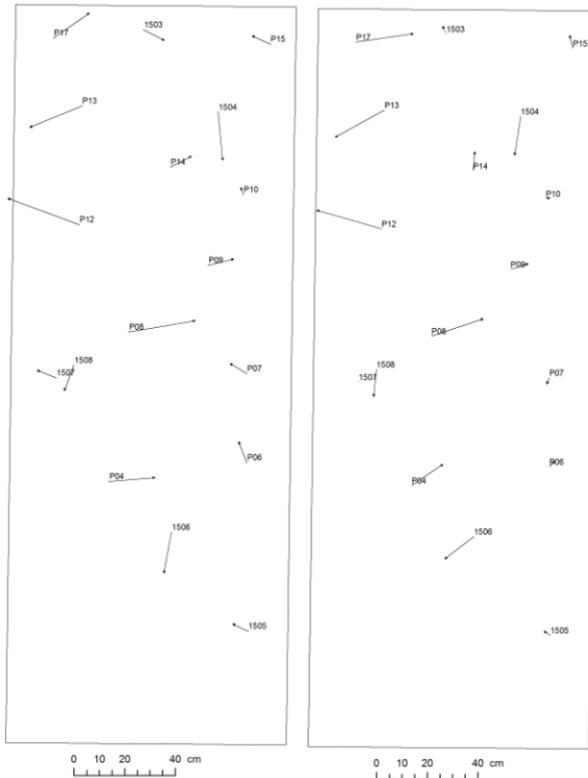
De posse dos 17 PCT, a qualidade geométrica da imagem foi determinada a partir de um processo inicial de ajustamento. Como se trata de imagens ortorretificadas – são corrigidas e planificadas –, os testes foram realizados utilizando a 1ª e a 2ª ordem polinomial, suficientes, uma vez que cada uma dessas ordens polinomiais atua apenas em duas dimensões.

Esses parâmetros ajustam quaisquer coordenadas da imagem. A abundância de pontos homólogos produziu um RMS entre as coordenadas transformadas e as do sistema de 0,1563 m para a 1ª ordem polinomial e 0,1374 m para a 2ª ordem polinomial.

Além do resultado numérico, o resultado quantitativo pode ser avaliado a partir do comportamento (sistemático ou não) do resíduo resultante em  $\Delta x$  e  $\Delta y$ . Esse comportamento é dado pelo grau de

distorção da imagem e, por consequência, permite avaliar a sua qualidade geométrica. Entende-se que uma imagem, para apresentar uma satisfatória geometria, deve possuir ambos os atributos: resultado numérico compatível com o GSD e comportamento sistemático dos resíduos. A Figura 36 apresenta o gráfico de resíduos para as ordens polinomiais 1 e 2, respectivamente, utilizando os 17 PCT.

Figura 36 – Comportamento gráfico do resíduo para os 17 PCT nas ortofotocartas utilizando transformações polinomiais de 1ª e 2ª ordem, respectivamente



As Tabelas 9 e 10 apresentam o valor numérico da transformação polinomial de 1ª e 2ª ordem nas ortofotocartas, respectivamente. Os resultados demonstram a utilidade do mosaico de imagens de 2007, como a base de dados e a equalização de precisão máxima com polinômios.

Tabela 9 – Transformação polinomial de 1ª ordem para ortofotocartas utilizando 17 PCT

<b>Ponto</b>	<b>Xresidual</b>	<b>Yresidual</b>	<b>Xgps</b>	<b>Ygps</b>	<b><math>\Delta x</math></b>	<b><math>\Delta y</math></b>	<b>Residual</b>
1.503	718.924,485	7.092.963,003	718.924,568	7.092.962,961	0,08	-0,04	0,0925
1.504	719.219,463	7.092.638,035	719.219,481	7.092.637,845	0,02	-0,19	0,1911
1.505	719.337,037	7.090.589,146	719.336,976	7.090.589,175	0,06	0,03	0,0675
1.506	719.034,314	7.090.979,362	719.034,285	7.090.979,200	0,03	-0,16	0,1648
507	718.577,623	7.091.589,159	718.577,547	7.091.589,190	0,08	0,03	0,0822
508	718.648,054	7.091.638,702	718.648,016	7.091.638,601	0,04	-0,10	0,1080
P04	718.787,412	7.091.180,034	718.787,595	7.091.180,049	0,18	0,02	0,1836
P06	719.332,964	7.091.254,341	719.332,931	7.091.254,425	0,03	0,08	0,0906
P07	719.332,943	7.091.605,884	719.332,876	7.091.605,925	0,07	0,04	0,0786

<b>Ponto</b>	<b>Xresidual</b>	<b>Yresidual</b>	<b>Xgps</b>	<b>Ygps</b>	<b><math>\Delta x</math></b>	<b><math>\Delta y</math></b>	<b>Residual</b>
P08	718.865,891	7.091.770,037	718.866,155	7.091.770,082	0,26	0,05	0,2682
P09	719.180,130	7.092.033,835	719.180,232	7.092.033,860	0,10	0,03	0,1054
P10	719.318,884	7.092.312,175	719.318,875	7.092.312,205	0,01	0,03	0,0318
P12	718.669,529	7.092.193,995	718.669,246	7.092.194,100	0,28	0,10	0,3020
P13	718.680,287	7.092.663,043	718.680,079	7.092.662,959	0,21	-0,08	0,2246
P14	719.031,075	7.092.422,312	719.031,159	7.092.422,355	0,08	0,04	0,0939
P15	719.426,209	7.092.906,554	719.426,136	7.092.906,588	0,07	0,03	0,0807
P17	718.568,135	7.092.931,502	718.568,276	7.092.931,601	0,14	0,10	0,1726
<b>RMS total</b>							<b>0,1563 m</b>

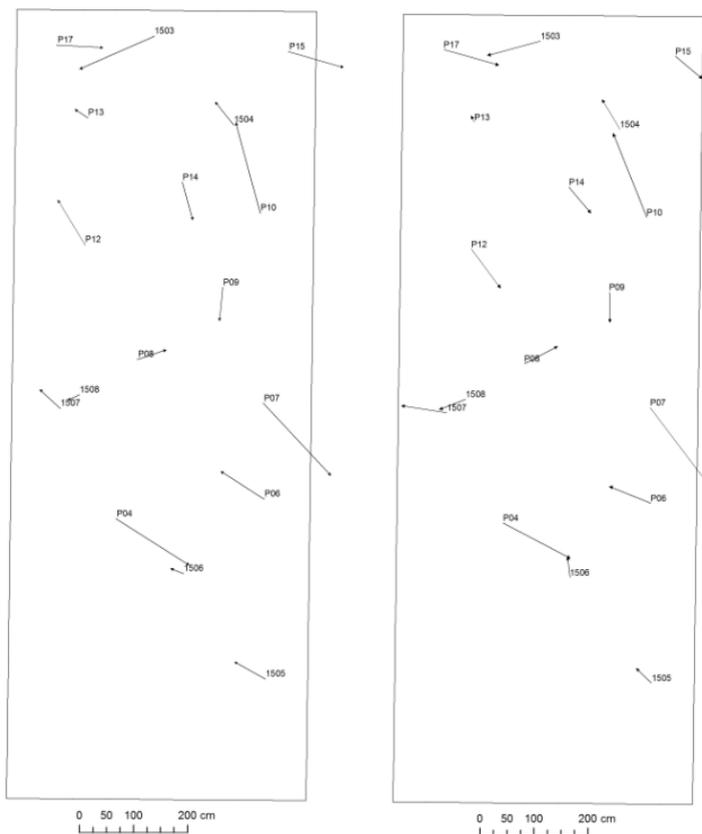
Tabela 10 – Transformação polinomial de 2ª ordem para ortofotocartas utilizando 17 PCT

<b>Ponto</b>	<b>Xresidual</b>	<b>Yresidual</b>	<b>Xgps</b>	<b>Ygps</b>	<b><math>\Delta x</math></b>	<b><math>\Delta y</math></b>	<b>Residual</b>
1.503	718.924,583	7.092.962,930	718.924,568	7.092.962,961	0,01	0,03	0,034725
1.504	719.219,505	7.092.637,999	719.219,481	7.092.637,845	0,02	-0,15	0,156366
1.505	719.337,002	7.090.589,159	719.336,976	7.090.589,175	0,03	0,02	0,030731
1.506	719.034,402	7.090.979,290	719.034,285	7.090.979,200	0,12	-0,09	0,147053
1.507	718.577,550	7.091.589,185	718.577,547	7.091.589,190	0,00	0,00	0,005828
1.508	718.648,027	7.091.638,710	718.648,016	7.091.638,601	0,01	-0,11	0,109215
P04	718.787,470	7.091.179,965	718.787,595	7.091.180,049	0,12	0,08	0,150499
P06	719.332,910	7.091.254,403	719.332,931	7.091.254,425	0,02	0,02	0,030801
P07	719.332,887	7.091.605,951	719.332,876	7.091.605,925	0,01	-0,03	0,028449

Ponto	Xresidual	Yresidual	Xgps	Ygps	$\Delta x$	$\Delta y$	Residual
P08	718.865,949	7.091.770,013	718.866,155	7.091.770,082	0,21	0,07	0,217136
P09	719.180,162	7.092.033,838	719.180,232	7.092.033,860	0,07	0,02	0,07327
P10	719.318,858	7.092.312,200	719.318,875	7.092.312,205	0,02	0,00	0,017436
P12	718.669,505	7.092.194,027	718.669,246	7.092.194,100	0,26	0,07	0,268622
P13	718.680,275	7.092.663,067	718.680,079	7.092.662,959	0,20	-0,11	0,22386
P14	719.031,152	7.092.422,278	719.031,159	7.092.422,355	0,01	0,08	0,077382
P15	719.426,149	7.092.906,537	719.426,136	7.092.906,588	0,01	0,05	0,05301
P17	718.568,049	7.092.931,568	718.568,276	7.092.931,601	0,23	0,03	0,229669
<b>RMS total</b>							<b>0,1374 m</b>

Utilizando os 17 PCT, o procedimento foi repetido para as imagens QuickBird pancromáticas. Os resultados foram de 1,00635 m para a 1ª ordem polinomial e 0,95902 m para a 2ª ordem polinomial. A Figura 37 apresenta o gráfico de resíduos para cada uma das ordens polinomiais utilizando os 17 PCT, respectivamente.

Figura 37 – Comportamento gráfico do resíduo para as transformações polinomiais de 1ª e 2ª ordem na imagem QuickBird pancromática, respectivamente



As Tabelas 11 e 12 apresentam o valor numérico da transformação polinomial para a 1ª e a 2ª ordem polinomial para as imagens QuickBird, pancromáticas, respectivamente.



Tabela 11 – Transformação polinomial de 1ª ordem para imagem QuickBird pancromática utilizando 17 PCT

<b>Ponto</b>	<b>Xresidual</b>	<b>Yresidual</b>	<b>Xgps</b>	<b>Ygps</b>	<b><math>\Delta x</math></b>	<b><math>\Delta y</math></b>	<b>Residual</b>
1.503	718.925,951	7.092.963,566	718.924,568	7.092.962,961	-1,38	-0,60	1,509212835
1.504	719.219,820	7.092.637,426	719.219,481	7.092.637,845	-0,34	0,42	0,538683746
1.505	719.337,545	7.090.588,857	719.336,976	7.090.589,175	-0,57	0,32	0,651933041
1.506	719.034,524	7.090.979,108	719.034,285	7.090.979,200	-0,24	0,09	0,256264296
1.507	718.577,925	7.091.588,839	718.577,547	7.091.589,190	-0,38	0,35	0,516274251
1.508	718.648,227	7.091.638,700	718.648,016	7.091.638,601	-0,21	-0,10	0,232917473
P04	718.786,244	7.091.180,905	718.787,595	7.091.180,049	1,35	-0,86	1,59936509
P06	719.333,734	7.091.253,912	719.332,931	7.091.254,425	-0,80	0,51	0,953088344
P07	719.331,632	7.091.607,255	719.332,876	7.091.605,925	1,24	-1,33	1,821238386

Ponto	Xresidual	Yresidual	Xgps	Ygps	$\Delta x$	$\Delta y$	Residual
P08	718.865,624	7.091.769,904	718.866,155	7.091.770,082	0,53	0,18	0,559821606
P09	719.180,293	7.092.034,471	719.180,232	7.092.033,860	-0,06	-0,61	0,614324718
P10	719.319,330	7.092.310,530	719.318,875	7.092.312,205	-0,45	1,68	1,736070791
P12	718.669,746	7.092.193,274	718.669,246	7.092.194,100	-0,50	0,83	0,965435155
P13	718.680,317	7.092.662,798	718.680,079	7.092.662,959	-0,24	0,16	0,28700656
P14	719.030,968	7.092.423,045	719.031,159	7.092.422,355	0,19	-0,69	0,716088867
P15	719.425,126	7.092.906,877	719.426,136	7.092.906,588	1,01	-0,29	1,050511067
P17	718.567,430	7.092.931,648	718.568,276	7.092.931,601	0,85	-0,05	0,847717422
<b>RMS total</b>							<b>1,00635 m</b>

Tabela 12 – Transformação polinomial de 2ª ordem para imagem QuickBird pancromática utilizando 17 PCT

<b>Ponto</b>	<b>Xresidual</b>	<b>Yresidual</b>	<b>Xgps</b>	<b>Ygps</b>	<b><math>\Delta x</math></b>	<b><math>\Delta y</math></b>	<b>Residual</b>
1.503	718.925,559	7.092.963,223	718.924,568	7.092.962,961	-0,99	-0,26	1,024758023
1.504	719.219,811	7.092.637,292	719.219,481	7.092.637,845	-0,33	0,55	0,644067656
1.505	719.337,266	7.090.588,901	719.336,976	7.090.589,175	-0,29	0,27	0,398762423
1.506	719.034,330	7.090.978,810	719.034,285	7.090.979,200	-0,05	0,39	0,392713728
1.507	718.578,393	7.091.589,059	718.577,547	7.091.589,190	-0,85	0,13	0,85578268
1.508	718.648,508	7.091.638,793	718.648,016	7.091.638,601	-0,49	-0,19	0,527801718
P04	718.786,350	7.091.180,698	718.787,595	7.091.180,049	1,24	-0,65	1,403526999
P06	719.333,699	7.091.254,111	719.332,931	7.091.254,425	-0,77	0,31	0,830048404
P07	719.331,694	7.091.607,474	719.332,876	7.091.605,925	1,18	-1,55	1,948384333

<b>Ponto</b>	<b>Xresidual</b>	<b>Yresidual</b>	<b>Xgps</b>	<b>Ygps</b>	<b><math>\Delta x</math></b>	<b><math>\Delta y</math></b>	<b>Residual</b>
P08	718.865,537	7.091.769,756	718.866,155	7.091.770,082	0,62	0,33	0,698663657
P09	719.180,220	7.092.034,417	719.180,232	7.092.033,860	0,01	-0,56	0,557438557
P10	719.319,499	7.092.310,643	719.318,875	7.092.312,205	-0,62	1,56	1,681999199
P12	718.669,785	7.092.193,378	718.669,246	7.092.194,100	-0,54	0,72	0,900805973
P13	718.680,135	7.092.662,839	718.680,079	7.092.662,959	-0,06	0,12	0,132686438
P14	719.030,755	7.092.422,832	719.031,159	7.092.422,355	0,40	-0,48	0,625269421
P15	719.425,638	7.092.907,003	719.426,136	7.092.906,588	0,50	-0,42	0,648175153
P17	718.567,257	7.092.931,889	718.568,276	7.092.931,601	1,02	-0,29	1,058927842
<b>RMS total</b>							<b>0,95902 m</b>

Em condições ideais, os resultados do RMS, para serem compatíveis com a resolução espacial da referida imagem e apresentarem qualidade, devem ser de  $1/3$  do *pixel* da imagem (BÄHR, 1976). Em termos práticos, as imagens com  $RMS = 1 \text{ pixel}$  são suficientes e as imagens com  $RMS > 5 \text{ pixels}$  apresentam baixa qualidade do pré-processamento e exigem polinômios de 3ª ordem para atingir o limiar de  $1/3$  de *pixel* (BÄHR; VÖGTLE, 1999).

Dos 17 PCT levantados, foi escolhido um total de 6 e 10 PCT, respectivamente, para cada um dos ajustamentos. O resultado para as ortofotos foram de 0,6590 m para a 1ª ordem polinomial e 0,10207 m para a 2ª ordem polinomial. Para a imagem QuickBird, os resultados foram de 0,66859 m para a 1ª ordem polinomial e 0,60631 m para a 2ª ordem polinomial.

A possibilidade de utilização dos 17 PCT não traz melhorias para a precisão do procedimento e seria considerada uma extrapolação do número de pontos, incorrendo em erros no ajustamento (BÄHR, 1976).

