



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO

MARIANA DE SÁ RODRIGUES DA SILVA

**O USO DE DADOS DE SENSORIAMENTO REMOTO, COM ÊNFASE À
TECNOLOGIA RPA, PARA ANÁLISE E CONTROLE DA OCUPAÇÃO
URBANA**

FLORIANÓPOLIS

2020

Mariana de Sá Rodrigues da Silva

**O USO DE DADOS DE SENSORIAMENTO REMOTO, COM ÊNFASE À
TECNOLOGIA RPA, PARA ANÁLISE E CONTROLE DA OCUPAÇÃO
URBANA**

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em
Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de
Santa Catarina para a obtenção do título de Doutor em
Arquitetura e Urbanismo.
Orientador: Prof. Carlos Loch, Dr.

Florianópolis

2020

Ficha de identificação da obra

Silva, Mariana de Sá Rodrigues

O uso de dados de sensoriamento remoto, com ênfase à tecnologia RPA, para análise e controle da ocupação urbana / Mariana de Sá Rodrigues Silva ; orientador, Carlos Loch, 2020.

234 p.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Florianópolis, 2020.

Inclui referências.

1. Arquitetura e Urbanismo. 2. Sensoriamento Remoto. 3. Imagens Aéreas. 4. Ocupação Urbana. 5. Sistemas RPA. I. Loch, Carlos. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo. III. Título.

Mariana de Sá Rodrigues da Silva

**O USO DE DADOS DE SENSORIAMENTO REMOTO, COM ÊNFASE À
TECNOLOGIA RPA, PARA ANÁLISE E CONTROLE DA OCUPAÇÃO URBANA**

O presente trabalho em nível de doutorado foi avaliado e aprovado por banca
examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof.(a) Renato T. de Saboya, Dr.(a)
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof.(a) Francisco Henrique Oliveira, Dr.(a)
Universidade do Estado de Santa Catarina

Prof.(a) Paulo Márcio Leal de Menezes, Dr.(a)
Universidade Federal do Rio de Janeiro

Certificamos que esta é a **versão original e final** do trabalho de conclusão que foi
julgado adequado para obtenção do título de doutora em Arquitetura e Urbanismo.

Coordenação do Programa de Pós-Graduação

Prof.(a) Carlos Loch, Dr.(a)
Orientador(a)

Florianópolis, 2020.

Ao meu pai pelo apoio e impulso.

AGRADECIMENTOS

Ao professor Carlos Loch, pela orientação, oportunidade proporcionada ao me abrir às portas do Laboratório de Fotogrametria, Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento - LabFSG e confiança depositada.

À Universidade Federal de Santa Catarina por ter me atendido e acolhido por tantos anos, desde criança como usuária de sua área física para esporte e lazer, assim como estudante de graduação e pós-graduação.

À CAPES pelo fomento do projeto de pesquisa “Pro-Forenses” e concessão de bolsa de doutorado no Brasil e de doutorado-sanduiche na Escola Politécnica Superior - Universidade de Jaén - UJA, Espanha, e ao CNPQ pela concessão das bolsas de iniciação científica aos acadêmicos que participaram deste projeto.

Ao professor Francisco Javier Ariza López pela dedicada orientação no doutorado-sanduiche e importante exemplo em pesquisa internacional, e juntamente ao Departamento de Engenharia Cartográfica, Geodésia e Fotogrametria da UJA pela excelente acolhida.

Ao professor Carlos Vieira por ter me recebido como aluna ouvinte na disciplina de sensoriamento remoto do curso de graduação em geografia e orientado na parte da classificação supervisionada deste trabalho.

Ao professor Francisco Henrique de Oliveira pelas contribuições como professor na disciplina de medições parcelares e principalmente na banca de avaliação de qualificação deste trabalho e por ter aceito participar da banca de avaliação.

À professora Adriana Marquez Rossetto pela participação na banca que qualificação e que por motivo de saúde não se pode fazer presente na banca de avaliação deste, a quem se estima pronta recuperação.

Ao professor Renato Saboya pelas contribuições na banca de qualificação e pelo aceite em participar da banca de avaliação deste trabalho.

Ao professor Paulo Márcio Leal de Menezes por suas contribuições no parecer para a qualificação do trabalho e pelo aceite em participar da banca de avaliação deste.

A todos os demais professores que lecionaram as disciplinas que fizeram parte deste processo de pesquisa de doutorado.

Aos bolsistas de iniciação científica e grandes colaboradores deste projeto, Ricardo Augusto Eger e Vinícius Neto Garcia, pela dedicação aos desafios colocados para a construção deste trabalho. Também, aos outros bolsistas que passaram pelo LabFSG neste período: Letícia

Pinto da Silva, Kauê W. Pacheco, Guilherme Wolkan W. Pereira, Luís Henrique Tiegs, Daniela Agüero Sanchez, Fernanda Goulart, pela ajuda nos exaustivos levantamentos de campo e pelo agradável convívio diário no LabFSG.

Aos colegas de pós-graduação do LabFSG, Guilherme Antônio Baréa, Gabriela Willemann Siviero Maximo e Yuzi Anáí Zanardo Rosenfeldt pelas trocas vivenciadas e em especial ao colega Gabriel Rosolen pelo suporte tanto na elaboração do projeto de pesquisa como na etapa de finalização.

Ao Arthur Berbert pela parceria e contribuições com sua experiência com o levantamento e processamento dos dados GNSS/RTK.

Ao colega de pós-graduação e profissional da Prefeitura de Joinville, Osmar Sivili Jr. pela disposição em ajudar com sua experiência e conhecimento como técnico da prefeitura.

Ao colega Luiz Fernando Palin Droubi pela ajuda na análise estatística no software R.

Às colegas de Pós-Graduação Danielle Jatahy, Camilla Moritz e Mariana Morelli pela amizade compartilhada.

Aos muitos amigos da minha caminhada que contribuíram de diferentes formas durante o desenvolvimento deste trabalho incentivando minhas buscas e conquistas, em especial: aos amigos de adolescência e professores Fabiana Mortimer e Gean Vítor Salmoria pelo incentivo e disponibilidade em me ajudar; à professora, amiga e colega de graduação Renata Priore pelas trocas de experiências; às amigas que concomitantemente compartilharam as experiências e angústias da pesquisa, Bianca Tomazelli e Cibele Kunz;

À psicóloga Sônia Balster pela acolhida e estímulo no final deste processo.

À minha família, em especial, meus pais Américo de Sá R. da Silva e Regina de Sá R. da Silva e seus companheiros Beatriz Trivella e Jorge Eduardo Cardoso por estarem sempre por perto.

RESUMO

Frente à problemática da ocupação urbana e ao desenvolvimento de tecnologias de sensoriamento remoto, busca-se desenvolver métodos análise e controle de ocupação do solo urbano mediante o uso de dados de sensoriamento remoto. Utilizou série histórica de fotografias aéreas, imagens satélite *VHR (Very High Resolution)* e levantamentos com *RPA (Remoted Pilot Aircraft)*. Realizou-se interpretação visual da ocupação sobre manguezal em ambiente SIG (Sistemas de Informações Geográficas) na série histórica de imagens aéreas e se analisou quanto às permissividades e restrições das legislações urbanísticas e ambientais municipais e nacionais na transformação do ambiente natural em urbanizado. No caso da ocupação do bairro Comasa, Joinville, percebe-se que as alterações nas legislações buscam atender às necessidades por habitação advindas do processo de industrialização. O poder público acaba por atender ao mercado, busca solucionar problemas sociais pontuais e acaba por sacrificar áreas que são consideradas de preservação permanente. Geoprocessaram-se testes de classificação automática supervisionada sobre as imagens MS (multiespectrais) WorldView-4 e se produziu mapa temático para controle da taxa de permeabilidade do solo. A verificação da acurácia temática calculada através da matriz de erro para a classificação de três categorias (água, superfície permeável e superfície impermeável) foi de 96% em termos de acurácia geral e índice Kappa de 0,92. Contudo a aplicação da classificação para a composição do mapa temático quanto a taxa de permeabilidade por lote não se demonstrou confiável. Executaram-se levantamentos para tomada das imagens aéreas com sistemas *RPA (DJI Phantom-4-Pro e DJI Matrice-210-RTK)* e levantamento com equipamentos *GNSS (Global Navigation Satellite Systems)* para medição dos PCT (Pontos de Controle Terrestre) e se gerou ortofotomosaicos investigando o método de georreferenciamento utilizando PCT para se atingir a qualidade posicional em nível acurácia de georreferenciamento de imóvel urbano. Se alcançaram resultados de EMQh (Erro médio quadrático horizontal) de 0,14 m para o levantamento de uma área de 2,8 km² com o *Phantom-4-Pro*, e entre 0,02 m e 0,04 m para áreas de 1,0 km² também com o *Phantom-4-Pro*, já o EMQz para esta área foi entre 0,30 m e 0,55 m. Os resultados confirmaram eficiência na utilização de 16 PCT de georreferenciamento e 20 PCT de verificação para a produção de ortofotomosaico com qualidade planimétrica de acurácia para georreferenciamento de imóveis urbanos. Por fim, demonstrou-se a aplicação dos produtos gerados para o controle da ocupação do solo, regularização fundiária e TAC (Termo de Ajustamento de Conduta). Conclui-se que o sistema RPA de pequeno porte para produção de ortofoto em escala de registro imobiliário urbano pode atender de forma satisfatória o caso de levantamento de áreas pequenas (aprox. 1,0 km²) como glebas de parcelas sujeiras à REURB (Regularização Fundiária Urbana). Já para o levantamento sistemático do município há necessidade do aerolevante convencional. A utilização de imagem satélite VHR, por mais que possua a vantagem da facilidade de aquisição e possibilidade de automatização de informação por métodos de classificação automática, se confirmou um desafio para a obtenção de informações acuradas da permeabilidade do solo urbano. Por fim sugere-se um plano de geoprocessamento e análise de dados de sensoriamento remoto de alta resolução para acompanhamento e revisão do PD (Plano Diretor) para a gestão municipal.