Esses resultados demonstram que as ortofotos do ano de 2007 possuem precisão posicional satisfatória e estão dentro da ordem de grandeza estabelecida para as ortofotos geradas com GSD de 0,10 m. Esses resultados foram apresentados na estatística do ajustamento (Tabela 12, Relatório de Aerotriangulação da PMJ/Aeroimagem, de 2007).

### **5.5.3 Testes de qualidade planimétrica da ortofotocarta de Joinville (SC)**

A partir do levantamento dos PCT, foram feitos testes de qualidade geométrica das ortofotocartas de Joinville (SC). Por se tratar de ortofotocartas, os testes foram executados considerando a planimetria.

As ortofotocartas de Joinville foram retificadas com base em um modelo digital de terreno. Apesar de terem sido produzidos por processo computacional de precisão, totalmente digital, não apresentando os erros oriundos dos instrumentos convencionais ou analíticos, esses documentos cartográficos não estão isentos de erros.

No caso em questão, dos 20 pontos levantados, foram utilizados 17 PCT (tamanho da amostra é  $n = 17$ ), sendo considerado o intervalo de confiança de 90% (Lei n. 89.817/84), tanto para o teste de detecção de tendências quanto para o teste de precisão.

A Tabela 13 apresenta o cálculo das discrepâncias entre as coordenadas lidas na ortofotocarta e as suas homólogas determinadas por GNSS. A Tabela 14 exhibe o resultado do teste de detecção de tendência (T-Student) e a Tabela 15 mostra a análise de precisão pelo método qui-quadrado.

Tabela 13 – Cadastro de coordenadas e cálculo das discrepâncias entre as coordenadas lidas na ortofotocarta e as suas homólogas determinadas por GNSS

Pontos	Coordenadas na Imagem (m)		Coordenadas GNSS (m)		Discrepâncias (m)	
	E	N	E	N	$\Delta E$	$\Delta N$
1.503	718.924,568	7.092.962,961	718.924,464	7.092.963,024	0,104	-0,063
1.504	719.219,481	7.092.637,845	719.219,422	7.092.638,051	0,059	-0,206
1.505	719.336,976	7.090.589,175	719.336,973	7.090.589,185	0,003	-0,010
1.506	719.034,285	7.090.979,200	719.034,271	7.090.979,406	0,014	-0,206
1.507	718.577,547	7.091.589,190	718.577,610	7.091.589,210	-0,063	-0,020
1.508	718.648,016	7.091.638,601	718.648,037	7.091.638,750	-0,021	-0,149
P4	718.787,595	7.091.180,049	718.787,384	7.091.180,083	0,211	-0,034
P6	719.332,931	7.091.254,425	719.332,906	7.091.254,371	0,025	0,054
P7	719.332,876	7.091.605,925	719.332,888	7.091.605,910	-0,012	0,015
P8	718.866,155	7.091.770,082	718.865,863	7.091.770,075	0,292	0,007
P9	719.180,232	7.092.033,860	719.180,086	7.092.033,860	0,146	0,000
P10	719.318,875	7.092.312,205	719.318,836	7.092.312,192	0,039	0,013
P12	718.669,246	7.092.194,100	718.669,516	7.092.194,035	-0,270	0,065
P13	718.680,079	7.092.662,959	718.680,277	7.092.663,077	-0,198	-0,118

Pontos	Coordenadas na Imagem (m)		Coordenadas GNSS (m)		Discrepâncias (m)	
	E	N	E	N	$\Delta E$	$\Delta N$
P14	719.031,159	7.092.422,355	719.031,043	7.092.422,338	0,116	0,017
P15	719.426,136	7.092.906,588	719.426,160	7.092.906,560	-0,024	0,028
P17	718.568,276	7.092.931,601	718.568,132	7.092.931,535	0,144	0,066
				Média	0,03322	-0,03188
				Variância	0,018757256	0,007648408
				<b>Desvio padrão</b>	<b>0,136957133</b>	<b>0,087455179</b>

Tabela 14 – Teste de detecção de tendência

Teste de tendência T-student		
E	N	Tabelado
1,028954	-1,546535535	1,746

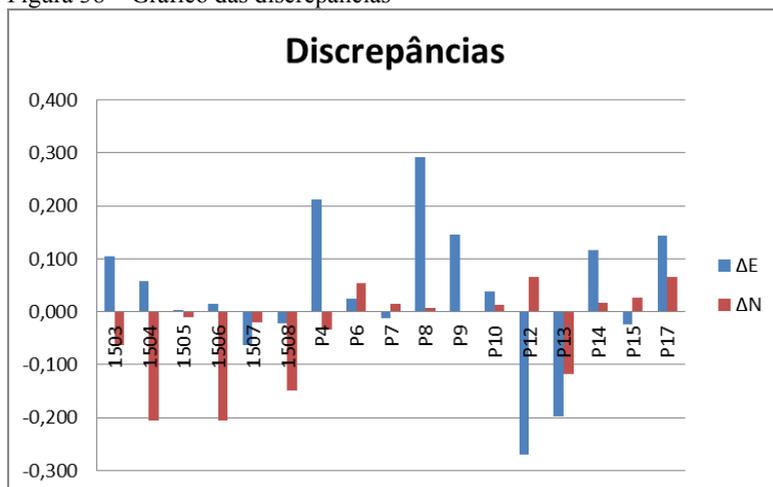
Tabela 15 – Análise de precisão

Método Qui-quadrado. Ortofotocartas escala 1/1.000 Padrão – PEC Classe A		
E(m)	N(m)	Tabelado(m)
20,76928016	8,468825835	23,54182892

Os valores encontrados para o teste de tendência (T-student) indicam que o produto cartográfico analisado encontra-se isento de erros sistemáticos e passou no teste de precisão (qui-quadrado) aplicado para a escala 1/1.000 (PEC = 0,05 mm).

Considerando que a referida ortofotocarta foi produzida a partir de fotografias aéreas digitais com GSD de 0,10 m, pode-se concluir que a qualidade geométrica do produto analisado é excepcional. A Figura 38 ilustra o gráfico de discrepância dos PCT analisados.

Figura 38 – Gráfico das discrepâncias



Para a análise, há que se comparar o resultado do RMSE dos PCT levantados em campo ( $\Delta E = 0,136957133$  e  $\Delta N = 0,087455179$ ) com os pontos obtidos pela empresa de aerolevantamento quando da produção da cartografia. Os resultados da estatística do ajustamento estão apresentados na Tabela 16.

Tabela 16 – Estatística do ajustamento para a geração dos produtos cartográficos

Estatística do Ajustamento	
RMSE nas coordenadas dos pontos fotogramétricos	
Erro em X	0,053
Erro em y	0,033
Erro em z	0,065
RMSE nas coordenadas dos centros de projeção	
Erro em X	0,187
Erro em y	0,117
Erro em z	0,074
RMSE nas coordenadas dos pontos de apoio planimétrico	
Erro em X	0,049
Erro em y	0,057
Erro em z	0,051
RMSE nas coordenadas dos pontos de apoio de ligação dos blocos fotogramétricos	
Erro em X	0
Erro em y	0
Erro em z	0
RMSE nas coordenadas dos pontos de apoio de verificação fotogramétricos	
Erro em X	0,07
Erro em y	0,08
Erro em z	0,179

Estatística do Ajustamento	
RMSE nas coordenadas planimétricas do bloco	
Erro em P	0,068
RMSE nas coordenadas verticais do bloco	
Erro em V	0,103

Fonte: Relatório de Aerotriangulação da PMJ/Aeroimagem, 2007.

#### 5.5.4 Tolerância posicional e precisão relativa nas parcelas cadastrais urbanas

A tolerância posicional (TP) consiste no erro máximo aceitável para as coordenadas dos pontos que definem os limites (estremas) de parcelas territoriais obtidas no processo de medição e ajustamento e relaciona-se com a precisão posicional absoluta do levantamento cadastral (BRANDÃO, 2003).

Embora não haja normativa nacional que estabeleça precisão posicional relativa para pontos limítrofes das parcelas cadastrais urbanas (vértices), nos moldes da cartografia cadastral rural (inferior ou igual a 0,50 m, Lei n. 10.267/2001, Portaria n. 954/2002), estudos teóricos demonstram que, quando ligadas à RRCM, as coordenadas dos vértices do imóvel devem atingir precisões entre 0,03 m e 0,05 m, quando a referida RRCM possui precisão de coordenadas inferiores a 0,03 m e 0,07 m, quando se utiliza do método de irradiação em distâncias menores que 0,5 km e RRCM com coordenadas de precisões de 0,05 m (BOTELHO, 2003; ROMÃO et al., 1996).

Partindo-se dos parâmetros estabelecidos pela Lei Federal n. 6.766/79 e pela Lei Estadual n. 10.957/98, ao estabelecer que os lotes devam ter área mínima de 125 m<sup>2</sup> e testada mínima de 5 m (5 m x 25 m), a precisão posicional relativa deve garantir, para atender ao Código Civil de 2002, as variações em medida de área não superior a 6,25 m<sup>2</sup> ou 5% da área total.

Brandão (2003) calcula a TP das coordenadas dos pontos que definem os limites das parcelas cadastrais urbanas como  $TP = \pm 0,10$  m. A exemplo de um lote com área mínima com 5 m x 25 m = 125m<sup>2</sup>, tem-se, nos casos de o erro de 0,10 m concentrar-se pelo lado externo do polígono, uma área total de 129,26 m<sup>2</sup>; e, nos casos de o erro se concentrar pelo lado interno do polígono, uma área total de 120,78 m<sup>2</sup>.

A diferença na área representa o percentual de  $(129,26 \text{ m}^2/125 \text{ m}^2) \times 100 = 3,41\%$  e  $(120,78 \text{ m}^2/125 \text{ m}^2) \times 100 = 3,38\%$ , ou seja, as duas possibilidades de concentração do erro proposto por Brandão (2003) atendem ao Código Civil de 2002. Aplicando-se a Teoria de Propagação dos Erros (qualidade de no mínimo três vezes melhor que a tolerância especificada para garantir um nível de confiança de 99,7%), a precisão posicional do levantamento cadastral de parcelas cadastrais urbanas deve ser de  $\pm 0,03 \text{ m}$ . Miyashita (2008) apresenta teoricamente o valor de 0,06 m, resultante do erro máximo de 5% permitido na área de um imóvel admissível pelo Código Civil de 2002 e nas dimensões mínimas de um imóvel localizado em área urbana (Lei Federal n. 6.766/79).

Luz (2013) fez o experimento considerando diferentes áreas (A1 – A10), variando o número de vértices e geometrias (4, 6 e 8 vértices). Os resultados estão apresentados na Tabela 17.

Tabela 17 – Tolerância e precisão posicional em parcelas cadastrais com área mínima de  $125 \text{ m}^2$ , a partir da teoria de propagação dos erros

Área	Número de vértices	Área ( $\text{m}^2$ )	Tolerância posicional	Precisão posicional (m)
A1	6	536,41	0,7809	0,2603
A2	4	143,26	0,3621	0,1207
A3	7	188,11	0,4821	0,1607
A4	7	301,81	0,5565	0,1855
A5	7	641,61	0,7646	0,2549
A6	6	577,42	0,6349	0,2116
A7	5	386,00	0,5221	0,174
A8	12	699,89	0,8756	0,2919
A9	7	289,32	0,5564	0,1855
A10	6	471,19	0,5345	0,1782

O autor concluiu que, para o número de vértices da parcela, a correlação é fraca ou não apresenta correlação alguma. Os dados obtidos em simulações feitas em função da variação métrica entre os lados apresentam como resultado um diagrama de dispersão entre a precisão posicional e a testada das parcelas cadastrais, demonstrando haver uma correlação entre a precisão posicional e a testada da parcela. Em função

de a forma geométrica das parcelas urbanas ser comumente retangular (a exemplo de um imóvel com testada de 5 m x 25 m de comprimento, totalizando 125 m<sup>2</sup>), os resultados admitiram uma incerteza maior na determinação das coordenadas de seus vértices para que sua área se mantivesse dentro dos limites exigidos no Código Civil de 2002.

O autor propõe para parcelas cadastrais com 125 m<sup>2</sup> e 5 m de testada uma precisão posicional relativa de  $\sigma = \pm 0,08$  m e tolerância de  $3\sigma = \pm 0,24$  m (em nível de confiança de 99,7%).

Brandão (2003) defende que, guardadas as diversidades de ocupação do território brasileiro, em determinadas áreas pode haver a exigência de valores ainda mais rigorosos estabelecidos para a tolerância posicional, considerando o tamanho e a forma geométrica das parcelas cadastrais urbanas. Essa atenção deve se dar em função do potencial econômico da parcela, que em áreas urbanas costuma ser mais valorizada quando comparada com a parcela rural. Daí então a importância da identificação do uso e da cobertura do solo. Esses estudos corroboram os de Andrade e Mitishita (1987).

### **5.5.5 Identificação dos limites da parcela cadastral pelo princípio da interpretação orientada ao objeto**

A pesquisa propõe que a identificação dos limites da parcela cadastral seja estabelecida a partir da determinação das coordenadas dos vértices que definem suas extremas, obtidas pelo método de fotointerpretação de ortofotocartas com resolução espacial, GSD < 0,10 m (ano 2007). Isso significa dizer que é identificado na fotografia qualquer objeto registrado na imagem que tenha essa ordem de grandeza. O princípio da identificação dos limites da parcela cadastral pela interpretação orientada ao objeto (*chaves de interpretação/fotoexemplos*) e da extrapolação das características para os demais elementos contidos nas fotografias permite análises correlacionadas e a determinação dos vértices das parcelas com precisão posicional relativa de 0,10 m, ou melhor, corroborando os estudos apresentados por Brandão (2003), Luz (2013) e Andrade e Mitishita (1987).

Para ilustrar, apresentam-se duas glebas representadas nas ortofotos de 2007 que foram validadas como referência métrica para os procedimentos de regularização fundiária. Uma delas localizada a norte e outra a sul da sub-bacia, as quais são representadas pela estrutura

fundiária, ano 2007, e pelos PCT levantados em campo. Na ortofotocarta é possível identificar os vértices da gleba e, a partir dos vértices, estabelecer os alinhamentos, delimitando assim seus limites (representados em verde). Para atender ao art. 500 do Código Civil, a necessidade de precisão posicional dos vértices das parcelas cadastrais inseridas dentro da gleba é maior ( $\pm 0,03$  m proposto por Miyashita (2008) e  $\sigma = \pm 0,08$  m, proposto por Luz (2013)). A identificação dos seus vértices e dos limites se dá devido à possibilidade de análises correlacionadas entre a parcela maior, a gleba e as parcelas menores, inseridas dentro da gleba e da distribuição do erro dentro da gleba (Figura 39).

Figura 39 – Identificação dos vértices e delimitação dos limites da gleba na ortofotocarta de 2007 a partir da estrutura fundiária, localizada a norte da sub-bacia

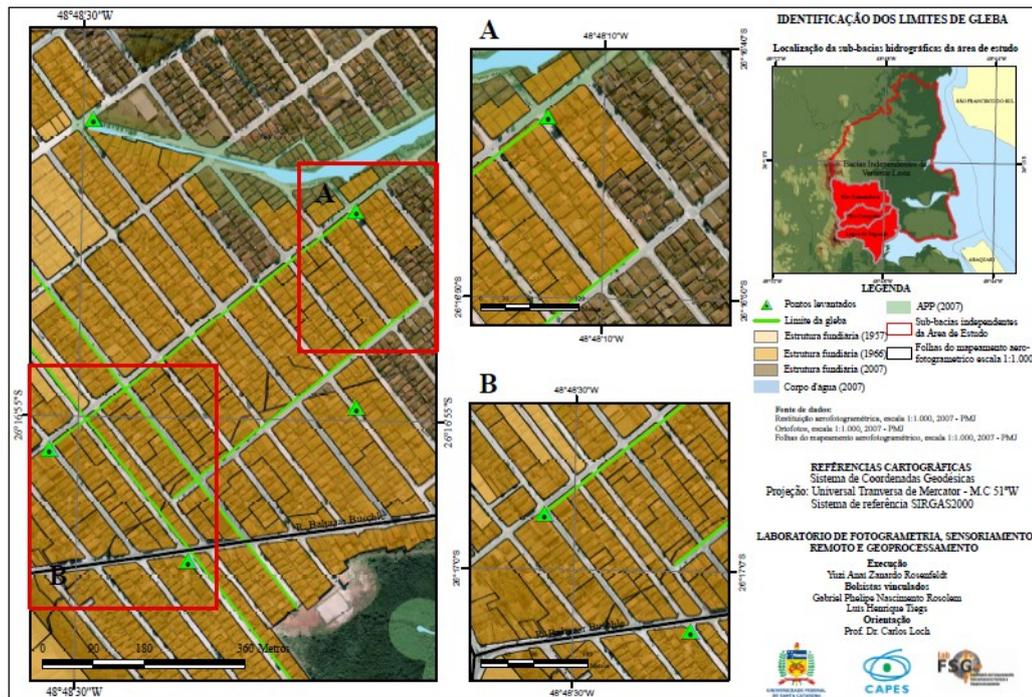
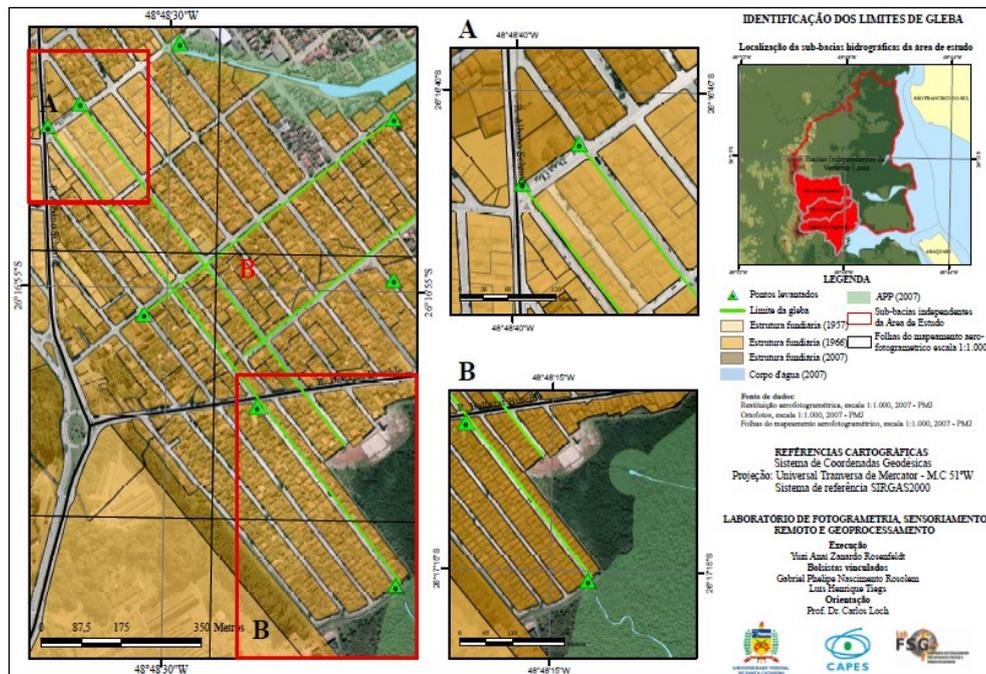


Figura 40 – Identificação dos vértices e delimitação dos limites da gleba na ortofotocarta de 2007 a partir da estrutura fundiária, localizada a sul da sub-bacia



Em ambiente SIG é possível ler as coordenadas dos vértices  $(x,y)$  que delimitam a gleba e estabelecer um cadastro de coordenadas. Ao interligar os pontos de coordenadas (vértices), é possível definir a forma geométrica da gleba. Com esses dados, calculam-se as áreas do polígono utilizando a fórmula de Gauss. Essa fórmula é aplicável tanto para poligonais com formas geométricas não reconhecidas, comuns em áreas irregulares (pela fórmula, destrinchadas em um número  $N$  de trapézios), quanto para formas geométricas reconhecidas, comuns em cadastros territoriais de áreas regulares.

Ao utilizar o método de fotointerpretação em ortofotocarta com  $GSD < 0,10$  m, para (i) ler as coordenadas dos vértices e definir a forma geométrica da gleba e (ii) ler as coordenadas dos vértices e definir a forma geométrica individualmente de cada parcela cadastral, há garantias de um efetivo levantamento cadastral homogêneo, sistemático e que atende ao Código Civil. As posições dos pontos de limites das parcelas são determinadas com um valor de precisão posicional relativa dentro do limite especificado na resolução espacial ( $GSD < 0,10$  m), ou seja, com igual ordem de grandeza para todos os vértices das parcelas cadastrais inseridas na gleba ou em ordem de grandeza ainda melhor, quando interpretados elementos de forma correlacionada. As análises correlacionas garantem a sistematização e a consistência<sup>40</sup> do levantamento; os fotoexemplos e a experiência do fotointérprete permitem identificar os elementos, os vértices e os limites das parcelas (objetos fotoidentificáveis) menores do que 0,10 m.

O levantamento cadastral realizado por método fotogramétrico consiste então (i) no estabelecimento de procedimentos que devem fazer uso de produtos fotogramétricos, produzidos com base na rede geodésica brasileira, com qualidade reconhecida e validada pelo usuário; (ii) no método de fotointerpretação orientada ao objeto, a partir de experiência do fotointérprete e do reconhecimento dos potenciais e das limitações do sensor utilizado para a obtenção dos produtos fotogramétricos; e, fundamentalmente, (iii) em ser apoiado por levantamentos geodésicos que, por terem alta precisão posicional

---

<sup>40</sup> Quando pontos comuns a duas ou mais parcelas apresentam o mesmo valor de posição.

absoluta, podem ser utilizados para caracterizar geodesicamente os pontos que definem unicamente os limites das parcelas cadastrais, bem como a representação de feições naturais ou artificiais identificadas nas fotografias.

A identificação dos vértices (leitura de coordenadas  $x,y$ ) e os limites das parcelas cadastrais na ordem de grandeza ( $> 0,10$  m) permitirão realizar os cálculos de áreas do polígono, garantindo assim o atendimento à determinação de ordem métrica do Código Civil (art. 500).

## 5.6 COMPOSIÇÃO DE SISTEMA CADASTRAL MULTIFINALITÁRIO PARA REGULARIZAÇÃO FUNDIÁRIA PLENA

Estudos em uma bacia hidrográfica permitem analisar a informação georreferenciada de forma contextualizada com os demais elementos e objetos, ampliando o conceito de informação. A terminologia utilizada passa a ser a de informação geográfica.

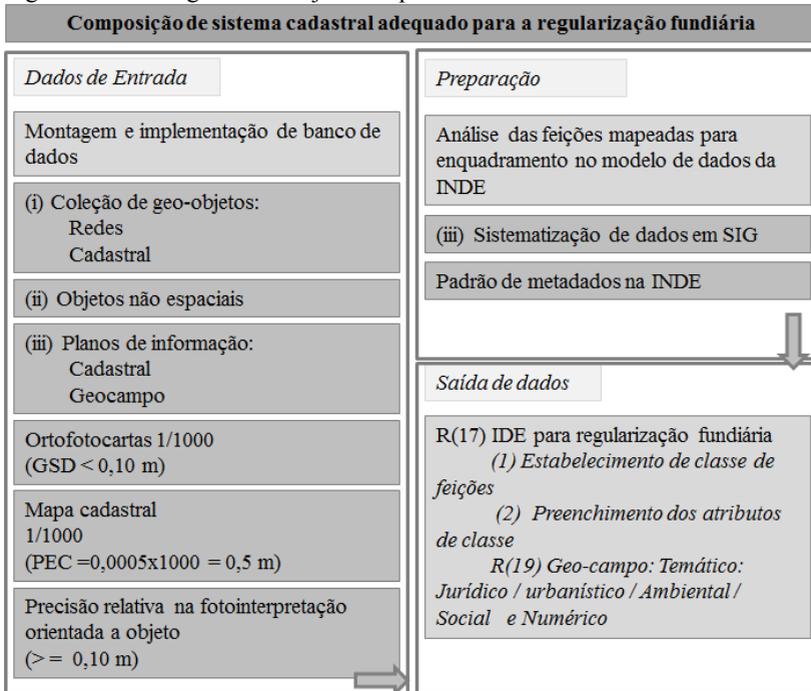
A informação geográfica é registrada e apresentada por meio de um conjunto de elementos pertinentes à linguagem cartográfica (sinais gráficos convencionados, sistemas de referência e projeção, topologias de banco de dados geográficos), dispostos por meio de modelos cartográficos de representação. Quando a informação geográfica é representada em escala cadastral, têm-se as bases gráficas para a construção de um cadastro técnico. Um cadastro técnico, quando alimentado com dados de temas diversos, passa a ter função multifinalitária.

Um sistema cadastral para a regularização fundiária demanda o estabelecimento de topologias de banco de dados geográficos contendo informações espaciais e alfanuméricas e níveis de informação compatíveis com as demandas e as aplicações. Esse sistema permite o fornecimento de informações confiáveis e completas sobre a situação da terra, nos aspectos relacionados ao meio ambiente (gestão de áreas legalmente protegidas – reserva legal/APP); urbanos (infraestrutura – saneamento, sistema rodoviário etc.); serviços públicos; gestão de áreas de risco (alagamentos, deslizamentos etc.); aspectos jurídicos (aperfeiçoamento da proteção de direitos territoriais, mercado do solo urbano, gerenciamento territorial); aspectos sociais (capital social, segurança social, transferência de riqueza, inclusão social – por meio do

acesso ao mercado formal de terras); aspectos econômicos (valorização econômica do imóvel, desenvolvimento econômico); e métrico (capacidade de atender ao art. 500 do Código Civil). Esses dados são organizados de forma sistemática em uma estrutura de informações e modelos de dados espaciais (base cartográfica, cadastro utilizando coordenadas dos vértices, conjunto de metadados e atributos das feições de determinado tema ou categoria temática). Essa definição possibilita análises multifinalitárias integradas a partir de informações geográficas, mediante o uso de programas computacionais por meio da construção de SIG.

O grau de detalhamento e a demanda do usuário exigirão a sistematização das feições mapeadas, a definição da relação entre as *feições* com as *categorias*, as *classes*, as *subclasses* e os *atributos* dos objetos e, por ventura, o estabelecimento de novas *classes*, *atributos* e *domínios* (DORNELLES; IESCHECK, 2013).

O município de Joinville (SC) dispõe de uma série de outros mapeamentos temáticos, produzidos nos parâmetros do SCN, e podem integrar-se ao sistema cadastral, ampliando a capacidade de análise para a tomada de decisão: *geológico*, *solos*, *topográfico*, *uso e ocupação do solo*, *riscos de erosão*, *serviços urbanos*, *saúde*, *licenciamentos ambientais*, *gerenciamento de resíduos sólidos*, *tributário etc.* (Figura 41).

Figura 41 – Fluxograma do objetivo específico *e*

### 5.6.1 Parâmetros técnicos – topológicos, geográficos e temáticos – para composição de sistema cadastral para a regularização fundiária

Os principais sistemas cadastrais existentes no mundo adotam a parcela cadastral como unidade mínima básica para o cadastro. Esses sistemas devem representar a relação legalmente estabelecida entre pessoas (proprietário, posseiro ou ocupante) e a terra e fornecer uma base para a construção dos perfis nacionais e regionais, permitindo a combinação de informações da administração da terra oriundas de diferentes fontes de uma forma coerente.

Segundo a proposta da ISO 19152:2012, o modelo conceitual deve compor minimamente quatro componentes básicas relacionadas entre si: (i) partes operantes (pessoas e organizações); (ii) unidades administrativas básicas, direitos, responsabilidades e restrições (direito de propriedade); (iii) unidades espaciais (parcelas, e o espaço legal de

edifícios e redes de serviços públicos); e (iv) fontes espaciais e representações espaciais (geometria e topologia).

Os trabalhos de Câmara (2005) buscam representar dados geográficos em ambiente digital, descrevendo sua variação no espaço (absoluto ou relativo) e no tempo. Em seus estudos, a arquitetura de representação no modelo é *orientada a objetos* e apresenta uma versão unificada dos dados geográficos, com base nos conceitos de *geocampo*, *geo-objetos* e *rede*.

A partir dos dois modelos formais, propostos pela ISO 19152:2012 e por Câmara (2005), as entidades geográficas no espaço absoluto são: *geocampo* e *geo-objeto*.<sup>41</sup>

A diferença essencial entre um *geocampo* e um *geo-objeto* é o papel da fronteira, relacionada à capacidade de mensuração dos atributos. O *geocampo* pode ser dividido segundo cada atributo que o compõe e ainda assim manter sua propriedade essencial, função do atributo. O *geo-objeto* depende de um código único identificador, mas permite o agrupamento daqueles que possuem o mesmo conjunto de atributos – *coleção de geo-objetos*.

O modelo de *redes* concebe o espaço geográfico como um conjunto de pontos no espaço (nós), conectados por linhas (arcos). Tanto os arcos quanto os nós possuem atributos. Os fenômenos modelados por redes incluem fluxo de pessoas ou materiais, conexões de influência, linhas de comunicação e acessibilidade (CÂMARA; MEDEIROS, 1998).

A entidade básica é o banco de dados geográfico. Esse banco é composto de *planos de informação (layers)* e *objetos não espaciais*.<sup>42</sup> Os *planos de informação* são generalizações dos conceitos de *geocampo*

---

<sup>41</sup> Geocampo e geo-objeto. O primeiro é a representação da distribuição espacial de uma variável que possui valores em todos os pontos pertencentes a uma região geográfica, em um dado tempo *t*, a exemplo: tipo de solo, vegetação, relevo etc. Eles são representados graficamente por TIN, isolinhas, subdivisão planar, tesselação e amostras. O segundo é uma entidade geográfica singular e indivisível, caracterizada por sua identidade, suas fronteiras e seus atributos, a exemplo: edificações, ruas, árvores, postes, rios etc. São representados graficamente por geometria, a exemplo: árvores (ponto), meio-fio (linha) e edificação (polígono); e topologia, a exemplo: cruzamento (nó de rede), trecho de esgoto (arco unidirecional) e tubulação de água (arco bidirecional) (SILVA et al., 2005).

<sup>42</sup> Informação descritiva (nomes, números, tabelas e textos) relacionada com um único objeto, elemento, entidade gráfica ou um conjunto deles.

e *geo-objeto*. Representam o lugar geométrico de um conjunto de dados geográficos, contêm informações referentes a uma localização no espaço e têm um identificador único. O *geocampo* é subdividido em temático e numérico. O sistema cadastral demanda ainda a associação de dados – os *objetos não espaciais*.

A concepção de um banco de dados para a composição do sistema cadastral multifinalitário para a regularização fundiária cria classe *cadastral* (A), derivada de *geo-objeto*. Essa *classe* pode ser especializada e é representada por entidades *vetoriais*, *matriciais* e *alfanuméricas*. Na representação vetorial a topologia define as relações invariantes à rotação, à translação e à escala entre as entidades gráficas no mapa, como adjacências, proximidade e pertinência.

O modelo conceitual de um banco de dados geográficos para a regularização fundiária está representado na Figura 42 e fica assim estabelecido: (A) a *coleção de geo-objeto* da classe *cadastro urbano* são dados produzidos em escala 1/1.000 (PEC Classe A), referenciados espacialmente, dentro dos parâmetros da IDE; (B) a vinculação entre os *geo-objetos* e os *objetos não espaciais* (as informações alfanuméricas – cadastro de propriedade etc.) é referenciada por meio de um identificador único, mantendo as relações topológicas.

O mapa cadastral contém (C) os mapeamentos dos *geo-objetos* da classe *estrutura fundiária*, composta de *glebas urbanas regulares e irregulares*; (D) *equipamentos públicos*; (E) *drenagem*; e (F) *hidrografia* e demais elementos representados por (G) “(...)”, que compõem um cadastro multifinalitário. Essa classe é subdividida em (Z) *parcelas regulares*, (N) *parcelas irregulares* e (O) *área de ocupação espontânea*. Para cada uma das especializações são criadas *classes derivadas*. Na especialização *geocampo* têm-se as classes: (H) *temática* e (I) *numérica* (grade retangular, triangular), ambas são alimentadas pela classe (J) *sensoriamento remoto*, que contém os dados matriciais com  $GSD < 0,10$  m ou menor.

A especialização da classe *Cadastral* na classe (K) *Rede* conta com as redes da classe (L) *elétrica, água, esgoto, transporte coletivo* e (M) demais “(...)”, que possam vir a compor as redes de infraestrutura e criar elementos para auxiliar o viés urbano e social da regularização fundiária.

Ao estabelecer a classe (C) *Estrutura fundiária – Glebas urbanas irregulares*, essa apresenta como subespecialização os *geo-objetos* (N) *Parcelas irregulares* e (O) *Área de ocupação espontânea*. Na

especialização *Cadastral* (A), que define o mapeamento cadastral para os objetos da classe *cadastro urbano* (A) e suas especializações, apresenta-se uma classe de (P) *Mapa de propriedade*.

A importância atribuída à classe (P) *Mapa de propriedade* deve criar as condições para a vinculação das informações cadastrais contidas geralmente no setor de cadastro das prefeituras, com as informações cadastrais contidas no RI. Essa classe é importante dada a incompatibilidade entre os limites de posse, materializados e identificados pelo método fotogramétrico, e os limites de propriedade, registrados no RI.