Palavras-chave: Sensoriamento Remoto. Imagens Aéreas. Ocupação Urbana. Sistemas RPA.

ABSTRACT

Facing the importance of the knowledge of urban land occupation and the development of remote sensing technologies, this work aims to develop methods for analyses and control of urban occupation by the use of remote sensing data. It was used historical aerial photograph series, VHR (Very High Resolution) satellite images and RPA (Remoted Pilot Aircraft) data. It was done visual interpretation of an urban occupation over a mangrove area using GIS platform and historical aerial photograph series. That was analysed about the permissiveness and restrictions of land legislation and environmental laws in front of the mangrove occupation. At the case studied, the Comasa neighbourhood at Joinville city, that could be seen that the legislations updates are like to satisfy the lack of popular housing of the industrialization process of the surrounding area. The public institutionalization ends up to attempt the financial market. Classification tests were geoprocessed using MS (Multispectral) images of the WorldView-4 satellite and a thematic map of permeability rate was produced. The accuracy assessment by error matrix was 96% in terms of overall accuracy and the kappa index was equal 0,92. However the classification was not useful to generate the map of perviousness rate to control this urbanization requirements legislation, once many classification mistakes were found. Fields surveys for aerial imagery with RPA were taken by DJI Phantom-4-Pro e DJI Matrice-210-RTK and GCP (Ground Control Points) were mesured using GNSS (Global Navegation Satellite System) equipment. It was investigated the accuracy of the ortophotos geoprocessed with diferent numbers of GCP. The results reached a RMSEh of 0.14 m for a 2.8 km area surveyed with Phantom-4-Pro and RMSEh between 0.02 m e 0.04 m and RMSEz 0,30 m and 0,55 m for a 1,0 km² area also with Phamton-4-Pro. The results confirmed a good performance using 16 GCP for georeferencing the RPA orthophotomosaic and 20 GCP as accuracy check points for planimetry at urban parcel level. Finally, it was demonstrated the application of the generated products for a case of urban land regularization and the respective TAC (Terms of Conduct Adjustment). It was concluded that low weight RPA systems for aerial survey and orthophotomosaic product for cadaster at urban parcel scale its useful to satisfy the survey of urban agglomerations for 1,0 km², as typically brasilian land regularization object. Yet, for a systematic survey of a mid size city, it is a better option traditional aerial survey. Eventhought the use of satellite image has the advantage its temporal quality and automatization of data, it was confirmed the challenge for accurate information of the rate of urban soil permeability. At the end it is suggested a plan for geoprocessing and analyses of high resolution remote sensing data to monitor and revision of the urban master plan.

Keywords: Remote sensing. Aerial Imagery. Urban Occupation. RPA Systems.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Cadeia formadora de sabedoria à gestão e planejamento sustentável	29
Figura 2 – Níveis de coleta de dados em sensoriamento remoto	66
Figura 3 – Ilustração esquemática do sistema de sensoriamento por meio do registro da radiação (esq.) e curvas de percentual de reflectância para materiais comuns encontrados em ambientes urbanos obtidos em laboratório por espectro radiômetro (dir.).....	66
Figura 4- Aplicação dos sistemas de sensoriamento remoto em função das resoluções temporal e espacial	68
Figura 5 – Câmera digital <i>Leica Geosystems ADS40</i> embarcada em aeronave	70
Figura 6 – HyMap embarcado na aeronave Cessna 402	70
Figura 7 - Fotografia satélite IKONOS da cidade do Rio de Janeiro.....	72
Figura 8 - Fotografia aérea de Port Elizabeth, África do Sul	73
Figura 9 - Classificação dos VANT de acordo o raio de alcance e altura atingida....	80
Figura 10 –RPA 8 rotores e câmera Nikon D3100 e locação dos PCT utilizados para o levantamento da área	95
Figura 11 – RPA asa fixa QuestUAV Q-200	96
Figura 12 – Alvos executados para os PCT e octocoptero utilizado.....	97
Figura 13 – Produtos da classificação pelo método MAXVER (a), da lógica fuzzy de classificação (b), do processamento de segmentação por unidades morfológicas (c) e a classificação pelo método OBIA e lógica fuzzy (d).....	103
Figura 14 - Produto da classificação por hierarquia MESMA sobre imagem Hymap para 20 classes.	104
Figura 15 – Verificação da geometria das feições extraídas pelo método OBIA + SMV com o levantamento de campo	106
Figura 16 – Mapa de localização do bairro Comasa	108
Figura 17 – Ocupação sobre áreas de manguezal com habitações em madeira sobre palafitas.....	115
Figura 18 – Fase de implantação do Projeto Mangue com as indicações das áreas aterradas e ocupadas pela expansão urbana.....	116
Figura 19 – Projeto de implantação do Eixo Ecológico do Projeto Mangue	118
Figura 20 – Fotointerpretação de série histórica de imagens aéreas demonstrando a expansão urbana sobre área de manguezal.....	120

Figura 21 – Plano Básico de Urbanismo de Joinville (lei nº 795/1965) com destaque à localização do atual bairro Comasa	122
Figura 22 - Lei nº 1262/73, Lei de Uso e Ocupação do Solo com destaque ao limite do atual bairro Comasa	123
Figura 23 – PEU de 87 em destaque o limite do bairro Comasa.....	124
Figura 24 - Lei Complementar nº 027/96, de uso, ocupação e parcelamento do solo em destaque o limite do bairro Comasa	126
Figura 25 – A Lei Complementar nº 312, de 19 de fevereiro de 2010 solo em destaque o limite do bairro Comasa	127
Figura 26 – Setores (esq.) e macrozoneamento (dir.) a LOT (Lei Comp. nº470/2017), em destaque o limite do bairro Comasa.....	128
Figura 27 – Seleção das amostras de treinamento e avaliação com base no modelo ortofotomosaico de imagens RPA	133
Figura 28 – Mapa de classificação da cobertura do solo (áreas impermeáveis, permeáveis e corpo d’água) a partir de dados satélite WorldView-4 utilizando redes neurais MLP	136
Figura 29 – Matriz de erro gerada pelo IDRISI Selva para a classificação utilizando Redes Neurais – MLP utilizando 480 pixels de treinamento e filtro da moda.....	137
Figura 30 – Mapa taxa de permeabilidade por lotes – Bairro Comasa, 2017	139
Figura 31 – Localização dos lotes selecionados com amostras de erros ocorridos na classificação semiautomática.....	140
Figura 32 – Apresentação das amostras de erros ocorridos na classificação semiautomática.....	141
Figura 33 – Mapa de delimitação das áreas de levantamento referentes às áreas de 2,8 km ² e 1,0 km ²	145
Figura 34 - Levantamento das coordenadas em campo utilizando feições demarcadas com pintura em forma de x com tinta branca sobre o solo pavimentado e feições existentes.	146
Figura 35 - Levantamento coordenadas com o método RTK convencional e NTRIP dos PCT materializados em solo em tinta ou placas de PVC de cor branca e forma de cruz.	147
Figura 36 – Equipamento Pantom 4 Pro e plano de voo para recobrimento da área de 2,8 km ²	147

Figura 37 - Mapas de localização dos PCT para georreferenciamento e verificação dos modelos de ortofotomosaico.....	149
Figura 38 - Mapas de localização dos PCT na área de 1,0 km ² do bairro Comasa..	150
Figura 39 – Delimitação das áreas levantadas na UFSC, 1,0 km ² e 0,24 km ²	152
Figura 40 – Modelo de alvo utilizado como PCT	153
Figura 41 – Plano de locação dos PCT na área levantada de 1,0 km ² no Campus da UFSC	154
Figura 42 – Levantamento das coordenadas dos PCT pelo método RTK (à esquerda, base instalada no terraço do prédio e à direita, medição com o <i>rover</i>	155
Figura 43 - Equipamento <i>Matrice</i> 210 RTK com câmeras <i>ZenmuseX5S</i> e multiespectral <i>RedEdge</i> (a,b), planos de voos realizados pelo software <i>DroneDeploy</i> (c), instalações da base RTK do <i>Matrice</i> 210 e da base RTK para medição das coordenadas dos PCT por GNSS (d) e decolagem do <i>Matrice</i> 210 na cobertura do edifício do EFI, UFSC (e).	157
Figura 44 – Mapa de identificação dos grupos de PCT da área levantada de 1,0 km ² no Campus da UFSC	159
Figura 45 - Mapa de identificação dos grupos de PCT para da área levantada de 2,4 km ² no Campus da UFSC	160
Figura 46 – Esquema de metodologia para o estudo da quantidade de PCT de georreferenciamento da área levantada de 1,0 km ² no Campus da UFSC	162
Figura 47 – Esquema de metodologia para o estudo da quantidade de PCT de georreferenciamento da área levantada de 0,24 km ² no Campus da UFSC	163
Figura 48 – Ortofotomosaico <i>Phantom4Pro</i> georreferenciado – área de cobertura de 2,8 km ² , bairro Comasa, Joinville.....	171
Figura 49 - Ortofotomosaico <i>Phantom4Pro</i> georreferenciado – área de cobertura de 1,0 km ² , bairro Comasa, Joinville.....	172
Figura 50 - Ortofotomosaico <i>Phantom4Pro</i> georreferenciado – área de cobertura de 1,0 km ² , campus UFSC, Trindade, Florianópolis.....	178
Figura 51 - Ortofotomosaico <i>Matrice</i> 210RTK com problema nas imagens – área de cobertura de 1,0 km ² , campus UFSC, Trindade, Florianópolis.....	179
Figura 52 - Ortofotomosaico <i>Matrice</i> 210RTK georreferenciado – área de cobertura de 0,24 km ² , campus UFSC, Trindade, Florianópolis.....	180