Na especialização de (H) *Temático* apresentam-se as classes (Q) *urbanístico*, (R) *jurídico*, (S) *ambiental* e (T) *social*, cujas instâncias contêm os mapas temáticos (U) *infraestrutura e serviços públicos; áreas de risco; mapas de solo* (cobertura e uso do solo, cobertura pedológica), *mapa de propriedade, restrições ambientais, reserva legal e APP, capital e segurança social, desenvolvimento social e econômico*, respectivamente.

A classe (V) MDT contém *Altimetria* e *Declividade*, cujas instâncias guardam, respectivamente, a *topografia* e a *declividade* da *Área irregular*; e, por fim, na especialização de (J) *sensoriamento remoto*, instâncias contêm dados relativos às imagens de *sensores fotogramétricos*. Na classe MDT, dados de altimetria permitem a composição de mapas topográficos, declividade e representação tridimensional (em combinação com outras variáveis).

Na classe (J) *sensoriamento remoto*, as características importantes das imagens produzidas por sensores fotogramétricos são (X) *Resolução espacial* (a menor área da superfície terrestre observada instantaneamente por sensor), que contém os dados matriciais com GSD < 0,10 m ou menor e *resolução temporal* (o intervalo de imageamento do mesmo ponto pelo sensor).

No SIG construído utilizando-se do sistema comercial ARCVIEW, os atributos *não espaciais* são relacionados com os objetos. O ARCVIEW permite armazenar e relacionar as entidades gráficas (geometrias) com as alfanuméricas no chamado *sistema dual* e conta com gerenciadores de banco de dados (SGBD). Esse sistema funciona de maneira independente do *software*, armazenando os dados em arquivos, nos discos rígidos, e carregando-os em memória para a sua manipulação (CÂMARA; MEDEIROS, 1998).

No *sistema dual relacional*, os dados são organizados em tabelas (tabela de atributos). Nessa tabela, as linhas e as colunas correspondem aos dados e aos atributos, respectivamente. Para cada entidade gráfica inserida no sistema (parcela) é imposto um *identificador único* ou *rótulo*, permitindo a ligação dos dados *não espaciais* (alfanuméricos) com os *espaciais* (geometrias).

Um mapa produzido em escala cadastral de uma *área irregular* contará com  $N$  atributos, registrados no campo ou na coluna da tabela de atributos, que permitirão utilizar o sistema para leitura e análises multifinalitárias relacionadas à parcela cadastral, entre elas: identificação do posseiro/proprietário, de equipamentos de serviços públicos, de valor da parcela, de benfeitorias, de metragem etc.

Durante o processo, o identificador ou rótulo poderá inicialmente ser atribuído de forma aleatória e sequencial. A área, uma vez estando regularizada, deverá compatibilizar o *rótulo* idêntico ao *código identificador* sequencial e único, utilizados nos setores de finanças e no cadastro das prefeituras.

No sistema comercial ARCVIEW, os metadados são descritos em *arccatalog/item description* e utilizado o estilo ISO 19139, bastando, para tanto, selecioná-lo como padrão.

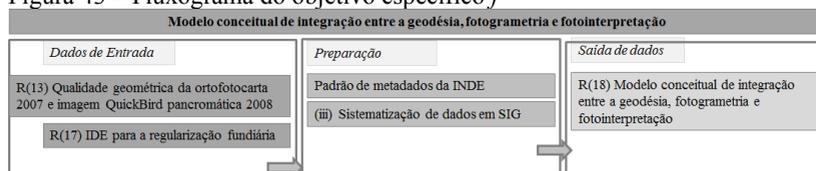




## 5.6.2 Modelo conceitual de integração entre a geodésia, a fotogrametria e a fotointerpretação para a construção de sistema cadastral multifinalitário

De posse dos resultados de qualidade geométrica das ortofotocartas 2007 (R13) e da IDE proposta para regularização fundiária (R17), é possível propor o modelo conceitual de integração entre a geodésia, a fotogrametria e a fotointerpretação adequado para a regularização fundiária plena. A figura a seguir descreve o fluxograma do objetivo específico *f*.

Figura 43 – Fluxograma do objetivo específico *f*



A rede fundamental (RBMC e RRNN/IBGE), implantada por GPS a partir da rede que compõe o Sistema Geodésico Brasileiro, apresenta qualidade das medições variando entre 0,01 m e 0,03 m (IBGE, 2016). Ao utilizá-la para a implantação da Rede de Referência Cadastral Municipal, também executada por posicionamento GPS, passa a ser ajustada de modo hierárquico à Rede Fundamental e, ao ser considerada isenta de erros, deve, por consequência, atingir precisão relativa melhor que 0,03 m.

Para o estabelecimento da IDE para a regularização fundiária, o modelo proposto apresenta os produtos fotogramétricos – cartas topográficas e ortofotocartas digitais – produzidos dentro dos parâmetros de precisão, vinculados à RBMC e à RRNN/IBGE, e da Rede de Referência Cadastral Municipal.

A implantação da base de dados deve estar de acordo com o modelo de dados e o padrão de metadados proposto, estabelecidos para a Inde e que confirmem sua aplicabilidade para escalas grandes (1/1.000) e sua adequabilidade para a regularização fundiária. Devem estar integrados à IDE e ao SCN, permitindo a cada usuário a garantia de acesso às informações com qualidade posicional, topológica e temporal.

A escala sugerida de 1/1.000 com PEC Classe A e ortofotocartas digitais com resolução espacial com  $GSD < 0,10$  m são os parâmetros geométricos mínimos que devem ser resguardados para atender ao Código Civil (art. 500). A utilização de cartografia digital compatível com escala 1/1.000 é a base gráfica que permitirá a sistematização e a vinculação dos dados. Esses produtos permitirão a delimitação das parcelas com precisão adequada para atender à legislação e para servir de base para a interligação com o RI, processo esse que atende ao conceito internacional de cadastro, estabelecido pela FIG.

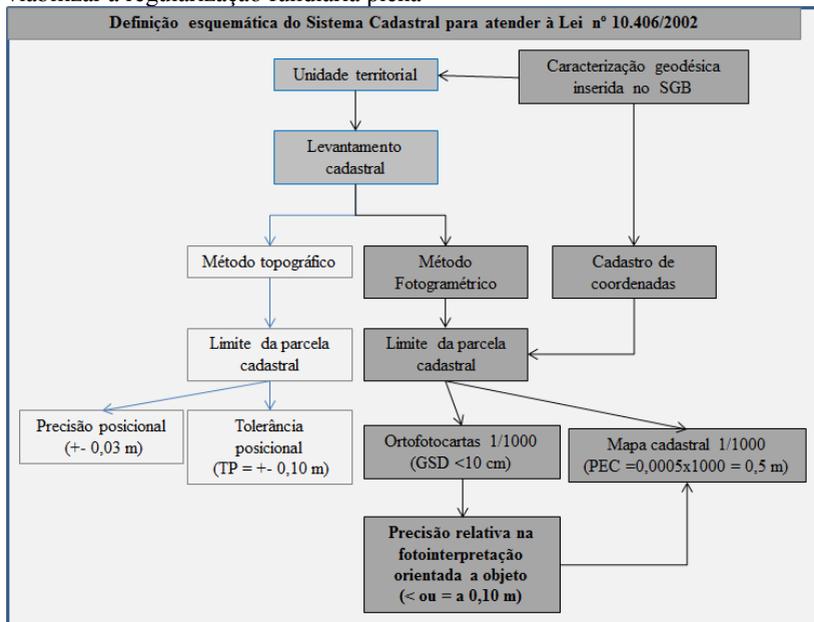
Esses parâmetros devem ser fundamentalmente validados a partir de testes de qualidade geométrica dos produtos, demandando, para tanto, PCT com qualidade superior ao produto analisado (com alta precisão posicional absoluta e isentos de erros), levantados por método geodésico.

Conforme apresentado, essas imagens permitem, a partir da fotointerpretação orientada ao objeto, uma precisão posicional relativa, análises correlacionadas e a identificação de objetos em ordem de grandeza ainda maior.

A resolução temporal em intervalos aproximados de 10 anos (intervalo da série histórica) visa atender à demanda de revisão de planos diretores, segundo a Lei n. 10.257/2001.

O gráfico a seguir sistematiza o método fotogramétrico, sugerido como padrão de levantamento, comparado com o método topográfico. Nele é possível perceber que os dados obtidos a partir de método fotogramétrico são produzidos diretamente vinculados à rede geodésica do SGB. O mesmo não ocorre para métodos topográficos, visto que, podendo ser desvinculados da rede geodésica nacional, sua prática pode incorrer em erros de posicionamento ao serem estabelecidos planos topográficos locais (Figura 44).

Figura 44 – Modelo conceitual de integração entre a geodésia, a fotogrametria e a fotointerpretação no sistema cadastral para atender ao Código Civil e viabilizar a regularização fundiária plena





## 6 CONCLUSÕES DA PESQUISA

Aqui são apresentadas as conclusões da pesquisa, as quais estão organizadas de modo a responder às hipóteses apresentadas e aos objetivos específicos.

### 6.1 REFERENTES ÀS HIPÓTESES APRESENTADAS

A hipótese de que a integração de métodos (geodésia, fotogrametria e fotointerpretação) para o levantamento cadastral e topográfico de glebas pudesse legitimar juridicamente os procedimentos de regularização fundiária foi confirmada. Métodos de monitoramento da paisagem (forma cultural da ocupação territorial e aptidão à urbanização) e o estabelecimento de níveis de informação e parâmetros correlatos baseados no uso de imagens provaram que a proposta atende adequadamente aos procedimentos da regularização fundiária plena em áreas urbanas e rurais.

A regularização fundiária por seu caráter interdisciplinar envolve temas correlacionados entre questões urbanísticas, jurídicas, ambientais, econômicas e sociais e carece de ferramentas de sistematização das informações que possam apresentar respostas igualmente seguras e eficientes ao gestor público e ao autor de antropização do meio.

Ao propor uma metodologia que pudesse estabelecer os parâmetros para a regularização fundiária plena a partir da composição de sistema cadastral multifinalitário, deparou-se com pesquisas de temas isolados e com a carência de estudos correlacionados, demonstrando a relevância da pesquisa. O estado da arte demonstrou que pesquisas que integram a geodésia, a fotogrametria e a fotointerpretação com aplicações no campo da regularização fundiária são inéditas e que o uso do CTM em sistemas cadastrais na regularização fundiária é incipiente.

Nesse sentido, as contribuições científicas deste trabalho são (i) gerar subsídios tecnológicos e técnicos para a reformulação das políticas públicas de regularização fundiária, ordenamento e planejamento territorial; (ii) apontar uma solução com fundamentação tecnológica para otimizar procedimentos; (iii) trazer seguridade jurídica para os procedimentos; e (iv) viabilizar a governança com transparência pública na gestão pública brasileira.

## 6.2 REFERENTES AOS MATERIAIS E AO MÉTODO DE PESQUISA

Devido ao histórico de pesquisas e à relação, por meio de convênio, com a Prefeitura de Joinville (SC), tanto o LabFSG quanto a Prefeitura absorveram a proposta e as demandas decorrentes da pesquisa. O LabFSG dispunha de adequada estrutura física (computadores e *softwares*), além de grande parte dos dados utilizados nesta pesquisa. Aqueles indisponíveis foram facilmente acessados.

Tanto o método quanto o recorte espacial mostraram-se adequados para pesquisas com caráter *social aplicada* e deram conta de absorver o seu caráter multidisciplinar e tecnológico. A pesquisa fez incursões nas Ciências Sociais e nas Ciências Exatas e da Terra. A pesquisa documental e as entrevistas semiestruturadas permitiram enquadrar a realidade brasileira em contexto internacional; e as pesquisas de levantamento envolvendo geodésia, fotogrametria e fotointerpretação permitiram validar os produtos cartográficos, cumprindo assim a proposta. A fundamentação teórica desenvolveu alto nível de conhecimento no pesquisador e permitiu compreender os temas fundamentais envolvidos na pesquisa.

O município de Joinville (SC) possui um corpo técnico qualificado, distinto da realidade brasileira e atento às inovações tecnológicas. O acúmulo de informações cadastrais e a estruturação do sistema cadastral vêm sendo construídos há pelo menos três décadas, estabelecendo as bases para no futuro o cadastro tornar-se multifinalitário. Os resultados desta pesquisa disponibilizam ao município mais um conjunto de informações cadastrais e, principalmente, validaram a aplicabilidade do cadastro do município para a regularização fundiária. Trata-se de uma quebra de paradigma porque demonstra que, uma vez adequado à regularização fundiária, o cadastro pode ser utilizado para o saneamento e a abertura de títulos de propriedade e a adequada vinculação desses com o RI, tornando-se assim efetivamente multifinalitário.

A disponibilização de grande parte dos dados ao público usuário e ao cidadão por meio de plataforma digital (Singeo) permitiu reconhecer a importância que a municipalidade dá às informações cadastrais, ao uso do cadastro em boa parte das esferas da administração municipal, ao desenvolvimento dos princípios de transparência pública

e, principalmente, à construção de uma cultura cadastral que passa pelo envolvimento da sociedade civil.

Joinville (SC) deve hoje ser considerado um dos municípios de referência no Brasil no que se refere à produção e à sistematização de informações cadastrais e encontra-se em nível de qualidade compatível com os padrões internacionais de países desenvolvidos.

Ao longo dos quatro anos da pesquisa (2012-2016), houve a possibilidade de inscrevê-la em três distintos editais de fomento (Capes e CNPq), dois deles, aprovados, subsidiaram financeiramente os custos operacionais da pesquisa, a integração e a cooperação de pesquisadores internacionais, os quais contribuíram e validaram a pertinência da proposta e os resultados apresentados. Esses editais criaram as condições para a internacionalização e a divulgação dos resultados à comunidade científica, o que reforça a importância dos investimentos públicos em pesquisa científica para o desenvolvimento do país.

### 6.3 REFERENTES AO ESTÁGIO DE DESENVOLVIMENTO CADASTRAL BRASILEIRO

A pesquisa mostrou o estágio de desenvolvimento e sistematização das informações cadastrais sobre o território em países referência como Alemanha. Este país apresenta uma das situações mais estabelecidas no desenvolvimento das informações cadastrais em termos mundiais e demonstra que a cultura cartográfica e cadastral passa pela consolidação de instituições adequadas à produção e à manutenção de dados com qualidade e que permitam registrar informações seguras e confiáveis sobre o território de interesse.

A Alemanha, ao longo de seu processo histórico de desenvolvimento do cadastro, externou no século XIX a necessidade de implantar uma legislação cadastral e mapear todo o território. Atualmente, os registros de propriedade e os registros descritivos contêm o tamanho, a localização e a atividade econômica de todas as parcelas e apresentam características multifinalitárias, ou seja, contêm informações vinculadas às parcelas que apoiam todo o processo de planejamento e gestão do território.

O mapeamento de todo o território partiu de escalas grandes e evoluiu ao longo do tempo. A Alemanha encontra-se atualmente no estágio de ter levantados todos os vértices das propriedades com coordenadas geodésicas absolutas, estando esses materializados. Isso

significa que os procedimentos contêm regras técnicas baseadas na fotogrametria, na cartografia e no SIG; e os recursos tecnológicos atualmente disponíveis, como, por exemplo, o sensoriamento remoto, não são utilizados diretamente para levantamento cadastral, mas sim para fornecer informações que complementem sua função multifinalitária. Essa realidade se dá fundamentalmente pelo processo progressivo de mapeamento e pelo histórico de preservação de marcos. Ao praticar os mapeamentos na escala 1/1.000 em áreas rurais e 1/500 em áreas urbanas, garante a exatidão centimétrica do cadastro; e o histórico de preservação dos marcos garante uma densa e consistente rede geodésica.

A Alemanha, sem dúvida, se distingue quando comparada com o caso brasileiro. As cinco premissas que fundamentam a produção cartográfica, destacadas nesta pesquisa (p. 138), elucidam uma cultura cadastral como um serviço essencial ao cidadão. Apoiados em uma sólida estrutura legal e institucionalmente pública (os escritórios cadastrais) composta de um corpo técnico qualificado, os trabalhos de geoinformação são descentralizados com escritório em cada estado. Esses seguem os padrões nacionalmente estabelecidos, em consonância com os parâmetros estabelecidos para a EU (diretivas INSPIRE). Essa conjuntura garante a sua continuidade, não estando condicionada aos interesses de gestores públicos e políticas públicas temporais e, principalmente, faz da Alemanha um país onde não há conflitos fundiários ou divergências entre os limites de posse e legais.

Da experiência alemã que pode ser reportada ao Brasil, cita-se, em igual grau de importância, a necessidade de normatização nacional para a produção do cadastro, a qualificação profissional e a institucionalização descentralizada da produção do mapeamento sistemático em escalas superiores a 1/25.000 para escritórios estaduais, com uma estrutura equivalente, como ocorre hoje no IBGE, para as escalas 1/100.000 até 1/25.000 e com capacidade técnica para apoiar a produção cadastral municipal nas escalas 1/1.000 ou maior.

Em nível intermediário, na ocorrência de problemas fundiários e na busca por soluções, foi pesquisada a realidade de Portugal. As características do processo de crescimento e expansão urbanos, depois da independência das colônias africanas (anos 1970), são similares ao caso brasileiro, pois promoveram um intenso fluxo migratório, um rápido crescimento urbano e o incremento de mais de 40% nas áreas irregulares.

Esse incremento nas áreas irregulares culminou com a aprovação da Lei das AUGI e a implantação, pelas câmaras municipais, de gabinetes responsáveis (GABIP – AUGI) por abordar com efetividade a questão. Diferentemente do caso brasileiro, atualmente todas as políticas de regularização fundiária em Portugal são institucionalmente estabelecidas, respaldadas por legislação específica e desenvolvidas em diferentes níveis de detalhamento, alinhadas às políticas de ordenamento territorial até o Plano Pormenor.

Portugal está inserido no contexto da UE, vê-se incentivado a reformular e adequar suas informações cadastrais, criar conjuntos de dados geográficos, adequando-os aos padrões da INSPIRE, e desenvolver um aparato institucional e legal para as políticas de ordenamento territorial e regularização fundiária.

A cartografia portuguesa tem sido construída sobre bases sólidas e está adequada aos padrões internacionais e tecnológicos. Atualmente, 100% do território português conta com cobertura fotogramétrica e mapeamento em escala 1/10.000, devidamente homologado pelo órgão federal competente (DGT e IGeoE) e disponível a todas as câmaras municipais. Nelas há corpo técnico qualificado para a manipulação das informações geoespaciais, mas as municipalidades não possuem autonomia para a produção cartográfica cadastral. O que se observou é que as municipalidades detêm volumosos dados cadastrais que não podem ser oficializados e disponibilizados ao cidadão.

Diferentemente do caso brasileiro, que transfere a responsabilidade da cartografia sistemática em escalas superiores a 1/25.000 aos municípios, o mapeamento em Portugal é de responsabilidade e regulação de DGT e IGeoE. Esses órgãos atuam de modo centralizado e são responsáveis pela produção e pela homologação dos produtos a serem disponibilizados aos municípios. Esse procedimento tem causado morosidade ao desenvolvimento da cartografia portuguesa, acarretando problemas em toda a cadeia produtiva, incluindo o cadastro. Esse fator demonstra que o modelo descentralizado do caso brasileiro é mais adequado, carecendo, no entanto, de normatização e padronização das decisões tomadas no órgão colegiado da Concar, além de institucionalização e qualificação do corpo técnico das prefeituras.

A Concar como órgão central deve responsabilizar-se pelo treinamento de profissionais nas prefeituras, buscando, para tanto, a

integração com as universidades que têm cursos especializados nesse campo do conhecimento.

#### 6.4 REFERENTES AO MONITORAMENTO PELO MÉTODO DE MAXVER VS. FOTOINTERPRETAÇÃO ORIENTADA AO OBJETO

Utilizando dados de sensoriamento remoto, em diferentes datas e escalas, puderam-se obter informações de ordem quantitativa e qualitativa sobre a área de estudo. A resolução espacial, a precisão e a acurácia dos diferentes produtos propiciaram uma qualidade temática adequada aos temas propostos na etapa de monitoramento, a saber: mapas de uso e cobertura do solo e mapa de restrições ambientais e APP.

O monitoramento da paisagem utilizando fotografias aéreas somente é possível quando há um histórico de datas que permitam proceder com análises regressivas do processo de ocupação territorial. Essa identificação subsidia o reconhecimento da cadeia dominial e garante a referência para as relações topológicas de vizinhança e os confrontantes entre as glebas. Para a regularização fundiária, é de suma importância a identificação da estrutura fundiária original. O método de monitoramento e o de análise regressiva mostraram ser eficazes, permitindo a restituição dessa estrutura. O resultado trata-se de uma importante informação técnica porque subsidia o cumprimento do art. 500 do Código Civil.

A classificação supervisionada, realizada pelo método Maxver utilizando imagens de média resolução, demonstrou ser eficaz para áreas urbanizadas apenas quando se tomam como verdade dados previamente fotointerpretados em imagens de alta resolução e/ou um número significativo de pontos amostrais levantados em campo. A resposta do sensor para áreas urbanizadas não é muito eficaz quando comparado com o método de fotointerpretação orientado a objeto. Este segundo método mostrou ser um recurso adequado, principalmente quando se trata de áreas com grande detalhe de informações a serem interpretadas, a exemplo de áreas urbanizadas.

A fotointerpretação criou as condições para o monitoramento a partir do embasamento técnico e histórico da ocupação territorial. Objetivou identificar o lapso temporal da ocupação para o adequado enquadramento dessa aos parâmetros da legislação, a saber: o *tempo de posse*, para o atendimento do art. 1.238, do art. 1.242 e do art. 1.240 do

Código Civil; e principalmente quando se trata das questões ambientais e suas restrições previstas na legislação.

As análises de aptidão à urbanização com base na pedogênese do solo permitiram identificar restrições ambientais ao uso e à cobertura do solo e de APP. A cobertura pedológica disponibilizada pelo município pôde ser detalhada a partir da interpretação estereoscópica das fotografias aéreas do ano de 1957, apoiada pela cartografia cadastral, mostrando ser, a combinação entre os produtos e o método, um recurso adequado para tal finalidade, pois os trabalhos de campo confirmaram todas as unidades pedológicas interpretadas.

## 6.5 REFERENTES AO USO DO MÉTODO FOTOGRAMÉTRICO PARA A CONSTRUÇÃO DE SISTEMA CADASTRAL PARA A REGULARIZAÇÃO FUNDIÁRIA

Cartografia de qualidade é aquela que atente às demandas do usuário. Dentro dessa premissa, o método fotogramétrico mostrou-se suficientemente adequado e consistente para a produção de dados quantitativos e qualitativos para as ações de regularização fundiária.

O método fotogramétrico produz dados que permitem estabelecer o sistema cadastral multifinalitário com os parâmetros cadastrais métricos (cartografia em escala cadastral, cadastro técnico e estrutura de dados espaciais), adequados para suportar os processos judiciais da regularização fundiária plena.

Os resultados obtidos, a saber: R(5) restituição da estrutura fundiária original, ano 1957; R(6) restituição da hidrografia original; R(7) descrição do processo de antropização e caracterização da forma cultural da ocupação territorial; R(8) classificação do uso e de cobertura do solo; R (9) cobertura pedológica; R(10) geomorfologia da paisagem; R(11) reserva legal/APP (leito de rio/manguezal/declividade/restinga); e R(12) aptidão espacial à urbanização com base na cobertura pedológica e em APP, são os níveis de informação necessários para compor o sistema cadastral para a regularização fundiária. Esses níveis de informação foram desenvolvidos dentro dos parâmetros de qualidade da ISO, nos padrões da Inde estabelecidos pela Concar, e compõem o SCN. O sistema de referência, a linhagem, a categoria temática e a resolução espacial foram as entidades mínimas consideradas para a composição do perfil MGB, permitindo a compatibilidade entre os dados que podem ser

facilmente incorporados pelo atual sistema cadastral do município de Joinville (SC).

O dado cartográfico de referência para aferição da qualidade da exatidão posicional foi a ortofotocarta de 2007.

Os testes de qualidade utilizando-se de ajustamento e 2ª ordem polinomial, os testes de detecção de tendências (T-de Student) e a análise estatística de precisão (qui-quadrado), realizados a partir de pontos com alta precisão posicional absoluta (conjunto de 17 pontos geodésicos levantados pelo autor), confirmaram a qualidade dos produtos. A partir dos resultados de RMS de 0,1374 m, os produtos fotogramétricos, ano 2007, apresentaram parâmetros adequados ao GSD mínimo de 0,10 m das ortofotos.

Esses produtos cartográficos, quando manipulados em sistema cadastral, combinando ainda restituição aerofotogramétrica escala 1/1.000 (classe A), produzida a partir do método fotogramétrico que originou igualmente as ortofotocartas, fornecem uma satisfatória precisão posicional relativa dos vértices que configuram as parcelas cadastrais.

Os testes realizados em glebas localizadas na porção norte e sul da área de estudo permitem concluir que o princípio da identificação dos limites da parcela cadastral pela interpretação orientada ao objeto (*chaves de interpretação/fotoexemplos*) e da extrapolação das características para os demais elementos contidos nas fotografias possibilitam análises correlacionadas e a determinação dos vértices das parcelas com precisão posicional relativa de 0,10 m ou melhor. Tal princípio atende satisfatoriamente aos estudos e às simulações já realizados por diversos autores que pesquisaram a precisão posicional relativa mínima necessária para os vértices que configuram uma parcela cadastral para atender ao art. 500 do Código Civil (posicional relativa de  $\sigma = \pm 0,08$  m).

Conclui-se, então, que produtos cartográficos produzidos com base em uma sólida e sistemática rede de referência cadastral nacional (RBMC), pontos fundamentais de 1ª ordem etc., são garantias de qualidade suficientes para proceder com a regularização fundiária. Nas ortofotocartas de 2007 é possível reconhecer os limites individuais das parcelas cadastrais quando inseridas em gleba, ou seja, a regularização individual e coletiva de parcelas cadastrais inseridas em contexto urbano.

Conclui-se, então, que, ao integrar a geodésia como princípio para a produção de dados cartográficos e cadastrais e como referência para análises e testes de qualidade dos produtos, a fotogrametria como método para a obtenção de produtos cartográficos sistematizados e padronizados e a fotointerpretação para análises correlacionadas entre os elementos para o resgate das informações históricas da área objeto de regularização, bem como integrar essas três ciências para subsidiar a construção de sistema cadastral, se constroem as informações fundamentais e necessárias para a regularização fundiária em atendimento à legislação brasileira, ou seja, se permite que o processo de regularização seja conclusivo, juridicamente seguro e tecnicamente consistente, criando as condições para a sua correta identificação e delimitação na Prefeitura e, a partir dessa delimitação, o seu registro no RI. Vale ressaltar que o sistema cadastral é aberto e deve responder à dinâmica urbana, ser permanentemente atualizado e alimentado nos mesmos padrões estabelecidos para a IDE, garantindo a completa integração entre os dados.

## 6.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Brasil é signatário de tratados internacionais, incorporou o conceito de regularização fundiária como mecanismo para a promoção do ordenamento territorial. O desenvolvimento e a aplicabilidade prática desse conceito esbarram na carência de informações sobre o território, que repercute no baixo desempenho de programas e projetos, bastando para tanto verificar a incapacidade de resolução dos conflitos fundiários nas áreas urbanas e rurais.

A pesquisa permitiu reconhecer que o Brasil é adepto e está permanentemente atualizado às novas tecnologias. Tem um sólido e atualizado aparato legal para práticas de boa governança, desenvolvimento econômico, social. Possui estrutura empresarial consolidada e qualificada tecnologicamente, com condições de absorver o mercado de produção de mapeamento cadastral.

Notou-se que esses fatores não são impeditivos para o efetivo desenvolvimento do cadastro no Brasil. As instituições públicas, nas três esferas de governo, precisam ser aperfeiçoadas e qualificadas no que concerne às questões tecnológicas, de normatização legal e institucional e necessitam aperfeiçoar os mecanismos de transparência pública e legal. As discussões sobre o papel do cadastro para essas práticas

precisam ser amplamente difundidas, cobradas e fiscalizadas para que se possa ter confiabilidade no sistema cadastral brasileiro.

### **6.6.1 Desenvolvimentos futuros e aplicações em outras áreas**

A pesquisa realizada teve como estudo de caso o município de Joinville (SC). Como mencionado, esse município vem ao longo de anos desenvolvendo uma proposta de sistema cadastral para a gestão territorial. Os resultados e os produtos aqui apresentados demonstram perfeita aderência ao sistema existente. No entanto, essa realidade não deve ser desencorajadora à realidade da grande maioria dos municípios brasileiros. É importante destacar que o trabalho aplica-se também a outras áreas. A viabilidade aqui apresentada pode ser exibida e utilizada em outros municípios.

As bases para a concepção de sistemas cadastrais em municípios onde não há a cultura cadastral devem partir da própria ISO 19152:2012. Em sua concepção, essa norma reconhece a heterogeneidade da realidade e os diferentes perfis de sistemas cadastrais e sugere uma concepção de estrutura para a construção dos perfis nacionais e regionais que permitam a combinação de informações da administração da terra oriundas de diferentes fontes.

O gargalo concentra-se fundamentalmente no reconhecimento de mecanismos de financiamento do cadastro por parte das prefeituras. No Brasil, embora as empresas privadas prestadoras de serviços de aerolevanteamento estejam atentas às rotinas e à sistematização de dados cadastrais, a estruturação administrativa (estrutura física e recursos humanos) deve ser tratada em igual grau de importância, pois é nessa instância que se justifica e consolida a informação em nível cadastral.

Os resultados satisfatórios do uso do método fotogramétrico para levantamento de informações cadastrais em áreas urbanas devem ser reconhecidos ao aprovar a lei de cadastro urbano, em discussão no Congresso Nacional e que até o presente momento trata-se de um projeto de lei suportado pela Portaria n. 511/2009, apenas de caráter orientador aos municípios brasileiros.

A Portaria não detalha os procedimentos técnicos; no entanto, esta pesquisa aponta as bases para a construção de um cadastro multifinalitário que vai desde a produção sistemática da informação, resguardando as premissas de qualidade, até seu uso temático, em especial nesta pesquisa para a regularização fundiária.

A partir do momento em que os municípios incorporarem o conceito de parcela cadastral como uma porção territorial com regime jurídico único, a prática do levantamento passará a ter a mesma concepção ao que ocorre hoje nas áreas rurais, ou seja, o método passará a ser aplicável a áreas urbanas e rurais, cobrindo assim todo o território municipal. A concepção da Lei n. 10.267/2001 seguiu essa premissa e guarda as particularidades com relação à precisão posicional dos vértices para atendimento ao art. 500 do Código Civil, estabelecida na própria legislação, que é de 0,50 m.

A importância dos resultados aqui apresentados contribui para a melhoria do cadastro brasileiro. Essa contribuição vai desde a produção sistemática de dados cadastrais e informações territoriais, cobrindo de forma includente todo o território municipal, o incentivo ao investimento público na produção de dados com qualidade para se terem funções multifinalitárias, passando até a estruturação de informações que podem ser utilizadas para a gestão territorial, elevando assim os níveis de governança pública.

Diante do apresentado, sugere-se que os resultados aqui apresentados possam contribuir para (i) a construção de uma visão de certificação do mapeamento por imagem na produção cadastral no Brasil, (ii) a composição de uma estrutura temática da Inde, específica para cadastro técnico; e (iii) o desenvolvimento e a aprovação de legislação para o cadastro urbano no Brasil.



## REFERÊNCIAS

ALFONSIN, B. de M. O significado do Estatuto da Cidade para os processos de regularização fundiária no Brasil. In: ROLNIK, Raquel et al. (Org). **Regularização fundiária plena**: referências conceituais. Brasília, DF: Ministério das Cidades, 2007.

ALMEIDA, K. R. de; ANTUNES, A. F. B.; BRANDALIZE, M. C. B. A methodology proposition on cadastral database for the purpose of land administration in areas of social concern. **Boletim de Ciências Geodésicas**, v. 17, n. 4, p. 586-604, 2011.

AMERICAN SOCIETY FOR PHOTOGRAMMETRY AND REMOTE SENSING. **Manual of Remote Sensing**. 2 ed. 1975.

\_\_\_\_\_. **Manual of Photographic Interpretation**. 2. ed. 1997.

ANDERSON, J. R. et al. A land use and land cover classification system for use with remote sensor data. **Geological Survey Professional Paper 964**, Washington, DC, 1976.

ANDRADE, J. B. **Fotogrametria**. Curitiba, PR: SBEEE, 2003. 198 p.

ANDRADE, J. B.; MITISHITA, E. A. Determinação do erro padrão das coordenadas dos vértices da poligonal que define uma área, em função do erro padrão admissível da área. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE CADASTRO TÉCNICO RURAL E URBANO, 1987, Curitiba.

ANGUITA, P. M. et al. **Planificación física y ordenación del territorio**. Madrid: Dykinson, 2006. 332 p.

ARIZA, F. J. L. **Calidad en la producción cartográfica**. 1. ed. Madrid, Espanha: Ra-Ma, 2002. 389 p.