Figura 53 – Procedimento de sobreposição de imagens aéreas de diferentes datas para averificação de alteração da ocupação do solo em ambiente SIG.....	185
Figura 54 – Localização lotes amostrais que apresentam alteração representativa da ocupação entre o período de 2007 e 2017.	185
Figura 55 – Situação da ocupação referente aos lotes no ano de 1957	189
Figura 56 - Situação da ocupação referente aos lotes no ano de 1978	190
Figura 57 - Situação da ocupação referente aos lotes no ano de 1989	191
Figura 58 - Situação da ocupação referente aos lotes no ano de 2007	192
Figura 59 - Situação da ocupação referente aos lotes no ano de 2017	193
Figura 60 – Interpretação visual da ocupação do lote amostral A	195
Figura 61 - Interpretação visual da ocupação do lote amostral B	196
Figura 62 - Interpretação visual da ocupação do lote amostral C	197
Figura 63 – Verificação da taxa de permeabilidade por meio da classificação supervisionada sobre imagem satélite WorldView-4 e fotointerpretação visual sobre ortomosaico RPA.....	198
Figura 64 – Áreas ocupadas em desconformidade aos requisitos urbanísticos.....	204

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Métodos, materiais e equipamentos utilizados na pesquisa	32
Quadro 2 – Estrutura cartográfica municipal	47
Quadro 3 – Classificação dos sensores.....	61
Quadro 4 – Características dos sistemas satélites VHR (< 1,0 m) para aplicação de mapeamento urbano.....	75
Quadro 5 - Classificação dos VANT de acordo com o PMD	80
Quadro 6- Tempos de processamento e os hardwares para cada software utilizado no processamento de 143 imagens	92
Quadro 7 – Resumo dos artigos sobre estudo do georreferenciamento de modelos fotogramétricos de imagens RPA.....	99
Quadro 8 – Legislações vigentes nas esferas municipais e federais correspondentes a cada ano das imagens interpretadas.....	112
Quadro 9 – Critérios para combinação dos conjuntos PCT para o georreferenciamento dos ortofotomosaicos da área levantada de 1,0 km ² no Campus da UFSC	158
Quadro 10 – Aplicação dos dados de sensoriamento remoto na geração de produtos de cartográficos para o reconhecimento da ocupação do solo e ordenamento territorial urbanos.	216

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Padrão de Exatidão Cartográfica para carta topográfica em grandes escalas	88
Tabela 2 – Padrões de acurácia horizontal para dados geoespaciais da ASPRS.....	89
Tabela 3 – Estrutura da matriz de confusão	91
Tabela 4 – Acurácia do usuário e do produtor, erro de comissão e de omissão.....	91
Tabela 5 – Valores das áreas de mangue suprimidas ao longo do processo de ocupação do bairro Comasa.....	121
Tabela 6 – Valores de κ para as classificações pelos métodos testados.....	135
Tabela 7 - Critérios para combinação dos conjuntos PCT para o georreferenciamento dos ortofotomosaicos da área levantada 0,24 km ² no Campus da UFSC	161
Tabela 8 - Valores dos vetores de deslocamento dos pontos de verificação para os modelos ortofotomosaicos georreferenciados com 47 PCT e 20 PCT e os respectivos EMQ para a área de 2,8 km ² , bairro Comasa, Joinville	165
Tabela 9 - Valores dos vetores de deslocamento horizontais dos PCT de verificação (20 PCT – ASPRS) para os modelos ortofotomosaicos georreferenciados com 30, 20, 16 e 12 PCT e os respectivos EMQh para a área de 1,0 km ² , bairro Comasa, Joinville	167
Tabela 10 - Valores dos vetores de deslocamento horizontais dos PCT de verificação (29 PCT – ET-CQDG) para os modelos ortofotomosaicos georreferenciados com 30, 20, 16 e 12 PCT e os respectivos EMQh para a área de 1,0 km ² , bairro Comasa, Joinville	167
Tabela 11 – Resultados dos EMQ dos ortofotomosaicos a partir do levantamento do bairro Comasa com o Phantom4Pro	169
Tabela 12 – Aplicação da tabela de acurácia horizontal da ASPRS (2015) ortofotomosaicos a partir do levantamento do bairro Comasa com o Phantom4Pro	170
Tabela 13 – Valores médios do EMQh, EMQx, EMQy e EMQz para 20 e 32 Pontos de Verificação para os ortofotomosaicos a partir do levantamento área de 1,0 km ² da UFSC	174
Tabela 14 – Valores médios EMQh, EMQx, EMQy e EMQz para os ortofotomosaicos a partir do levantamento área de 0,24 km ² da UFSC.....	176
Tabela 15 – Aplicação da tabela de acurácia horizontal da ASPRS (2015).....	181
Tabela 16 – Requisitos urbanísticos para a ocupação do solo para o zoneamento do bairro Comasa conforme Lei Complementar nº 470/2017	186

Tabela 17 – Medições realizadas dos requisitos urbanístico de ocupação.....	194
Tabela 18 – Cálculo do tributo de ajustamento de conduta	205

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas
- ANAC – Agencia Nacional de Aviação Civil
- APP – Área de Preservação Permanente
- ASPRS – American Society of Photogrametry and Remote Sensing*
- CTM - Cadastro Técnico Multifinalitário
- DECEA - Departamento de Controle do Espaço Aéreo
- DEM – Dimensional Elevation Model*
- EP – Erro Padrão
- EMQh – Erro quadrático Médio horizontal
- EMQr - Erro quadrático Médio radial
- EMQx - Erro quadrático Médio em x
- EMQy - Erro quadrático Médio em y
- EMQz - Erro quadrático Médio em z
- ET-CQDG - Especificação Técnica – Controle de Qualidade dos Dados Geográficos
- GNSS – Global Navegation Satellite*
- GPS – Global Positional System*
- GPU - Graphics Processing Unit*
- GSD – Ground Sample Distance*
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- IMU – Inertial Mesurement Unit*
- INDE – Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais
- IPPUJ - Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Joinville
- LabFSG – Laboratório de Fotogrametrie, Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento
- LOT – Lei de Ordenamento territorial
- LQA- Limite de Qualidade Aceitável
- MAXVER - Máxima verossimilhança
- MDS – Modelo Digital de superfície
- MESMA - Hierarchical Multiple Endmember Spectral Mixture Analysis*
- MINDIST – Distância Mínima
- MLP - MultiLayer Perceptron*
- MS - Multiespectral

NTRIP - *Networked Transport of the Radio Technical Commission for Maritime Services via Internet Protocol*

OBIA - *Object Based-Image Analysis*

PCD – Produto cartográfico Digital

PCT – Ponto de Controle Terrestre

PD – Plano Diretor

PEC – Padrão de Exatidão Cartográfico

PIPED - Paralelepípedo

PMD - Peso Máximo de decolagem (*payload*)

PPK - Posicionamento Pós-Processado

PPP - Posicionamento por Ponto Preciso

RBMC – Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo

REURB – Regularização Fundiária Urbana

REURB-E - Regularização Fundiária Urbana de Interesse Especial

REURB-S - Regularização Fundiária Urbana de Interesse Social

RPA – *Remoted Pilot Aircraft*

RTK - *Real Time Kinematic*

SEPUD – Secretaria de Planejamento Urbano e Desenvolvimento Sustentável (Joinville)

SIG – Sistema de Informações Geográficas

TAC – Termo de Ajustamento de Conduta

UM – *United Nations*

UPM - Unidade Padrão Municipal

UTM - Universal Transversa de Mercator

VANT – Veículos Aéreos Não Tripulados

VHR – *Very High Resolution*

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	25
1.1	JUSTIFICATIVA	28
1.2	OBJETIVOS	31
1.2.1	<i>Objetivo Geral</i>	31
1.2.2	<i>Objetivos Específicos</i>	31
1.3	ENQUADRAMENTO METODOLÓGICO	32
1.4	DELIMITAÇÕES DA PESQUISA	34
1.4.1	<i>Estrutura do trabalho</i>	35
2	A PROBLEMÁTICA URBANA	37
2.1	A CONSTRUÇÃO DO URBANO	38
2.2	A CRISE AMBIENTAL E O PARADIGMA DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL	39
2.3	A PROBLEMÁTICA URBANA BRASILEIRA	41
2.3.1	<i>A ocupação urbana irregular no Brasil</i>	41
2.4	PLANEJAMENTO E GESTÃO URBANOS	43
2.4.1	<i>A gestão urbana para o desenvolvimento sustentável</i>	44
2.4.2	<i>O Cadastro Técnico Multifinanciado Urbano</i>	46
2.5	AS POLÍTICAS URBANAS NO BRASIL	48
2.5.1	<i>Regularização fundiária</i>	52
2.6	AS POLÍTICAS AMBIENTAIS QUANTO À OCUPAÇÃO SOBRE APP NO BRASIL, EM ESPECÍFICO O CASO DOS MANGUEZAIS	56
2.6.1	<i>As políticas ambientais brasileiras</i>	57
2.6.2	<i>As políticas quanto a ocupação urbana sobre APP no Brasil</i>	58
2.6.3	<i>Natureza e regimes jurídicos dos manguezais no Brasil</i>	59
3	SENSORIAMENTO REMOTO APLICADO AO AMBIENTE URBANO	61
3.1	FOTOGRAMETRIA E FOTOINTERPRETAÇÃO	62
3.2	SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS - SIG	63
3.2.1	<i>Referencial geodésico e cartográfico</i>	64
3.3	SISTEMAS DE SENSORIAMENTO REMOTO	65
3.3.1	<i>Sistemas de sensoriamento remoto sub-orbital ou de aeronave embarcada</i>	69
3.3.2	<i>Sistemas orbitais ou satélite</i>	70
3.3.3	<i>Sistemas VANT</i>	78
3.3.3.1	<i>Classificação dos VANT</i>	78
3.3.3.2	<i>A regulamentação para o uso de RPA</i>	81