\_\_\_\_\_. **Calidad en datos catastrales**. Curso *on-line* realizado em março de 2016.

ARTIMO, K. The bridge between cartographic and geographic informations systems. In: MACEACHREN, A. M.; TAYLOR, D. R. F.

**Visualization in Modern Cartography.** New York: Elsevier Science, 1994. p. 45-62.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14.166 – Rede de Referência Cadastral Municipal – Procedimentos. Rio de Janeiro, 1998. 23 p.

BÄHR, P. **Analyse der geometrie auf photodetektion abgetasteter aufnahmen von erdkundungssatelliten.** Hannover: Wissenschaftliche Arbeiten der Lehrstühle für Photogrammetrie und Kartographie an der Technischen Univerität Hannover, 1976.

BÄHR, P.; VÖGTLE, T. **Gis for Environmental Monitoring.** Stuttgart: E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, 1999.

BARRY, M. Boundary Systems: Post Apartheid Urban Settlements in Cape Town. **Surveying and Land Information Science**, v. 67, n. 2, p. 75-86, 2007.

BATISTA, A. **Posse, possessória, usucapião e ação rescisórias:** Manual Teórico e Prático. 4. ed. São Paulo: Juarez de Oliveira, 2008.

BATTY, M.; HOWES, D. Predicting temporal patterns in urban development from remote imagery. In: DONNAY, J. P.; BARNESLEY, M. J.; LONGLEY, P. A. (Ed.). **Remote Sensing and Urban Analysis.** London: Taylor and Francis, 2001. p. 185-204.

BAZERMAN, M. H. **Processo decisório:** para cursos de Administração e Economia. 5. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004. 348 p.

BENGEL, M. **Grundbuch, Grundstuck, Grenze:** Handbuch zur Grundbuchordnung unter Berücksichtigung Katasterrechtlicher Fragen. Berlin: Luchterhang, 2000. 555 p.

BENNETT, R. et al. Cadastral futures: building a new vision for the nature and role cadastres. **International Federation of Surveyors**, June 2011. Disponível em:  
<[https://www.fig.net/resources/monthly\\_articles/2011/june\\_2011/june\\_2011\\_bennett\\_rjabifard\\_et\\_al.pdf](https://www.fig.net/resources/monthly_articles/2011/june_2011/june_2011_bennett_rjabifard_et_al.pdf)>. Acesso em: 24 mar. 2016.

BLASCHKE, T.; STROBL, J. What's wrong with pixels? Some recent developments interfacing remote sensing and GIS. **GIS- Zeitschrift für Geoinformationssysteme Geoinf**, v. 14, n. 6, p. 12-17, 2001.

BOCCO, G.; MENDOZA, M.; VELASQUEZ, A. Remote Sensing and GIS-based regional geomorphological mapping – a tool for land use planning in developing countries. **Geomorphology**, v. 39, n. 3, 2001.

BOTELHO, F. J. L. **Métodos de racionalização construtiva para posicionamento preciso de edificações prediais**. 125 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Geodésicas e Tecnologia de Geoinformação) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2003.

BRANDÃO, A. C. **O Princípio da Vizinhança Geodésica no levantamento cadastral**. 129 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, 2003.

BRASIL. Lei n. 4.771, de 15 de setembro de 1965. Brasília, 1965.  
Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L4771.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L4771.htm)>.  
Acesso em: 23 abr. 2012.

\_\_\_\_\_. Decreto-Lei n. 271, de 28 de fevereiro de 1967. Brasília, 1967.  
Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto-lei/del0271.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/del0271.htm)>. Acesso em: 20 jul. 2012.

\_\_\_\_\_. Lei n. 5.869, de 11 de janeiro de 1973. Brasília, 1973a.  
Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/15869.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/15869.htm)>.  
Acesso em: 23 abr. 2012.

\_\_\_\_\_. Lei n. 6.015, de 31 de dezembro de 1973. Brasília, 1973b.  
Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/16015.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/16015.htm)>.  
Acesso em: 23 abr. 2012.

\_\_\_\_\_. Lei n. 6.766, de 19 de dezembro de 1979. Brasília, 1979.  
Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/16766.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/16766.htm)>.  
Acesso em: 23 abr. 2012.

\_\_\_\_\_. Ministério da Fazenda. **Projeto CIATA – Manual do Cadastro Imobiliário**. Brasília, 1980.

\_\_\_\_\_. Lei n. 6.938, de 31 de agosto de 1981. Brasília, 1981.  
Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/16938.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/16938.htm)>.  
Acesso em: 19 jul. 2012.

\_\_\_\_\_. Decreto-Lei n. 89.817, de 20 de junho de 1984. Brasília, 1984.  
Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/1980-1989/D89817.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1980-1989/D89817.htm)>. Acesso em: 13 nov. 2011.

\_\_\_\_\_. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, 1988.

\_\_\_\_\_. Lei n. 7.803, de 18 de julho de 1989. Brasília, 1989. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/17803.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/17803.htm)>. Acesso em: 23 abr. 2012.

\_\_\_\_\_. Ministério da Ciência e Tecnologia. **Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais**. Brasília, 1997. Disponível em: <<http://www.inpe.br/>>. Acesso em: 25 ago. 2009.

\_\_\_\_\_. **Estatuto da Cidade**. Lei n. 10.257, de 10 de julho de 2001. Brasília, 2001. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/LEIS\\_2001/L10257.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/LEIS_2001/L10257.htm)>. Acesso em: 2 jul. 2009.

\_\_\_\_\_. **Estatuto da Cidade: guia para implementação pelos municípios e cidadãos**. 2. ed. Brasília: Câmara dos Deputados/Coordenação de Publicações, 2002a. Disponível em: <<http://www.senado.gov.br/sf/publicacoes/estatuto/estatutodacidade.pdf>>. Acesso em: 25 ago. 2009.

\_\_\_\_\_. **Código Civil**. Lei n. 10.406, de 10 de janeiro de 2002. Brasília, 2002b. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/2002/L10406.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/2002/L10406.htm)>. Acesso em: 25 ago. 2009.

\_\_\_\_\_. Lei n. 10.973, de 2 de dezembro de 2004. Brasília, 2004.  
Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2004-2006/2004/lei/l10.973.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/lei/l10.973.htm)>. Acesso em: 25 ago. 2009.

\_\_\_\_\_. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Programas Urbanos. **Reabilitação de Centros Urbanos**. Brasília, 2005a.

\_\_\_\_\_. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Programas Urbanos. **Regularização Fundiária**. Brasília, 2005b.

\_\_\_\_\_. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Programas Urbanos. **Plano Diretor Participativo**. Brasília, 2005c.

\_\_\_\_\_. Ministério da Integração Nacional. **Plano Plurianual, 2004-2007**. Brasília, 2006.

\_\_\_\_\_. Lei n. 11.481, de 31 de maio de 2007. Brasília, 2007.  
Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2007/Lei/L11481.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/Lei/L11481.htm)>. Acesso em: 19 jul. 2012.

\_\_\_\_\_. Decreto n. 6.666, de 27 de novembro de 2008. Brasília, 2008.  
Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2007-2010/2008/Decreto/D6666.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2008/Decreto/D6666.htm)>. Acesso em: 25 ago. 2016.

\_\_\_\_\_. Lei n. 11.977, de 7 de julho de 2009. Brasília, 2009a.  
Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2009/lei/l11977.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/l11977.htm)>. Acesso em: 23 abr. 2012.

\_\_\_\_\_. Portaria Ministerial n. 511, de 7 de dezembro de 2009.  
Diretrizes para criação, instituição do cadastro territorial Multifinalitário (CTM) nos municípios brasileiros. Brasília: DOU, 8 dez. 2009b.

\_\_\_\_\_. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Comissão Nacional de Cartografia – CONCAR. **Perfil de metadados geoespaciais do Brasil**: Perfil MGB, 2009. Brasília, 2009c. Disponível em:  
<[http://www.concar.ibge.gov.br/pdf/111@Perfil\\_MGB\\_homologado\\_no\\_v2009\\_v1.pdf](http://www.concar.ibge.gov.br/pdf/111@Perfil_MGB_homologado_no_v2009_v1.pdf)>. Acesso em: 23 set. 2016.

\_\_\_\_\_. Secretaria Nacional de Programas Urbanos. **Manual para Apresentação de Propostas**: Programa de Urbanização, Regularização e Integração de Assentamentos Precários. Brasília, 2011a. Disponível em:

<[http://www.cidades.gov.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=1188:sistematicas-2011&catid=70&Itemid=105](http://www.cidades.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=1188:sistematicas-2011&catid=70&Itemid=105)>. Acesso em: 16 fev. 2012.

\_\_\_\_\_. Ministério das Relações Exteriores. **Manual de Orientações Gerais sobre Inovação**. Projeto BRA/07/017 – Projeto de Promoção Comercial e Atração de Investimentos. Brasília: MRE, 2011b.

\_\_\_\_\_. Lei n. 12.651, de 25 de maio 2012. Brasília, 2012. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm)>. Acesso em: 23 jun. 2012.

\_\_\_\_\_; CONCAREB. **Especificação Técnica para a Aquisição de Dados Geoespaciais Vetoriais**: Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais. 2. ed. Brasília, 2011.

\_\_\_\_\_. Ministério da Defesa. Norma para Especificação Técnica para Produtos de Conjunto de Dados Geoespaciais (ET-PCDG). 2. ed. Brasília, 2016. Disponível em:

<[http://www.geoportal.eb.mil.br/images/PDF/ET\\_PCDG\\_2016\\_2a\\_Edicao\\_Aprovada\\_Publicada\\_BE\\_7\\_16.pdf](http://www.geoportal.eb.mil.br/images/PDF/ET_PCDG_2016_2a_Edicao_Aprovada_Publicada_BE_7_16.pdf)>. Acesso em: 23 set. 2016.

BURITY, E. F. **A carta cadastral urbana**: seleção de dados a partir da necessidade dos usuários. Dissertação (Mestrado em Engenharia Cartográfica) – Instituto Militar de Engenharia (IME), Rio de Janeiro, 1999.

ÇAĞDAŞ, V.; STUBKJÆR, E. Doctoral research on cadastral development. **Land Use Policy**, v. 26, n. 4, p. 869-889, 2009.

CÂMARA, G.; MEDEIROS, J. S. de M. **Princípios básicos em geoprocessamento**. In: ASSAD, E. D.; SANO, E. E. Sistema de Informações Geográficas: aplicações na Agricultura. 2. ed. Brasília: Embrapa/CPAC, 1998. 434 p.

CAPES. Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior. **Portal de Periódicos**. Brasília, 2014. Disponível em: <<http://www.periodicos.capes.gov.br>>. Acesso: 10 mai. 2014.

CASARIN, V.; OLIVEIRA, M. A. A.; LOCH, C. A importância do Cadastro Técnico Multifinalitário frente ao estatuto da cidade e plano diretor na busca pela justiça social. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO, 2006, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, Universidade Federal de Santa Catarina, 2006.

CENTENO, J. A. S. **Sensoriamento remoto e processamento digital de imagens**. Curitiba: Ed. UFPR, 2003. 210 p.

CHIAVENATO, I. **Introdução à Teoria Geral da Administração**. Rio de Janeiro: Campus, 2000.

CHIBAMBA, D.; LI, J.; ZHANG, L. Land Use Planning and the Yangtze Ecosystem (Wuhan Section): implications for sustainability. **Journal of Environmental Science and Technology**, v. 2, n. 1, p. 1-11, 2009.

CLOUTIER, L. **Climate Change and Conservation Challenge**. Working Papers. Lincoln Institute of Land Policy, 2010. 22 p.

CONFERÊNCIA DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE O MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. ONU. **Agenda 21**. Rio de Janeiro, 1992.

COSTA, R. A. O estudo geomorfológico como subsídio ao ordenamento territorial. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOGRAFIA, 2003, Uberlândia.

CREMER, M. J. O estuário da Baía da Babitonga. In: CREMER, M. J. et al. (Org.). **Diagnóstico ambiental da Baía da Babitonga**. Joinville: Univille, 2006. p. 15-19.

CRESWELL, J. W. **Projeto de pesquisa**: métodos qualitativo, quantitativo e misto. Tradução de Luciana de Oliveira da Rocha. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2007.

CRÓSTA, A. P. **Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto**. Campinas, SP: Unicamp, 1993.

CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. Geomorfologia e meio ambiente. In: GUERRA A. J. T.; CUNHA S. B. (Org.). **Degradação mineral**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. p. 337-379.

DALRYMPLE, K. **Expanding rural land tenures to alleviate poverty**. 2005. Dissertation (Ph.D. in Geomatics) – Centre for Spatial Data Infrastructure and Land Administration Department of Geomatics, Faculty of Engineering The University of Melbourne, Melbourne, 2005. Disponível em: <[http://www.geom.unimelb.edu.au/research/SDI\\_research/publications/Dalrymple%20PhD%20Thesis.pdf](http://www.geom.unimelb.edu.au/research/SDI_research/publications/Dalrymple%20PhD%20Thesis.pdf)>. Acesso em: 10 ago. 2014.

DE SOTO, H. **El Otro Sendero**: La Revolución Informal. Lima: Instituto Libertad y Democracia (ILD); Bogota: Editorial La Oveja Negra Ltda, 1986.

DETIENNE, M. **Comparar lo incomparable**: alegato en favor de una ciencia histórica comparada. Barcelona: Península, 2000.

DINIZ, M. H. **Posse e propriedade**. 3 ed. rev. e atual. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2003.

DIREÇÃO GERAL DO ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO. DGOT. **Carta Europeia do Ordenamento do Território**. Lisboa: SEALOT-MPAT, 1988.

DORNELLES, M. A.; IESCHECK, A. L. Análise da aplicabilidade da Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE) para dados vetoriais em escalas grandes. **Boletim de Ciências Geodésicas – On-Line version**, Curitiba, v. 19, n. 4, p. 667-686, out./dez. 2013.

EFFENBERG, W. **Spatial Cadastral Information Systems: The maintenance of digital cadastral maps**. 2001. Dissertation (Ph.D. in Geomatics) – Department of Geomatics, University of Melbourne, Melbourne, 2001. Disponível em: <[http://www.geom.unimelb.edu.au/research/publications/IPW/Wolfgang thesis.PDF](http://www.geom.unimelb.edu.au/research/publications/IPW/Wolfgang%20thesis.PDF)>. Acesso em: 10 ago. 2014.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3. ed. Brasília, 2013.

ENSSLIN, L. et al. **ProKnow-C – Knowledge Development Process-Constructivist**: processo técnico com patente de registro pendente junto ao INPI. Brasília, 2010.

ERBA, D. A.; ÁGUILA, M. Cartografía Cadastral Urbana. In: ERBA, D. A. **Cadastro Multifinalitário**: aplicado a la definición de políticas de suelo urbano. Cambridge, MA: Lincoln Institute of Policy, 2007. 448 p.

EUROCADASTRE. Comité Permanente de Cadastro da União Europeia. Disponível em: <<http://www.eurocadastre.org/>>. Acesso em: 10 mar. 2014.

EUROGEOGRAPHICS. Disponível em: <<http://www.eurogeographics.org/>>. Acesso em: 10 mar. 2014.

EUROGI. Disponível em: <<http://www.eurogi.eu/>>. Acesso em: 10 mar. 2014.

FAO. Aquaculture Development. **FAO Technical Guidelines for Responsible Fisheries, n. 5**. Rome, 1997. 40 p.

FEDERAL GEOGRAPHYC DATA COMMITTEE (FGDC). **Hughes Applied Information Systems**. Landover, MD-USA, 1994.

FERNANDES, C. E. Do marco jurídico e das disposições finais. In: CUNHA, E. M. P.; ERBA, D. A. (Org.). **Manual de Apoio – CTM**: diretrizes para a criação, instituição e atualização do cadastro territorial

multifinalitário nos municípios brasileiros. Brasília: Ministério das Cidades, 2010. p. 137-153.

FERNANDES, E. **Direito urbanístico e política urbana no Brasil**. Belo Horizonte: Del Rey, 2001.

\_\_\_\_\_. **Regularização da terra e moradia**: como é e como implementar. São Paulo: Instituto Polis, 2002.

FERREIRA, A. B. de H. **Novo Dicionário da Língua Portuguesa**. 2. ed. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 2016.

FITZ, P. R. **Geoprocessamento sem complicação**. São Paulo: Oficina dos Textos, 2008. 160 p.

FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica**. Fortaleza: UEC, 2002.

FRICKER, P. et al. ADS 40 – Why LH Systems Took the Three-line Road. **GIM International**, p. 45-47, July 2000.

FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. **Déficit Habitacional no Brasil 2013: Resultados Preliminares**. Belo Horizonte, 2015. Disponível em: <<http://www.fjp.mg.gov.br/index.php/docman/cei/deficit-habitacional/596-nota-tecnica-deficit-habitacional-2013normalizadarevisada/file>>. Acesso em: 04 out. 2016.