3.4	GEORREFERENCIAMENTO DE IMAGENS AÉREAS	82
3.5	CONTROLE DE QUALIDADE DE PRODUTOS CARTOGRÁFICOS	83
3.5.1	<i>Normas de qualidade para dados espaciais</i>	83
3.5.2	<i>Qualidade posicional de produtos cartográfico</i>	85
3.5.2.1	Padrão de acurácia posicional para cartografia no Brasil	87
3.5.2.2	A tolerância do erro posicional para a regularização fundiária	89
3.5.3	<i>Qualidade temática dos dados geográficos</i>	90
3.6	GEOPROCESSAMENTO DE IMAGENS RPA.....	91
3.6.1	<i>Georreferenciamento de imagens RPA</i>	93
3.7	O USO DE DADOS DE SENSORIAMENTO REMOTO PARA A OBTENÇÃO DE INFORMAÇÕES SOBRE A COBERTURA DO SOLO URBANO	100
3.7.1	<i>Aplicações de dados de sensoriamento remoto na classificação da cobertura do solo urbano</i>	102
4	ANÁLISE DO PROCESSO DE OCUPAÇÃO URBANA UTILIZANDO SÉRIE HISTÓRICA DE IMAGENS AÉREAS - ESTUDO DE CASO: BAIRRO COMASA, JOINVILLE	107
4.1	METODOLOGIA	107
4.1.1	<i>Área de estudo: bairro Comasa, Joinville</i>	107
4.1.2	<i>Geoprocessamento de imagens</i>	109
4.1.3	<i>Análise descritiva comparativa</i>	110
4.2	RESULTADOS	113
4.2.1	<i>Breve histórico da ocupação urbana do município de Joinville</i>	113
4.2.1.1	As ocupações das áreas de manguezal em Joinville	114
4.2.2	<i>Verificação do processo de ocupação do bairro Comasa e os confrontos legais</i>	119
4.2.3	<i>Análise e discussão da ocupação frente as legislações urbanísticas e ambientais</i>	129
5	MAPEAMENTO DA TAXA DE PERMEABILIDADE DO SOLO MEDIANTE O USO DE TÉCNICA DE CLASSIFICAÇÃO AUTOMÁTICA SUPERVISIONADA COM O USO DAS IMAGENS SATÉLITE MULTIESPECTRAIS VHR (WORLDVIEW-4).....	132
5.1	METODOLOGIA	132
5.1.1	<i>Classificação supervisionada</i>	132
5.1.2	<i>Mapeamento da taxa de permeabilidade por lote</i>	134
5.2	RESULTADOS	134
5.2.1	<i>Classificação supervisionada da superfície</i>	134
5.2.1.1	Discussão dos resultados.....	137
5.2.2	<i>Mapeamento da taxa de permeabilidade por lote</i>	138
5.2.2.1	Discussão dos resultados.....	140

6	GERAÇÃO DE ORTOFOTOMOSAICO COM DADOS RPA EM ESCALA COMPATÍVEL AO CADASTRO IMOBILIÁRIO URBANO.....	143
6.1	METODOLOGIA	144
6.1.1	<i>Levantamento de campo do Bairro Comasa.....</i>	<i>144</i>
6.1.1.1	Levantamento dos PCT do bairro Comasa	145
6.1.1.2	Levantamento dos dados aéreos do bairro Comasa.....	147
6.1.2	<i>Geoprocessamento das imagens do bairro Comasa.....</i>	<i>148</i>
6.1.2.1	Georreferenciamento com PCT dos modelos ortofotomosaicos do bairro Comasa	149
6.1.3	<i>Verificação da acurácia posicional dos modelos ortofotomosaicos do bairro Comasa</i>	<i>151</i>
6.1.4	<i>Área de estudo: campus UFSC- Trindade.....</i>	<i>152</i>
6.1.5	<i>Levantamento de campo do campus UFSC- Trindade</i>	<i>152</i>
6.1.5.1	Levantamento PCT.....	152
6.1.5.2	Levantamento dados aéreos	156
6.1.6	<i>Geoprocessamento das imagens levantamento campus UFSC - Trindade.....</i>	<i>158</i>
6.1.6.1	Georreferenciamento com PCT	158
6.1.7	<i>Verificação da acurácia posicional dos modelos ortofotomosaicos do campus UFSC -</i>	<i>161</i>
6.2	RESULTADOS	164
6.2.1	<i>Área de 2,8 km², bairro Comasa Joinville</i>	<i>164</i>
6.2.1.1	Levantamento de Campo.....	164
6.2.1.2	Geoprocessamento das imagens RPA.....	165
6.2.1.3	Qualidade posicional planimétrica dos modelos ortofotomosaicos RPA.....	165
6.2.2	<i>Área de 1,0 Km², bairro Comasa, Joinville</i>	<i>166</i>
6.2.2.1	Levantamento RPA	166
6.2.2.2	Geoprocessamento das imagens RPA.....	166
6.2.2.3	Qualidade posicional planimétrica dos modelos ortofotomosaicos RPA.....	166
6.2.3	<i>Discussão dos resultados mapeamento bairro Comasa</i>	<i>169</i>
6.2.4	<i>Phantom4Pro – Mapeamento UFSC, área de 1,0 Km².....</i>	<i>174</i>
6.2.4.1	Verificação da qualidade posicional dos modelos ortofotomosaicos RPA.....	174
6.2.5	<i>Matrice210RTK – Levantamento UFSC, área de 0,24 Km² junho 2019.....</i>	<i>175</i>
6.2.5.1	Verificação da qualidade posicional dos modelos ortofotomosaicos RPA.....	176
6.2.6	<i>Discussão dos resultados mapeamento campus UFSC, Trindade.....</i>	<i>177</i>
7	APLICAÇÃO DE IMAGENS AÉREAS NO CONTROLE DOS REQUISITOS URBANÍSTICOS PARA A OCUPAÇÃO DO SOLO	184
7.1	METODOLOGIA	184
7.2	VERIFICAÇÃO DO HISTÓRICO DAS OCUPAÇÕES NAS ÁREAS DOS LOTES AMOSTRAIS	188
7.3	MEDIÇÕES DOS REQUISITOS URBANÍSTICOS NOS LOTES AMOSTRAIS	194
7.4	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	199

8	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	206
8.1	EXPECTATIVAS NÃO ALCANÇADAS.....	216
8.2	SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS	217

1 INTRODUÇÃO

Na virada do século a quantidade da população urbana mundial ultrapassou a rural, em 2018 o cômputo foi de cerca de 55% da população vivendo em aglomerados urbanos e estima-se que em 2050, será 70% da população global (UN, 2019). O processo de urbanização resulta em uma profunda alteração do ambiente pelo homem, pois ocorre uma vasta supressão da vegetação (WHITFORD; ENNOS; HANDLEY, 2001) e intensa impermeabilização da superfície do solo urbano (WENG, 2012). Esta situação afeta quatro principais características do ambiente: (i) clima, na cidade a tendência é termos um clima mais quente que no campo; (ii) hidrologia, as bacias na cidade tentam a ter mais volume de escoamento superficial de água para seus canais e rios (AMINI 2011); (iii) poluição do ar, as cidades tendem a serem grandes produtoras de dióxido de carbono e baixo poder de absorção deste (REQUIA *et al*, 2016) e; (iv) diminuição da biodiversidade; levando ao comprometimento da qualidade de vida da população.

Nos países em desenvolvimento os problemas ambientais urbanos se agravam ainda mais devidos a situações de habitação e infraestrutura precária. No Brasil, além da “cidade formal” coexiste a “cidade informal” formada pelas ocupações irregulares e ilegais. Tal realidade se deve à falta de controle na ocupação do solo e de políticas habitacionais para absorver a explosão demográfica urbana ocorrida nas décadas de 70 e 80 em decorrência do processo de industrialização tardia no Brasil (GROSTEIN, 2001; LIRA, 2006; MARICATO, 2013). Como forma de amenizar esta situação as legislações urbanísticas e ambientais vêm se adaptando a realidade resultante devido à falta de planejamento e fiscalização da ocupação urbana (ROSENFELDT e LOCH, 2012; MARRARAL e CASTRO, 2019).