GALDINO, C. A. P. M. **Cadastro de parcelas territoriais vinculado ao sistema de referência Geocêntrico – SIRGAS2000**. 225 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, 2006.

GEMAEL, C. **Introdução à geodésia geométrica**: 1ª parte. Curitiba: Ed. UFPR, 1987.

\_\_\_\_\_. **Introdução ao ajustamento de observações**: aplicações geodésicas. Curitiba: Ed. UFPR, 1994.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

GONÇALVES, M.L. **Geologia para planejamento de uso e ocupação territorial do município de Joinville**. 75 f. Tese (Doutorado em Recursos Minerais e Hidrogeologia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993.

GRANT, T. K. The PUCE, Program for terrain evaluation for engineering purposes. ID Principles. Division of applied geomechanics technical paper. **CSIRO**, Austrália, n. 15, 1975.

GRIFFITH-CHARLES, C. **The impact of land titling on land transaction activity and registration system sustainability: a case study of St. Lucia**. 2004. Dissertation (Ph.D.) – University of Florida, Florida, 2004. Disponível em: <<http://etd.fcla.edu/UF/UFE0006631/griffithcharlesc.pdf>>. Acesso em: 10 ago. 2014.

\_\_\_\_\_. The application of the social tenure domain model (STDM) to family land in Trinidad and Tobago. **Land Use Policy**, v. 28, n. 3, p. 514-522, 2011.

GSDI. Global Spatial Data Infrastructure Association. Disponível em: <<http://www.gsdi.org/>>. Acesso em: 10 mar. 2014.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. **Impactos ambientais urbanos no Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001. 416 p.

HEROLD, M.; CLARKE, K. C.; SCEPAN, J. The use of remote sensing and landscape metrics to describe structures and changes in urban land uses. **Environment and Planning**, v. 34, n. 8, p. 1443-1458, 2002.

HOFFMANN, A; VEGT, J. W. V. New sensor systems and new classification methods: laser-and digital camera-data meet object-oriented strategies. **Journal for Spatial Information and Decision Making**, v. 6, n. 1, p. 18-23, June 2001.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Projeto Mudança do Referencial Geodésico. **Informativo Geocêntrico**, Rio de Janeiro: Departamentos de Cartografia e Geodésia, ano 2, n. 1, 2003.

\_\_\_\_\_. **Manual Técnico de Geomorfologia**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2009. 182 p.

\_\_\_\_\_. **Censo Demográfico 2000**. Aglomerados subnormais. Rio de Janeiro: IBGE, 2010.

\_\_\_\_\_. **Censo Demográfico 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2012.

\_\_\_\_\_. **Manual Técnico de Pedologia**. 3. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2015.

\_\_\_\_\_. **Manual Técnico de Uso da Terra**. 3. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2016. 171 p.

\_\_\_\_\_. **Mapeamento Topográfico – Produtos**. Carta Internacional ao Milionésimo. Rio de Janeiro: IBGE. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/topo\\_doc3.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/topo_doc3.shtm)>. Acesso em: 10 mai. 2013.

\_\_\_\_\_. **Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS – RBMC**. Rio de Janeiro: IBGE. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/rbmc/ntrip/IBGE,2016>>. Acesso em: 10 mai. 2013.

INPE. **Modelagem de dados em geoprocessamento**. São José dos Campos, SP: INPE, 2012. Disponível em: <[www.dpi.inpe.br/gilberto/tutoriais/gis\\_ambiente/2modelo.pdf](http://www.dpi.inpe.br/gilberto/tutoriais/gis_ambiente/2modelo.pdf)>. Acesso em: 27 mar. 2016.

INSPIRE. Disponível em: <<http://inspire.ec.europa.eu/>>. Acesso em: 10 mar. 2014.

INTERNATIONAL FEDERATION OF SURVEYORS (FIG). **Statement on the Cadastre**. Copenhagen, Denmark, 1995. Disponível

em: <[http://www.fig7.org.uk/publications/cadastre/statement\\_on\\_cadastre.html](http://www.fig7.org.uk/publications/cadastre/statement_on_cadastre.html)>. Acesso em: 24 mar. 2016.

\_\_\_\_\_. **The Bogor Declaration**: United Nations Interregional Meeting of Experts on the Cadastre. Bogor, 18-22 mar. 1996. Disponível em: <<http://www.fig.net/commission7/reports/bogor/BogorDeclaration.html>>. Acesso em: 23 set. 2016.

IPEA. Estimativas do déficit habitacional brasileiro (PNAD 2007-2012). Brasília, 2012.

ISO 9000:2000 – Quality management systems — Fundamentals and vocabular.

ISO19137:2007 – Geographic information – Core profile of the spatial schema.

ISO 19152:2012 – Geographic information – Land Administration Domain Model (LADM).

ISO 19157:2013 – Geographic information – Data quality.

ISO 19115:2014 – Geographic information – Metadata.

JACOBSEN, K. PC-Based Digital Photogrammetry. In: WORKSHOP ON DATA ANALYSIS AND IMAGE PROCESSING TECHNIQUES DAMASCUS, GORS 25-29, Damasco, Mar. 2001.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento remoto do ambiente**: uma perspectiva em recursos terrestres. Tradução de José Carlos Neves Epiphany et al. São José dos Campos, SP: Parênteses, 2009.

JENSEN, J. R.; COWEN, D. J. Remote Sensing of Urban/Suburban Infrastructure and socio-economic attributes. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, v. 65, n. 5, p. 611-622, 1999.

JENSEN, J. R. et al. Spatial Data Acquisition and Integration. In: McMASTER, R. B.; USERY, E. L. **A Research Agenda for**

**Geographic Information Science**. Boca Raton: CRC Press, 2005. p. 17-60.

JOINVILLE. **História dos bairros de Joinville**. Arquivo Histórico de Joinville, 1992.

\_\_\_\_\_. **Relatório de Aerotriangulação**. Aeroimagem S/A, Engenharia de Aerolevanteamento, 2007.

\_\_\_\_\_. **Relatório de Apoio Terrestre da Área Urbana**. Aeroimagem S/A, Engenharia de Aerolevanteamento, 2009.

\_\_\_\_\_. **Mapa de Fragilidade Ambiental do Município de Joinville**. Boletim Técnico: Bacia Hidrográfica da Vertente Leste. Joinville, 2011.

\_\_\_\_\_. **Federação das Indústrias do Estado de Santa Catarina Santa Catarina em Dados**. Florianópolis: FIESC, 2015. 192 p.

\_\_\_\_\_. **Mapas antigos de Joinville**. Joinville, SC: IPPUJ. Disponível em: <<https://ippuj.joinville.sc.gov.br/arquivo/lista/codigo/633-MAPAS%2BANTIGOS%2BDE%2BJOINVILLE.html>>. Acesso em: 11 set. 2015.

\_\_\_\_\_. **SIMgeo**. Disponível em: <<https://prefeituradigital.joinville.sc.gov.br/servico/detalhe-3-SIMGeo.html>>. Acesso em: 10 mar. 2014.

JONES, C. O. **An introduction to the study of public policy**. Belmont: Duxbury Press, 1970.

JUBANSKI, J. J.; MITSHITA, E. A.; BÄHR, H-P. Análise do uso combinado de parâmetros de calibração convencionais e de calibração em serviço na aerotriangulação de aerofotos obtidas com câmera de baixo custo. **Boletim de Ciências Geodésicas**, v. 16, n. 4, p. 503-518. 2010.

JULIÃO, R. P. **Tecnologias de informação geográfica e ciência regional**: contributos metodológicos para a definição de modelos de apoio à decisão em desenvolvimento regional. 2001. Tese (Doutorado

em Geografia e Planejamento Regional) – Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2001.

\_\_\_\_\_. Cartografia, cadastro, infra-estruturas de dados espaciais e municípios. In: **Informação geográfica, cadastro e gestão territorial: experiências e boas práticas luso-brasileiras**. Edição: CICS.NOVA. FCSH (ISBN: 978-989-20-6303-4). Lisboa, 2015. Disponível em: <<http://www.cics.nova.fcsh.unl.pt/cms/files/publicacoes/PUB568a4c698077a.pdf>>. Acesso em: 04 outubro 2014.

JULIÃO, R. P.; LOCH, C.; ROSENFELDT, Y. A. Z. Sistemas de informação geográfica no suporte à gestão municipal: estudo comparativo dos casos de Joinville, SC (Brasil) e Amadora, Aml (Portugal). In: I JORNADAS LUSÓFONAS SOBRE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE CTIG2014, 2014, Coimbra, Portugal.

KARNAUKHOVA, E. **Proposta de cartografia geocológica aplicada ao planejamento territorial**. 2003. 540 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

KAUFMANN, J.; STEUDLER, D. **Cadastre 2014: A Vision for Future Cadastral System**. FIG – Working Group 1 of Commission 7. Switzerland: FIG, 1998. 51 p.

KELM, D. F. P.; LOCH, R. E. N.; LOCH, C. O cadastro técnico multifinalitário como ferramenta de avaliação da progressão da degradação ambiental em área de mineração de carvão. In: COBRAC 98 – CONGRESSO BRASILEIRO DE CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO, 1998, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, Universidade Federal de Santa Catarina, 18 a 22 de outubro de 1998.

KILCA, R. V. et al. Estrutura de uma floresta de mangue na Baía da Babitonga, São Francisco do Sul, SC. **Revista Ciência e Natura**, p. 57-72, 2011.

KRAMER, H. J. **Observation of the Earth and Its Environment-Survey of Missions and Sensors**. Berlin: Springer, 1996.

KRAUS, K. **Photogrammetry: Fundamentals and Standard Processes**. 4. ed. Bonn: Ferd. Dümmler Verlag, 1993. v. I.

\_\_\_\_\_. **Photogrammetry: Advanced Methods and Applications**. 4. ed. Bonn: Ferd. Dümmler Verlag, 1997. v. II.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Metodologia do trabalho científico**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

LANG, S.; BLASCHKE, T. **Landschaftsanalyse mit GIS**. Stuttgart: Eugen Ulmer, 2007.

LEMMEN, C. et al. Emerge una nueva era en la administration de la tierra. **La Revista Global de Geomática**, ed. 1, v. 2, marzo 2015.

LEMOS II, D. L. **Contribuição do método multicritério de apoio à decisão para Cadastro Técnico Multifinalitário**. 208 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

LIGHT, D. L. The National Aerial Photography Program as a Geographic Information System Resource. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v. 59, n. 1, p. 61-65, 1993.

LINDER, W. **Digital Photogrammetry: Theory and Applications**. Berlin: Springer-Verlag, 2006. 189 p.

LOCH, C. **Cadastro técnico multifinalitário rural como base à organização espacial do uso da terra a nível de propriedade rural**. 128 f. Tese para Professor Titular – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1993.

\_\_\_\_\_. **A interpretação de imagens aéreas: noções básicas e algumas aplicações nos campos profissionais**. Florianópolis: Ed. UFSC, 2008. 118 p.

LOCH, C.; CORDINI, J. **Topografia contemporânea: planimetria**. Florianópolis: Ed. UFSC, 2000.

LOCH, C.; ERBA, D. A. **Cadastro técnico multifinalitário**: rural e urbano. Cambridge, MA: Lincoln Institute of Land Policy, 2007.

LOLLO, J. A. de. **O uso da técnica de avaliação do terreno no processo de elaboração de mapeamento geotécnico**: sistematização e aplicação na quadricula de Campinas (SP). Tese (Doutorado em Geotecnia) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1995.

LUHMANN, T. **Nachbereichsphotogrammetrie**: Grundlagen, Methoden und Anwendungen. Heidelberg: Wichmann, 2000.

LUZ, L. A. **Uma proposta para a precisão posicional no cadastro urbano brasileiro**. 85 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

MARICATO, E. As idéias fora do lugar e o lugar fora das ideias. In: **A cidade do pensamento único. Desmanchando consensos**. 3. ed. Petrópolis: Vozes, 2000.

MASSARDIER, G. **Politiques et action publiques**. Paris: Armand Colin, 2003.

MATHER, P.; KOCH, M. **Computer Processing of Remotely-sensed Images**: An Introduction. 4. ed. Chichester, UK: John Wiley & Sons, 2004.

MATTOS, L. P. **Estatuto da Cidade comentado**: Lei n. 10.257, de 10 de julho de 2001. Organizadora: Liana Portilho Mattos. Belo Horizonte: Mandamentos, 2002.

McCOY, R. M. **Field Methods in Remote Sensing**. NY: Guilford Press, 2005. 159 p.

McGLONE, J. C.; MIKHAIL, E. M.; BETHEL, J. S. **Manual of Photogrammetry**. American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, 2004. 1151 p.

McLAUGHLIN, J. B. **Urban & Regional Planning**: A systems approach. London: Faber and Faber, 1969.

MENEZES, P. R.; ALMEIDA, T. **Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto**. Brasília, 2012.

MERCHANT, D. C. Spatial Accuracy Standards for Large Scale Line Maps. In: TECHNICAL CONGRESS ON SURVEYING AND MAPPING, 1982. **Proceedings...** 1982. p. 222-231.

MIYASHITA, P. M. **Avaliação de uma metodologia de baixo custo para o cadastro de propriedades em áreas de expansão e vazios urbanos**. 131 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Cartográficas) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista de Presidente Prudente, Presidente Prudente, 2008.

MONICO, J. F. G. **Posicionamento pelo GNSS**: descrição, fundamentos e aplicações. 2. ed. São Paulo: Ed. UNESP, 2008. 476 p.

NATIONAL STANDARD FOR SPATIAL DATA ACCURACY (NSSDA). **Positional Accuracy Handbook**. Minnesota Planning Land Management Information Center, 1999.

NKWAE, B. **Conceptual framework for modelling and analysing periurban land problems in Southern Africa**. New Brunswick: Department of Geodesy and Geomatics Engineering, University of New Brunswick, 2006. Disponível em: <<http://www2.unb.ca/gge/Pubs/TR235.pdf>>. Acesso em: 23 set. 2016.

NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento remoto**: princípios e aplicações. São Paulo: Blucher, 2008.

OCDE. Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico. **Manual de Oslo**. Brasília: FINEP, 2005.

OGC. Open Geospatial Consortium. Disponível em: <<http://www.opengeospatial.org/>>. Acesso em: 10 mar. 2014.

OLIVEIRA, F. P. Direito do Ordenamento do Território. **Cadernos do CEDOUA**, Coimbra: Livraria Almedina, p. 73-99, 2002.

PARK, M. M. **The effect of adverse possession on part of a registered title land parcel**. Thesis (Ph.D. in Geomatics) – Department of Geomatics, University of Melbourne, Melbourne, 2003. Disponível em: <<http://www.geom.unimelb.edu.au/research/publications/MMP PhD.pdf>>. Acesso em: 10 ago. 2014.

PECQUEUR, B. Qualite et développement: L’hypothese du panier de biens. In: SYMPOSIUM SUR LE DÉVELOPPEMENT REGIONAL – INRA-DADP, Montpellier, 2000.

PHILIPS, J. W. P. **Manual de Apoio – CTM**: Diretrizes para a Criação, Instituição e Atualização do Cadastro Territorial Multifinalitário nos Municípios Brasileiros. Organizadores: Eglaisa Micheline Pontes Cunha e Diego Alfonso Erba. Brasília: Ministério das Cidades, 2010. 170 p.

\_\_\_\_\_. **Exatidão posicional relativa dos vértices de uma parcela cadastral na Alemanha**. Universidade Federal de Santa Catarina: entrevista livre em 23 de setembro de 2014. Nota da Entrevista.

PINHEIRO JÚNIOR, N. X. **Aplicação de produtos fotogramétricos no estudo da expansão urbana no bairro Vila Nova em Joinville/SC**. 2009. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

PNUD. Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. **Atlas do Desenvolvimento Humano**. 2010. Disponível em: <<http://www.pnud.org.br/arquivos/ranking-idhm-2010.pdf>>. Acesso em: 18 jul. 2014.

PORTUGAL. Decreto-Lei n. 224, de 6 de julho de 1984. Código de Registro Predial. Lisboa, 1984. Disponível em: <<http://www.irn.mj.pt/sections/irn/legislacao/docs-legislacao/codigo-do-registo-predial/>>. Acesso em: 10 mar. 2013.

\_\_\_\_\_. Decreto-Lei n. 207, de 14 de agosto de 1995. Lisboa, 1995.

Disponível em:

<[http://www.pgdlisboa.pt/leis/lei\\_mostra\\_articulado.php?nid=457&tabela=leis](http://www.pgdlisboa.pt/leis/lei_mostra_articulado.php?nid=457&tabela=leis)>. Acesso em: 12 maio 2012.

\_\_\_\_\_. Decreto-Regulamentar n. 10, de 29 de maio de 2009. Lisboa, 2009. Disponível em:

<[http://www.pgdlisboa.pt/leis/lei\\_mostra\\_articulado.php?nid=1225&tabela=leis](http://www.pgdlisboa.pt/leis/lei_mostra_articulado.php?nid=1225&tabela=leis)>. Acesso em: 12 mar. 2013.

\_\_\_\_\_. Autoridade Nacional de Proteção Civil. Disponível em:

<<http://www.proteçãocivil.pt/>>. Acesso em: 10 mar. 2014.

\_\_\_\_\_. Câmara Municipal de Lisboa. Disponível em: <<http://www.cm-lisboa.pt/viver/urbanismo/planeamento-urbano/augi>>. Acesso em: 11 abr. 2013.

\_\_\_\_\_. Direção-Geral do Território. Disponível em:

<<http://www.dgterritorio.pt/>>. Acesso em: 10 mar. 2014.

\_\_\_\_\_. Direção-Geral do Território. Concurso Público Internacional n. CP008/DSIC/2009, Anexo VII do Caderno de Encargos. Disponível em:

<<http://www.dgterritorio.pt/>>. Acesso em: 10 maio 2015.

\_\_\_\_\_. Instituto Geográfico do Exército. Disponível em:

<<http://www.igeoe.pt/>>. Acesso em: 10 mar. 2014.

\_\_\_\_\_. **Manual Técnico do Plano Diretor Municipal de Lisboa.**

Disponível em: <<http://www.cm-lisboa.pt/viver/urbanismo/planeamento-urbano/plano-diretor-municipal>>.

Acesso em: 11 jul. 2016.

\_\_\_\_\_. **Plano Diretor de Lisboa.** Disponível em: <<http://www.cm-lisboa.pt/viver/urbanismo/planeamento-urbano/plano-diretor-municipal>>.

Acesso em: 10 mar. 2014.

\_\_\_\_\_. Procuradoria-Geral Distrital de Lisboa. **Legislação.** Disponível em:

<[http://www.pgdlisboa.pt/leis/lei\\_mostra\\_articulado.php?nid=1188&tab\\_ela=leis](http://www.pgdlisboa.pt/leis/lei_mostra_articulado.php?nid=1188&tab_ela=leis)>. Acesso em: 10 mai. 2015.

PRAZERES, P. M. **Dicionário de termos da qualidade**. São Paulo: Atlas, 1993.

RIBEIRO, B. S. **Tratado de Usucapião**. 3. ed. São Paulo: Saraiva, 2003.

RICHARDS, J. A. **Remote sensing digital image analysis**. 2. ed. Berlin: Springer-Verlag, 1993. 281 p.

RICHARDSON, R. J. **Pesquisa social: métodos e técnicas**. São Paulo: Atlas, 2007.

ROBINSON, C. J. **Issues in Sustainable Community Development**. Working Paper. Lincoln Institute of Land Policy, 2009. 24 p.

ROCHA, R. dos S. da. **Exatidão cartográfica para as cartas digitais urbanas**. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção e Sistemas) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

ROLNIK, R. et al. **Regularização fundiária de assentamentos informais urbanos**. Belo Horizonte: PUC Minas Virtual, 2006.

ROMÃO, V. M. C. et al. Rede de Referência 1996. Cadastral Municipal: uma proposta do grupo de trabalho sobre cadastro Municipal (GTCM) do DECart – UFPE. In: II CONGRESSO BRASILEIRO DE CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO – COBRAC, 1996, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, 1996. 6 p.

ROSENFELDT, Y. A. Z. **Regularização fundiária e o cadastro técnico multifinalitário**. 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012.

\_\_\_\_\_. Resultado das entrevistas semiestruturadas realizadas na Câmara Municipal de Lisboa. Doutorado em Portugal, Anotações, 2015a.

\_\_\_\_\_. Resultado das entrevistas semiestruturadas realizadas na Câmara Municipal de Lisboa, Amadora, Montijo e Seixal. Doutorado em Portugal, Anotações, 2015b.

\_\_\_\_\_. Pesquisa junto ao Institut für Regionalwissenschaft. Doutorado na Alemanha, Anotações, 2015c.

ROSENFELDT, Y. A. Z.; LOCH, C. Necessidade técnica e cartográfica como amparo jurídico aos processos de regularização fundiária no Brasil. **Revista Brasileira de Cartografia (RBC)**, v. 64, n. 2, p. 213-226, 2012.

ROSENQVIST, A. et al. A review of remote sensing technology in support of the Kyoto Protocol. **Environmental Science Policy**, v. 6, p. 441-445, 2003.

SANTA CATARINA. Secretaria da Agricultura. **Levantamento de reconhecimento dos solos do estado de Santa Catarina**. [S.l.]: UFSM; SUDESUL SA, 1973. 2 v.

\_\_\_\_\_. **Atlas escolar de Santa Catarina**. Florianópolis: Secplan, 1991.

\_\_\_\_\_. **Zoneamento agroecológico e socioeconômico do Estado de Santa Catarina**. Epagri, 1994. Disponível em: <[http://www.ciram.epagri.sc.gov.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=88&Itemid=214](http://www.ciram.epagri.sc.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=88&Itemid=214)>. Acesso em: 23 set. 2016.

SANTOS, M. O. **Território, globalização e fragmentação**. São Paulo: Hucitec, 1994.

SCHUMPETER, J. A. **A Teoria do Desenvolvimento Econômico**. São Paulo: Abril Cultural, 1982.

SEEBER, G. **Satellite Geodesy: Foundations, Methods and Applications**. Berlin: Walter de Gruyter, 1993.

SELTZER, E.; CARBONELL, A. **Regional Planning in America**. Cleveland, United States of America: Lincoln Institute of Land Policy, 2011.

SILVA, M. A. **Modelling causes of cadastral development: cases in Portugal and Spain during the last two decades**. Ph.D. (Dissertation) – Aalborg University, 2005. Disponível em: <<http://www.plan.aau.dk/~masilva/MariaASilvaPhDThesis.pdf>>. Acesso em: 10 ago. 2014.

SILVA, I.; SEGANTINE, P. C. L. **Topografia para engenharia: teoria e prática de Geomática**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.

SILVA, J. da et al. **Bancos de dados geográficos**. Curitiba: EspaçoGEO, 2005. 504 p.

SIRIBA, D. N.; VOß, W.; MULAKU, G. C. The Kenyan Cadastre and Modern Land Administration. **Zeitschrift für Geodasie, Geoinformation und Landmanagement**, v. 136, n. 3, p. 177-186, 2011.

SMOLKA, M. O.; MULLAHY, L. **Perspectivas urbanas: temas críticos em políticas de suelo em América Latina**. USA: Lincoln Institute of Land Policy, 2007.

SOUZA, M. L. de. **Mudar a cidade: uma introdução crítica ao planejamento e à gestão urbanos**. 3. ed. rev. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004.

STEUDLER, D. **A framework for the evaluation of land administration systems**. 2004. Melbourne: Department of Geomatics, University of Melbourne, 2004. Disponível em: <[http://www.csdila.unimelb.edu.au/publication/theses/DanialS\\_PhD\\_Thesis.pdf](http://www.csdila.unimelb.edu.au/publication/theses/DanialS_PhD_Thesis.pdf)>. Acesso em: 23 set. 2014.

STOTER, J. E. **3D Cadastre**. Thesis (Ph.D. in Fysische Geografie) – TU Delft, 2004. 344 p. Disponível em: <[https://www.itc.nl/library/papers\\_2004/phd/stoter.pdf](https://www.itc.nl/library/papers_2004/phd/stoter.pdf)>. Acesso em: 23 set. 2014.

THEODORO JUNIOR, H. **Terras particulares**: demarcação, divisão, tapumes. 4. ed. São Paulo: Saraiva, 1999.

THERY, H.; MELLO, N. A. **Atlas do Brasil**: disparidades e dinâmicas do território. São Paulo: EDUSP, 2008. 150 p.

THOENIG, J. C. Politique publique. In: BOUSSAGUET, L.; JACQUOT, P. **Ravinet**: Dictionnaire des politiques publiques. Paris: Les Presses de Sciences Po, 2004.

TING, L. A. **Principles for an integrated land administration system to support sustainable development**. 2002. Thesis – University of Melbourne, Melbourne, 2002. Disponível em: <<http://www.geom.unimelb.edu.au/research/publications/LisaTing2002-PhDThesis.pdf>>. Acesso em: 10 ago. 2014.

TOMMASELLI, A. M. G. Mapeamento com câmeras digitais: análise de requisitos e experimentos. In: XX CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA, 2001. Porto Alegre. Rio de Janeiro: SBC, 2001. Anais eletrônicos. CD-ROM.

TÖRHÖNEN, M-P. Sustainable Land Tenure and Land Registration in Developing Countries, Including a Historical Comparison with an Industrialised Country. **Environment and Urban Systems**, v. 28, n. 5, p. 545-586, 2003.

TULADHAR, A. M. **Parcel-based geo-information system**: concepts and guidelines. 2004. Ph.D. (Master of Science in Photogrammetry) – International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation, 2004. Disponível em: <[http://www.itc.nl/library/papers\\_2004/phd/tuladhar.pdf](http://www.itc.nl/library/papers_2004/phd/tuladhar.pdf)>. Acesso em: 23 set. 2016.

UBERTI, A. A. A. **Santa Catarina**: proposta de divisão territorial em regiões Edafoambientais homogêneas. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, 2005. Disponível em: <<https://pergamum.ufsc.br/pergamum/biblioteca/index.php>>. Acesso em: 1 out. 2015.

\_\_\_\_\_. Mapa de fragilidade ambiental de Joinville/SC. **Boletim técnico do levantamento da cobertura pedológica do município de Joinville**, Prefeitura Municipal de Joinville, 2011.

UN. United Nations Division for Sustainable Development. **Agenda 21**. 1992. Disponível em: <<http://www.un.org/esa/sustdev/agenda21text.htm>>. Acesso em: 24 mar. 2016.

UN-FIG. The Bathurst Declaration. In: UN-FIG INTERNATIONAL WORKSHOP ON LAND TENURE AND CADASTRAL INFRASTRUCTURES IN SUPPORT OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT, Bathurst, Australia, 1999.

UN-HABITAT. United Nations Human Settlements Programme. **Designing a land records system for the poor**. 2012. Disponível em: <<http://mirror.unhabitat.org/pmss/listItemDetails.aspx?publicationID=3319>>. Acesso em: 6 set. 2016.

US ARMY CORPS OF ENGINEERS WASHINGTON. Department of the Army. **Manual of Remote Sensing**. Washington, DC, 2003.

VAN DER MOLEN, P.; MISHRA, S. Land Administration and Social Development Enhancing Land Registration and Cadastre. **GIM International**, v. 20, n. 4, p. 15, 2006.

VAN LOENEN, B. **Developing geographic information infrastructures**: The role of information policies. Jaffalaan, Netherlands: OTB Research Institute for Housing, Urban and Mobility Studies Delft University of Technology, 2006. Disponível em: <<http://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid:6781e9dd-1468-4b31-bf88-ee1fbfffe4a1?collection=research>>. Acesso em: 23 set. 2016.

VIEIRA, V. A. As tipologias, variações e características da pesquisa de marketing. **Revista da FAE**, Curitiba, v. 5, n. 1, jan./abr. 2002.

WOLF, P. R. **Elements of photogrammetry**. New York: McGraw-Hill, 1995.

WOLF, W. S.; DEWITT, B. A. **Elements of Photogrammetry with Applications in Geographic Information Systems**. NY: McGraw Hill, 2000. 608 p.

YOVANNY, A.; MARTINEZ, M.; NYRIAN, A. U. U. El catastro un sistema de informacion de tierras para el desarrollo sostenible. In: 1st INTERNACIONAL SEMINAR ON CADASTRAL SYSTEMS LAND ADMINISTRATION AND SUSTENTAINABLE DEVELOPMENT, 2000, Colombia.

ZEVENBERGEN, J. **Systems of Land Registration-Aspects and Effects**. Delft, Netherlands: Nederlandse Commissie voor Geodesie, Netherlands Geodetic Commission, 2002. Disponível em: <<http://www.ncg.naw.nl/Publicaties/Geodesy/pdf/51Zevenbergen.pdf>>. Acesso em: 10 ago. 2014.



Figura 32 - Modelo de ficha para descrição morfológica dos solos no campo (continua)

**DESCRIÇÃO GERAL**

AMOSTRAGEM N.º: 23      PERFIL COMPLETO       AMOSTRA EXTRA

PROJETO: Jornville (SC)      DATA: 17/12      CLASSIFICAÇÃO: CX Cambissolo

LOCALIZAÇÃO: Vizantele Leste      COORDENADAS: \_\_\_\_\_

SITUAÇÃO RESPEITO À OBRA DE OBRAS DE INTERESSE PÚBLICO: \_\_\_\_\_      ALTITUDE: \_\_\_\_\_

UTILIDADE E UNIDADE LITOMORFOLÓGICA: Ondulados / 8% a 20% / campo      MATERIAL ORIGINÁRIO: \_\_\_\_\_      USO ATUAL: \_\_\_\_\_

RELEVIO LOCAL		RELEVIO REGIONAL		DRENAGEM		BIRSAÇÃO		PERECIBILIDADE		RICO-ORDEDADE		VEGETAÇÃO PRIMÁRIA	
plano	colinas	plano	colinas	plano	colinas	plano	colinas	plano	colinas	plano	colinas	plano	colinas
<input checked="" type="checkbox"/>													

Estrutura		Espessura (cm)		Cor		Cores		Consistência		Plasticidade		Pegajosidade		Tipologia		Contraste	
Grau	Tamanho	Profundidade (cm)	Tipos	Matriz	Quantidade	Matriz	Quantidade	Saco	Limco	Saco	Limco	Pegajoso	Adesivo	Tipologia	Contraste	Tipologia	Contraste
leves	micro	0	plano	leves	plano	leves	plano	leves	plano	leves	plano	leves	plano	leves	plano	leves	plano

**DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA**

Estrutura		Espessura (cm)		Cor		Cores		Consistência		Plasticidade		Pegajosidade		Tipologia		Contraste	
Grau	Tamanho	Profundidade (cm)	Tipos	Matriz	Quantidade	Matriz	Quantidade	Saco	Limco	Saco	Limco	Pegajoso	Adesivo	Tipologia	Contraste	Tipologia	Contraste
leves	micro	0	plano	leves	plano	leves	plano	leves	plano	leves	plano	leves	plano	leves	plano	leves	plano

Fonte: IBGE (2015).

Figura 32 - Modelo de ficha para descrição morfológica dos solos no campo (continua)

**DESCRIÇÃO GERAL**

AMOSTRAGEM N°: 3 TIPO:  PERFIL COMPLETO  AMOSTRA EXTRA

PROJETO: Saimonlee (sc) DATA: 17/12 CLASSIFICAÇÃO: neossolo

LOCALIZAÇÃO: Vertente leste plano / J. a 81. declividade COORDENADA: \_\_\_\_\_ ALTITUDE: \_\_\_\_\_

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL: \_\_\_\_\_

LITOLOGIA E UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA: \_\_\_\_\_

MATERIAL ORIGINAL: Quartzênio USO ATUAL: \_\_\_\_\_

RELEVO LOCAL		RELEVO REGIONAL		DRENAGEM		EROSÃO		PERGREGUIDADE / RICHOSIDADE		VERIFICAÇÃO PRIMÁRIA	
placa	tipo de relevo	placa	tipo de relevo	tipo de drenagem	tipo de drenagem	classe	tipo	tipo	tipo	tipo	complemento
<input checked="" type="checkbox"/>	placa	<input checked="" type="checkbox"/>	placa	<input checked="" type="checkbox"/>							

**DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA**

Símbolo	Profundidade (cm)	Espessura (cm)	Cor			Consistência			Plasticidade			Cascilhos								
			Matriz	Umidade	Seco	Úmido	Úmido	Seco	Úmido	Úmido	Seco	Úmido	Úmido	Seco	Úmido					
			amarelo	amarelo	amarelo	plástico	plástico	plástico	plástico	plástico	plástico	plástico	plástico	plástico	plástico	plástico	plástico	plástico	plástico	plástico

Símbolo	Profundidade (cm)	Espessura (cm)	Cor			Consistência			Plasticidade			Cascilhos								
			Matriz	Umidade	Seco	Úmido	Úmido	Seco	Úmido	Úmido	Seco	Úmido	Úmido	Seco	Úmido					
			amarelo	amarelo	amarelo	plástico	plástico	plástico	plástico	plástico	plástico	plástico	plástico	plástico	plástico	plástico	plástico	plástico	plástico	plástico

Fonte: IBGE (2015).