A ONU, através da conferência das Nações Unidas sobre assentamentos humanos de Istambul de 1996 (HABITAT II), passa a incorporar os conceitos de sustentabilidade para o desenvolvimento de assentamentos humanos, inclusive, inclui a participação social como fator fundamental (UN, 1996). Assim o planejamento urbano contemporâneo deve ser embasado sobre a diretriz do desenvolvimento sustentável, e conseqüentemente, a gestão democrática. Reconhece-se o tripé da base do desenvolvimento sustentável como sendo aquele ecologicamente correto, economicamente viável e socialmente justo e culturalmente aceito (SACHS, 2007) e ainda, no caso de gestão urbana, há de se acrescentar um quarto aspecto, o institucional administrativo (GUELL, 2013).

Uma gestão urbana sustentável deve ser um processo cíclico, ou seja, um contínuo, de caracterização, análise, metas e estratégias, implantação e monitoramento, seguindo um fluxo cíclico e constante, passível de ajustes ou alteração de planejamento, considerando o princípio de processo participativo democrático (GUELL, 2013). Para tal, é necessário técnicas avançadas para se obter informações diversas e atuais sobre o padrão, as características e as modificações de um ambiente urbano (ESCH et al, 2010). É fundamental, além da incorporação de novas tecnologias, a capacitação pessoal por parte dos agentes locais e garantia de transparência (GUELL, 2013). A gestão do território requer o acompanhamento sistemático da dinâmica dos fenômenos que interferem no espaço físico rural ou urbano (LOCH; ERBA, 2007). Entende-se que o estudo dos fenômenos em termos de uso e ocupação do solo permite ao cidadão buscar seus direitos e deveres legais dentro da perspectiva do desenvolvimento sustentável, legitimada pela atual política pública. Assim sendo, acredita-se que para que se regulamentem de fato as diretrizes estabelecidas pelo Estatuto da Cidade é imprescindível que haja informações socioespaciais confiáveis do território.

Os produtos cartográficos são materiais essenciais ao planejamento e gestão urbanos que vão desde a carta geral do município, carta de valores, planta cadastral, planta de quadra à planta topográfica dos imóveis. O Cadastro Técnico Multifinalitário - CTM é um instrumento de gestão que comporta informações de medidas, aspectos legais e econômicos (LOCH; ERBA, 2007). O entendimento cadastral deve permitir o conhecimento da demanda pela terra em nível de unidade cadastral, como a transparência em termos de valor do solo (LOCH; ROSENFELDT, 2019a). As informações cadastrais coerentes e confiáveis são pressupostos para a cobrança justa de impostos e transparência pública (LOCH, 2019c)

O desenvolvimento das técnicas de sensoriamento remoto e processamento de informações vem ocorrendo em termos de melhor disponibilidade e menor dificuldade de acesso, novos sistemas sensores, novos procedimentos de processamento de imagem e desenvolvimento de hardware e software. O uso de ferramentas computacionais como os Sistemas de Informações Geográficas - SIG é cada vez mais frequente e requerem uma base de dados confiáveis para a tomada de decisões mais sustentáveis ou para solução de conflitos territoriais (BLASCHE; KUX, 2007).

Assim sendo, os produtos obtidos por dados de sensoriamento remoto representam dados fundamentais para a gestão e planejamento urbanos. As tecnologias de sensoriamento remoto consistem em sistemas de captação de dados do ambiente através de um sensor, na maioria das vezes, por meio do registro da radiação eletromagnética dos elementos da

superfície. Por muito tempo, as tecnologias tradicionalmente utilizadas de captação dos dados de sensoriamento remoto da superfície terrestre foram os sensores analógicos, que se utilizavam de filme fotográfico, embarcados em plataformas sub-orbital (aeronave convencional), hoje esta tecnologia foi transferida ao sistema de imageamento digital (CAMPBELL; WYNNE, 2011). Além do mais, a partir dos anos 80, passa-se a utilizar dados orbitais (satélites) (HEROLD et al, 2003; MYINT et al, 2011; BELGIU, 2014) e mais recentemente, vem se explorando o uso dos sistemas de veículos aéreos remotamente pilotados – *RPA* (do inglês, *Remoted Pilot Aircraft*), popularmente chamados de Drones. As características a serem observadas nos dados coletados pelos sistemas de sensoriamento remoto dizem respeito às resoluções espacial, radiométrica, espectral e temporal (JENSEN, 2011). No caso urbano, salienta-se a resolução espacial, visto o tamanho reduzido dos objetos urbanos (HEROLD et al, 2003; MYINT et al, 2011; BELGIU, 2014). Além resolução temporal que deve corresponder à dinâmica de alteração do solo urbano.

Com relação às imagens de alta resolução espacial para a aplicação em nível de detalhamento temático urbano, existe uma limitação em termos de resolução espectral dos dados multiespectrais para a mensuração da maioria dos indicadores ambientais, especialmente quando se requer o mapeamento de superfícies não vegetadas (HEROLD et al, 2003; BELGIU, 2014). Mesmo assim, a utilização de mapas da cobertura e uso do solo urbano gerados a partir de dados da alta resolução para tomadas de decisão por especialistas em análise espacial urbana e no planejamento urbano é crescente. Portanto, a classificação da cobertura do solo urbano de maneira acurada e em tempo oportuno se torna um desafio para o desenvolvimento de metodologias nos campos da ciência e tecnologia da informação geográfica (MYINT et al, 2011).

Além do incremento no desenvolvimento de técnicas de imageamento satélite, nos últimos quinze anos, se observa o desenvolvimento da utilização civil dos veículos aéreos remotamente tripulados – *RPA* para fins de mapeamento do solo. Tal tecnologia pode representar um avanço nos aspectos quanto à facilidade na aquisição dos dados, resolução espacial, temporal e custo (PAJARES, 2015; BELOEV, 2016; AASEN et al, 2018).

Acredita-se no potencial da complementariedade de dados de diferentes sistemas de sensoriamento remoto e plataformas SIG como metodologia facilitadora à obtenção de informações sobre a ocupação urbana de maneira a manter a atualização necessária à gestão cíclica e democrática do meio ambiente, além de possibilitar a análise do global ao particular. Assim sendo, este trabalho busca contribuir com metodologias de análise e controle da

ocupação do solo urbano mediante o uso de imagens aéreas. Utiliza-se de tecnologias de sensoriamento remoto recentes como as imagens satélite *VHR* (Altíssima resolução, do termo em inglês, *Very High Resolution*) e, com maior ênfase, imagens RPA.

1.1 JUSTIFICATIVA

Frente a problemática da degradação socioambiental e as ameaças naturais ou antropogênicas acredita-se na necessidade da busca por um desenvolvimento mais sustentável. Concebe-se que desenvolvimento sustentável não está pautado somente nas questões ambientais relacionadas ao meio natural e sua manutenção, inclui o ambiente construído, o meio urbano. Na realidade o meio natural e o construído são interligados, aquele representa fonte de recurso a este, que por sua vez se constitui em demanda àquele. Atualmente a população urbana ultrapassou a rural, vive-se a sociedade urbana, assim, tanto o ambiente natural como o construído devem ser manejados de modo a garantir a qualidade de vida da população.

Sendo a expansão urbana um dos fatores da vulnerabilidade socioambiental, é fundamental que a gestão territorial assegure o desenvolvimento sustentável. O conhecimento da ocupação do solo é essencial para a efetivação da gestão territorial, tanto na criação, aplicação e monitoramento. Sendo o processo de ocupação urbana dinâmico e em grande parte acelerado, o monitoramento deve ser plano de rotina da gestão pública. Acredita-se que geração de produtos cartográficos provenientes de dados de sensoriamento remoto são materiais fundamentais para a análise em termos de ocupação do solo, a fim de, no caso urbano, promover: infraestrutura de mobilidade, abastecimento de água e energia, sistema de esgotamento sanitário e pluvial, equipamentos de educação, saúde, lazer, áreas verdes e etc. As plataformas SIG representam ferramentas oportunas para a realização de mapeamento, análises, comunicação e transparência a respeito da ocupação do solo, sendo que requerem base de dados confiáveis. As imagens geradas a partir de dados de sensoriamento remoto representam base de dados fundamentais para a utilização das plataformas SIG. Portanto é fundamental que as imagens atinjam a acurácia compatível à análise a ser realizada, pois as operações por sobreposição de informações no ambiente SIG podem apresentar erros no caso de falta de registro de informação. O desenvolvimento das tecnologias de sensoriamento remoto e SIG, permitem a obtenção de informação a respeito do solo urbano com maior facilidade de processamento e atualização. Porém, devem ter precisão suficiente para suprir as informações necessárias.

A partir do exposto sobre a problemática ambiental urbana, desenvolvimento sustentável e evolução das tecnologias de geoprocessamento com vasta gama de sistemas de sensoriamento remoto disponíveis e disponibilidade de ferramentas SIG, acredita-se ser relevante o desenvolvimento de metodologias envolvendo dados de sensoriamento remoto, para geração de informações e elaboração de evidências e conhecimento à gestão territorial em termos de violação ambiental e de ordenamento urbano. A Figura 1 ilustra a cadeia formadora de sabedoria à gestão e planejamento sustentável.

Figura 1 - Cadeia formadora de sabedoria à gestão e planejamento sustentável



Fonte: Elaboração própria

O presente trabalho que compreende a utilização do geoprocessamento de imagens aéreas para reconhecimento da ocupação urbana e evidências quanto às incoerências ambiental e de ordenamento urbano., explorando as técnicas de sensoriamento remoto recentes como é o caso dos satélites VHR e dos RPA, com ênfase a este último. O desenvolvimento em termos de resolução espacial dos dados orbitais que já vêm sendo usados para se obter informações para a gestão territorial e a atual disseminação das possibilidades de aplicação de dados RPA que, inclusive, vem sendo amplamente divulgada pelas empresas de levantamento topográfico para aplicação de atualização cadastral urbana, justificam a pesquisa.

A utilização de produtos cartográfico a partir de levantamento RPA é premissa da pesquisa, uma vez que, é o instrumento a ser explorado por um projeto de pesquisa de âmbito maior de parceria entre a UFSC, mediante o Programa de Pós-Graduação em arquitetura e

Urbanismo e o Laboratório de Fotogrametria, Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento – LabFSG do departamento de Engenharia Civil, a Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS mediante o Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas e a Superintendência Regional da Polícia Federal do Estado do Rio Grande do Sul, ao qual esta pesquisa se encontra vinculada. O projeto foi aprovado pelo edital Programa Ciências Forenses nº25/2014 - "Pró-Forense" da CAPES. "Desenvolvimento de metodologias para Engenharia Legal e Perícia Ambiental com Aplicações em Engenharia de Minas e Ambiental."

A medição de qualidade permite ao cidadão buscar a eficiência do planejamento em termos de uso e ocupação do solo urbano e o poder público tem elementos para definir a justiça social com exigências legais cabíveis em termos de fiscalização. As tecnologias de sensoriamento remoto, de sistemas de informações geográficas e posicionamento via GPS, são importantes ferramentas no campo de perícias, diminuindo o tempo dos exames de local e ampliando a compreensão de fenômenos associados, notadamente aos crimes ambientais (ALVES et al, 2010).

Estudos quanto ao levantamento RPA para geração de produtos de alta qualidade posicional sobrevoaram áreas pequenas e alcançaram resultados centimétricos (TURNER et al, 2014; AGÜERA-VEGA et al, 2017; MARTÍNEZ-CARRICONDO et al, 2018; GRAYSON et al, 2018; PADRÓ et al, 2019). Alcançou-se resultados satisfatórios com o uso de georreferenciamento indireto (PCT) e de georreferenciamento direto (GPS/PPP e GPS/PPK embarcado), contudo constata-se que neste último caso se trata de uma alta tecnologia ainda não difundida e que não vem sendo aplicada pelo mercado de trabalho. O presente trabalho buscou explorar ambos métodos, contudo sobrevoando áreas maiores e testando desde o simples e popular, DJI Phantom-4-PRO, como o equipamento mais robusto e de alto valor de aquisição, DJI Matrice-210-RTK.

Além do uso da tecnologia RPA, buscou-se explorar as mais recentes tecnologias satélites em termos de imagens de alta resolução espacial e imageamento multiespectral, a fim de se facilitar a automatização de indicativos de ocupação so solo.

Quanto ao ineditismo da pesquisa, a pesquisa compila em um único documento a experimentação em termos de aquisição, geoprocessamento e aplicação de tecnologias de sensoriamento remoto recentes a fim de proporcionar produtos de informações e reconhecimento da ocupação urbana.

Espera-se contribuir com a prática de levantamento cartográfico por meio de RPA, além de buscar maneiras eficazes reconhecimento da ocupação urbana e apresentação de

indicativos de desrespeito ambiental e quanto ao ordenamento urbano por meio da automatização na produção cartográfica. Dentre as aplicações relacionadas aos conflitos de ocupação urbana eminente no Brasil, consideram-se relevantes os levantamentos a respeito de ocupação irregular e/ou ilegal em processos periciais ambientais e de regularização fundiária urbana.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Desenvolvimento de metodologias mediante o uso do geoprocessamento, com ênfase a tecnologia RPA, para reconhecimento da ocupação urbana e evidências quanto às incoerências ambiental e de ordenamento urbano.

1.2.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos para se alcançar o objetivo geral constam:

- i. Verificar e analisar processo de ocupação urbana, confrontando com as legislações urbanísticas e ambientais vigentes ao longo do processo de ocupação sobre APP, mediante o uso de série histórica de imagens aéreas;
- ii. Realizar o mapeamento da taxa de permeabilidade do solo mediante o uso de técnica de classificação automática supervisionada com o uso das imagens satélites multiespectrais VHR (WorldView-4)
- iii. Realizar ortofotomosaico por levantamento RPA compatível à escala de cadastro imobiliário urbano;
- iv. Investigar a quantidade de PCT para o georreferenciamento de ortofotomosaico por levantamento RPA compatível à escala de cadastro imobiliário urbano; e,
- v. Demonstrar a aplicação dos produtos gerados (geoprocessamento série histórica de imagens aérea, classificação automática com imagem WorldView-4 e ortofotomosaico RPA) para a verificação dos requisitos urbanísticos da ocupação do solo e processos de regularização fundiária.

1.3 ENQUADRAMENTO METODOLÓGICO

A abordagem metodológica utilizada pode ser classificada como quali-quantitativa uma vez que faz uso misto de métodos quantitativos e qualitativos. É de natureza qualitativa, no que se refere à interpretação visual das imagens aéreas e análise do processo de ocupação do estudo de caso, assim como à análise descritiva quanto ao potencial dos produtos gerados com os dados de imagens aéreas UHV são de natureza qualitativa. A interpretação visual da série histórica das imagens aéreas e o geoprocessamento da imagem satélite através da técnica de classificação supervisionada são considerados métodos quali-quantitativo, qualitativo quando ocorre a interpretação das imagens para obtenção das amostras de treinamento de classificação e quantitativo na segmentação e classificação automatizada, uma vez que os softwares de utilizam do valor do pixel e algoritmos de classificação e nas medições de áreas.

Já os procedimentos de avaliação de qualidade dos produtos cartográficos gerados são de natureza quantitativa, uma vez que se trabalha com valores: dimensionamento dos vetores de deslocamento das imagens e valores dos EMQ (Erro médio quadrático) para a verificação da acurácia posicional do ortofotomosaico gerado por dados RPA; e a matriz de erro e índice Kappa, para a verificação da acurácia temática na classificação da cobertura do uso do solo urbano na imagem satélite.

Os métodos, materiais e equipamentos utilizados para se atingir cada objetivo específico são apresentados de modo simplificado no Quadro 1, sendo mais detalhados em capítulos referentes ao desenvolvimento dos temas conforme os objetivos específicos.

Quadro 1 – Métodos, materiais e equipamentos utilizados na pesquisa

(i) Verificação e análise de processo de ocupação urbana, confrontando com as legislações urbanísticas e ambientais vigentes em cada período, mediante o uso de série histórica de imagens aéreas. Estudo de caso: bairro Comasa, Joinville.			
CAPÍTULO 4	Levantamento área de estudo / histórico da ocupação	<ul style="list-style-type: none"> • Publicações e dissertações 	Materiais e equipamentos
	Geoprocessamento de imagens	<ul style="list-style-type: none"> • Interpretação e representação gráfica em ambiente computacional SIG do processo de ocupação do solo • Série histórica de fotografias aéreas disponíveis • <i>Software ArcGIS</i> 	
	Análise descritiva comparativa	<ul style="list-style-type: none"> • Legislações urbanas e ambientais • Mapas do processo de expansão urbana realizados sobre série histórica 	
Métodos			

CAPÍTULO 5	(ii) Mapeamento da taxa de permeabilidade de área urbana mediante o uso de técnica de classificação supervisionada com o uso das imagens satélite multiespectrais VHR (WorldView-4). Estudo de caso: bairro Comasa, Joinville.		Materiais e equipamentos
	Métodos	<p>Geoprocessamento de imagens</p> <ul style="list-style-type: none"> • Seleção de amostras testes e validação para classificação assistida a partir de fotointerpretação em ambiente computacional SIG • Classificação automática supervisionada em ambiente computacional • Composição de mapa temático em ambiente computacional <hr/> <p>Avaliação da qualidade temática</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cálculo do índice Kappa • Análise crítica dos resultados 	
CAPÍTULO 6	(iii) Geração de ortofotomosaico por levantamento RPA compatível à escala de cadastro imobiliário urbano. Estudo de caso: bairro Comasa, Joinville.		Materiais e equipamentos
	Métodos	<p>Levantamento de campo</p> <p>Terrestre:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Planejamento de locação do PCT em ambiente SIG • Materialização dos PCT em solo • Levantamento das coordenadas dos PCT <hr/> <p>Aéreo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Planejamento de voo em software específico • Execução de voo RPA <hr/> <p>Geoprocessamento de imagens</p> <ul style="list-style-type: none"> • Processamento dos modelos ortofotomosaicos em ambiente computacional de fotogrametria específico para RPA <hr/> <p>Avaliação da qualidade posicional</p> <ul style="list-style-type: none"> • Medições dos erros em ambiente SIG • Cálculo EMQ 	
	(iv) Estudo sobre a quantidade de PCT para o georreferenciamento de modelo ortofotomosaico por levantamento RPA compatível à escala de cadastro imobiliário urbano. Estudo de caso: UFSC, campus Trindade, Florianópolis.		Materiais e equipamentos
Métodos:	<p>Levantamento de campo</p> <p>Terrestre</p> <ul style="list-style-type: none"> • Projeto para execução dos PCT • Planejamento de locação do PCT em ambiente SIG • Fixação dos PCT em solo • Levantamento das coordenadas dos PCT <hr/> <p>Aéreo</p> <ul style="list-style-type: none"> • Planejamento de voo com o software específico • Execução de voo RPA 	<ul style="list-style-type: none"> • Alvos impressos em lona vinílica e material para sua fixação • Equipamento <i>GNSS/RTK Zenith 15/35PRO</i> <hr/> <ul style="list-style-type: none"> • Equipamento RPA <i>DJI_Phanton 4 Pro e Matrice210RTK</i> • <i>Software Dronedeploy</i> 	

	<p>Geoprocessamento de imagens</p> <ul style="list-style-type: none"> • Geração de combinações aleatórias de PCT com uso de programação em ambiente computacional de estatística • Processamento dos ortofotomosaicos em ambiente computacional de fotogrametria específico para RPA por meio de automatização mediante linguagem de programação computacional <p>Avaliação da qualidade posicional</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aplicação das especificações técnicas selecionadas • Levantamento dos erros em ambiente de fotogrametria específico para RPA • Análise estatística dos erros em software de estatística para validação dos resultados 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Software R e R Studio</i> • <i>Software Agisoft Metashape</i> • Software de linguagem <i>Python</i> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Software Excel</i> • <i>Software R e R Studio</i> 	
CAPÍTULO 7	(v) Aplicação de imagens aéreas no controle dos requisitos urbanísticos para a ocupação do solo. Proposta: bairro Comasa, Joinville.		
	Métodos	<p>Geoprocessamento de imagens</p> <ul style="list-style-type: none"> • Análise visual, vetorização e operações a partir de sobreposição de dados em ambiente computacional SIG 	<ul style="list-style-type: none"> • Imagem RPA <i>DJI Phantom4Pro</i> • Mapa de classificação do solo realizado pela pesquisa a partir de dados satélite <i>VHR</i> • <i>Software ArcGIS</i>

1.4 DELIMITAÇÕES DA PESQUISA

Utilizaram-se duas áreas de estudos. Primeiramente, selecionou-se o Bairro Comasa no município de Joinville em Santa Catarina. Constitui-se de uma área plana com uso predominante residencial (SEPUD, 2019) e uma 7.981 hab./km² (SEPUD, 2017). A escolha pelo município de Joinville se deu ao fato de que o LabFSG vem desenvolvendo pesquisas com os dados do município há um tempo, o que facilitou o acesso a informações. Selecionou-se esta área devido à condição de boa parte de sua área se encontrar inserida sobre área de preservação permanente e seu surgimento a partir da inserção da indústria siderúrgica Tupy nesta porção da cidade.

Nesta área de estudo, primeiramente se realizou a verificação de diversos momentos da ocupação da área fazendo uma análise com relação a pertinência em relação às legislações urbanísticas e ambientais vigentes em cada etapa de ocupação. Foram realizadas aquisição de dados de sensoriamento remoto com equipamentos RPA e GNSS/RTK, assim como de imagens

satélites VHR existentes. Por último, utilizou-se esta área como modelo de aplicação dos produtos produzidos pelo trabalho para o monitoramento e controle da ocupação do solo urbano. As experimentações foram realizadas para a área total do bairro, equivalente à 2,8 Km² e para um recorte desta área equivalente à 1,0 Km². Após a verificação de uma necessidade de um estudo mais aprofundado a respeito dos procedimentos para o levantamento de dados de sensoriamento remoto e geoprocessamento dos dados com a finalidade de mapear a ocupação do solo em escala compatível ao cadastro imobiliário com relação ao método de georreferenciamento utilizando PCT, passou-se a utilizar o próprio Campus da UFSC como área de estudo.

1.4.1 Estrutura do trabalho

Fora os capítulos de introdução e considerações finais, o trabalho se apresenta dividido em outros seis capítulos. O segundo e terceiro capítulos se referem ao referencial teórico da pesquisa, sendo: o segundo, sobre a problemática urbana, discorre brevemente sobre o surgimento da sociedade urbana, a crise ambiental, a importância da gestão planejamento urbanos, além de apresentar as políticas urbanas no Brasil e a questão das ocupações sobre áreas de preservação, em específico o caso dos manguezais; o terceiro capítulo dispõe sobre as técnicas de sensoriamento remoto aplicadas ao meio ambiente urbano expondo com maior profundidade os sistemas satélites VHR e mini RPA, além de enfatizar as técnicas de georreferenciamento e sobre classificação semiautomatizada.

Os quatro capítulos subsequentes apresentam as metodologias, resultados, análises e discussões referentes aos objetivos específicos. O capítulo quatro, *análise do processo de ocupação urbana mediante o uso de série histórica de imagens aéreas*, desenvolve o objetivo específico (i); o capítulo cinco, *mapeamento da taxa de permeabilidade do solo mediante o uso de técnica de classificação automática/computacional supervisionada com o uso das imagens satélite multiespectrais VHR (worldview-4)*, se refere ao objetivo (ii); O capítulo seis, *geração de modelo ortofotomosaico com dados RPA em escala compatível ao cadastro imobiliário urbano*, se discorrem os objetivos específicos (iii) e (iv); e, o capítulo sete, *aplicação de imagem satélite VHR e ortofotomosaico RPA no controle dos requisitos urbanísticos para a ocupação do solo*, referente ao objetivo específico (v), se apresentam possibilidades de aplicações dos produtos dos desenvolvidos pelos capítulos anteriores. Por fim, dispõem-se as considerações finais, incluindo expectativas não alcançadas e sugestões para trabalhos futuros.

2 A PROBLEMÁTICA URBANA

Entende-se por meio ambiente urbano o espaço onde sucedem diversas atividades humanas como morar, produzir, circular e consumir, em espaço há maior aglomeração de pessoas com forte alteração do meio natural pelo meio construído. A partir de concepções dos campos de biologia, paisagismo e urbanismo, Moreira (1998) conceitua o ambiente urbano como: “Em particular o ambiente urbano compreende as relações dos homens com a natureza, em aglomerações de população e atividades humanas, constituídas pela apropriação e uso do espaço construído e dos recursos naturais” (p. 111).

Nos países em desenvolvimento Lira (2006) discorre sobre a ocupação urbana como sendo marcada:

[...] pelo déficit, pela deficiência de qualidade dos serviços de infraestrutura, pela ocupação predatória de áreas inadequadas, pelos serviços de transporte deficientes, estressantes, poluentes, pela agressão frontal ao meio ambiente natural e ao meio ambiente construído, pela deslegitimação da autoridade pública fomentando um sentimento generalizado de impunidade (p. 261 e 262)

O meio urbano exerce alta pressão em termos de impactos ambientais, tais como: poluição das águas e do ar, supressão da vegetação, impermeabilização do solo gerando problemas de enchentes e enxurradas, além dos impactos sociais como redução da qualidade de vida, inclusive acarretando danos à saúde.

Historicamente se percebe que as cidades vão tomando a forma ditada pelo mercado e chega ao ponto onde deixa de ser reconhecida como tal e passa a conformar o espaço de uma conturbação urbana, o urbanismo está moldado à sociedade do consumo. A partir do momento que se tem ciência da limitação dos recursos naturais, por volta da década de 70, um novo paradigma de desenvolvimento é idealizado, o desenvolvimento sustentável, que ultrapassa a esfera ambiental no sentido simplificado a ecologia e envolve os aspectos sociais e econômicos. Contudo o desenvolvimento sustentável como norteador do planejamento e gestão do solo, muitas vezes, não passa de meras diretivas teóricas, sendo que, na realidade, interesses particulares ou de grupos dominantes direcionam as ações práticas de uso e ocupação do solo

2.1 A CONSTRUÇÃO DO URBANO

A construção do espaço urbano é resultante de relações sociais e econômicas entre distintas classes no decorrer da história, por isso é comum se usar o termo “produção social” do espaço urbano. A partir da revolução industrial a cidade passa de comercial à industrial, momento de inflexão do agrário para o urbano. Com a difusão urbana se sucede a perda do particularismo ecológico. As cidades representam a mão-de-obra necessária às indústrias, além da conseqüente demanda por serviços. A paisagem urbana passa a ser construída pela indústria, “onde há elementos funcionais (matérias-primas, meios de transporte) a indústria se estabelece e provoca a urbanização (LEFEBVRE, 1999). Ou seja, a organização social é proveniente do mercado e há ausência de controle social da atividade industrial. A sociedade funciona por meio do racionalismo técnico e primazia do lucro.

Na 2ª fase da industrialização ocorre a aceleração do ritmo de urbanização em contexto mundial, as cidades se transformam de maneira a se espalharem, se prolongam sobre o meio natural, usufruindo de seus bens, se integrando a outras cidades, perdem suas identidades culturais. As cidades vão se agrupando, se transformam em regiões, como se fossem constelações e como designado por Patrik Geddes nos inícios do século XX conurbações urbanas (GEDDES, 1994), se referindo aos grandes grupos urbanísticos que surgem na Inglaterra e modificam a natureza da autonomia local. Já nesta época, o autor alertava para a privação da sociedade urbana ao campo, à vida campestre, mesmos que haja algumas iniciativas de parques e jardins urbanos, se ressalva a importância do envolvimento da juventude com o campo e a atenção que o Estado deveria dar a esta questão.

A sociedade urbana passa a vivenciar o que se reconhece como fase crítica, em consequência da elevada degradação da vida social urbana. Das fábricas, passa-se à economia global das multinacionais (GOTTDIENER, 1993). Lefebvre (1999) discorre sobre a implosão-explosão do urbano: concentração de pessoas, objetos e pensamentos, além de; fragmentos múltiplos e disjuntos, como nos casos das periferias, subúrbios, residências secundárias e etc., ou seja, o aparecimento de novas formas urbanas, as regiões metropolitanas. Surgem os grandes centros comerciais, os shopping centers, vivencia-se a invasão dos automóveis, das grandes vias e a vida passa a ser excluída da rua, a “cidade” passa a ter a função de dormitório (LEFEBVRE, 2008). A lógica da cidade está na funcionalização e a rua se reduz a espaço de passagem dentro de uma rede organizada pelo e para o consumo.

Lefebvre critica o urbanismo que segue a racionalidade industrial, afirma que as determinações econômicas pesam sobre a construção do humano. A sociedade pós-industrial está conduzida pelo consumo, lazer e abundância. A produção agrícola passa a representar um setor da produção industrial. As sociedades urbanas se constroem sob a lógica da “sociedade burocrática do consumo dirigido”, assim a realidade urbana se estabelece como conjunto e sede de múltiplos mercados (LEFEBVRE, 2008).

A fase crítica da urbanização está associada à devastação da natureza, a cidade se transformou na segunda natureza, nas palavras de Lefebvre, “[...] pedra e metal, erigida sobre a natureza inicial e fundamental, a dos elementos, a terra e o ar, a água e o fogo (2008, p.33)”. Então, a natureza se torna a principal problemática da urbanização mediante as ameaças de escassez e poluição dos elementos fundamentais. Apesar da distância da natureza, enaltece-se os signos ligados a ela, mesmo que fictícia, a referência à natureza é constante. Sob a ótica de Lefebvre (2008), esse fetichismo idealizado nesta fase de crise acaba por levar a uma busca pela natureza artificial. Constata-se que o ser humano se afastou por completo do meio natural, que já havia sendo alertada por Geddes desde a fase da primeira industrialização.

A atual sociedade é a transformação da modernidade, reconhecida como: segunda modernidade, pós-modernidade, pós-industrial, sociedade do consumo. Bauman (2001), cria o termo modernidade líquida, que se particulariza pela descartabilidade, substituição, desperdício de bens, efemeridade. Tal sociedade, é designada por Beck como sociedade de risco.

2.2 A CRISE AMBIENTAL E O PARADIGMA DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

A crise do meio ambiente está fortemente relacionada aos valores de crescimento econômico e consumo da nossa civilização, na realidade, ainda há barreiras na sociedade contra a destruição e degradação da natureza, ao menos quando o propósito de degradação é o desenvolvimento econômico e o bem-estar humano em curto prazo (BUGGE, 2015). Percebe-se que o padrão de consumo da atual sociedade é insustentável, reconhece-se as ameaças e vulnerabilidades produzidas até então, como: as emissões de rejeitos, por exemplo Co₂, a escassez de recursos naturais, os desastres ambientais e biológicos, a pobreza e desnutrição, os desalojados ou desabrigados. Os desastres são resultados de eventos naturais e/ou provocados pela atividade humana que excedem a capacidade de resposta da comunidade afetada. Assim sendo considera-se que os riscos da sociedade dependem de dois fatores, a magnitude do evento e o malefício que este pode provocar à população atingida, ou seja, ameaça mais

vulnerabilidade. Os desastres produzem transtornos às pessoas, aos bens, aos serviços e ao ambiente, muitas vezes, irreparáveis. Como exemplos de elementos que conduzem a sociedade atual a situações de periculosidade, tem-se: o uso do bem ambiental de forma ilimitada pela apropriação, a expansão demográfica, o consumismo, a mercantilização, o capitalismo predatório (LEITE; BELCHIOR, 2012).

A partir do final dos anos 60 com as preocupações acerca da finitude e poluição dos recursos naturais surgem os primeiros movimentos ambientalistas. O marco foi o Clube de Roma, formado por um grupo de intelectuais liderado pelo italiano Aurélio Peccei em 1968, que culminou na Primeira Conferência sobre Meio Ambiente, em Estocolmo, e na publicação “Os limites do crescimento” pelo *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), ambos em 1972. Em 1987 ficou instituída a Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, (*World Commission on Environment and Development - WCED*) que publica o relatório Nosso Futuro Comum (*Our Common Future*) e define desenvolvimento sustentável como sendo aquele que satisfaz as necessidades presentes, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprir suas próprias necessidades.

Na Segunda Conferência Mundial sobre Meio Ambiente de 1992, a ECO-92, sediada na cidade do Rio de Janeiro, ficou estabelecido o compromisso dos países em diminuir as emissões de gás carbônico - Co₂ e a utilização de recursos não renováveis. Cada país tem o compromisso de elaborar suas agendas ambientais (agenda 21). Além disso ficou institucionalizado a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança Climática (*United Nations Framework Convention on Climate Change – UNFCCC*) que culminou no Protocolo de Kyoto, tratado que coloca metas de redução de emissão de gases do efeito estufa aos países desenvolvidos, industrializados ou em transição para o capitalismo. O protocolo foi criado em 1997 e entrou em vigor a partir de 2005, cujo primeiro período de comprometimento foi de 2008 a 2012 e o segundo de 2013 a 2020. Em 2017, o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas - IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) alertou o prazo do ano 2020 como limite para um processo de irreversibilidade para os desastres planetários, caso não haja efetiva redução nas emissões de gases do efeito estufa – GEE. O acordo de Paris de 2017, *Climate Turning Point* (Ponto de inversão climática), estabelece a missão 2020, cujas metas básicas globais inferem diretamente no uso de energia, transporte, uso da terra, indústria, infraestrutura e finanças. Em 2019, na COP 25 em Madrid, constata-se que não houve progresso na redução dos GEE (MARQUES; GUIMARÃES, 2020).

O termo de desenvolvimento sustentável costumava estar mais relacionado ao aspecto ambiental, sob o viés da ecologia. Contudo, passou a abranger o aspecto social, além de que, deve ser exequível em termos econômicos. Assim, a concepção de desenvolvimento sustentável se apoia sobre três pilares básicos: o social, o ambiental e o econômico. Segundo Sachs (2007), a ideia de desenvolvimento é aquele ecologicamente correto, economicamente viável e socialmente justo. Para Jacobi (2003), “A noção de sustentabilidade implica uma necessária inter-relação entre justiça social, qualidade de vida, equilíbrio ambiental e a necessidade de desenvolvimento com capacidade de suporte. ” Ainda há um quarto aspecto que deve ser considerado, o cultural, ou seja, a inserção e aceitação local. Conforme Guell (2013), em termos de planejamento e gestão urbanos, acrescenta-se outro aspecto, o institucional administrativo.

2.3 A PROBLEMÁTICA URBANA BRASILEIRA

Atualmente, 84,72% da população brasileira vive em áreas urbanas (IBGE, 2020). A urbanização acelerada vivenciada na segunda metade do século passado coincide com o final do período de crescimento econômico brasileiro, resultou na produção de territórios urbanos de forma a consumir as injustiças e desigualdades da sociedade. (LOCH, 2019b)

2.3.1 A ocupação urbana irregular no Brasil

A partir da década de 70 que ocorre a urbanização em maior expressividade no Brasil, surgem as periferias. Foi um período de êxodo rural em função do crescimento econômico nas cidades. “A vinda dessa população do campo para a cidade, por pior que fosse a condição na cidade, era melhor que no campo: a mortalidade infantil diminuiu muito; a expectativa de vida aumentou; a escolaridade aumentou, tudo isso tem muito a ver com processo de urbanização ” (MARICATO, 2015, p. 15). A década de 80 e 90 foi marcada por um crescimento econômico neoliberal, sem desenvolvimento de políticas sociais e falta de regulamentações, tal realidade reflete no ambiente urbano construído (MARICATO, 2015).

A ocupação irregular ou clandestina, ou seja, a “cidade informal”, representa a forma abusiva do crescimento urbano sem controle, próprio da “cidade” industrial metropolitana. Tal situação gera problemas socioambientais e situações de risco tais como enchentes, deslizamentos, destruição de áreas verdes protegidas, contaminação do lençol freático ou das

águas superficiais, doenças respiratórias provocadas por falta de ventilação das moradias (GROSTEIN, 2001).

No caso do Brasil, a inexistência de uma política habitacional, que responda ao significativo aumento da população urbana em consequência da industrialização de maneira planejada e consistente resulta em assentamentos desordenados e injustamente tendenciosos, consolidando a questão da "segregação residencial" (LIRA, 2006).

Para Maricato (2013, p.152), "a invasão de terras urbanas no Brasil é parte intrínseca do processo de urbanização, [...] estrutural e institucionalizada pelo mercado imobiliário excludente e pela ausência de políticas sociais". Dentre os fatores levantados pela autora que constroem este cenário está: a cumplicidade dos gestores públicos e os agentes da iniciativa privada no direcionamento dos investimentos em infraestrutura, favorecendo a especulação imobiliária e a gentrificação. A autora discorre que a ocupação de terras urbanas tem sido tolerada em algumas localizações (nas áreas que não interessam ao mercado imobiliário), como forma de amenizar as tensões sociais, na falta de outras políticas públicas eficientes.

Contudo, as ocupações irregulares não somente se reportam a população de baixa renda, mas também àquela de maior poder.

[...], engana-se quem confunde ocupações irregulares e regularização fundiária urbana com população carente. [...] Conquanto um elevado volume dessas ocupações decorra do desespero de boa parte da população brasileira, desprovida de condições financeiras mínimas para acessar espaços de moradia digna e mantê-los, não se pode perder de vista que parcela das ocupações desponta como estratégia maliciosa de certos grupos sociais e econômicos privilegiados, que as emprega com o objetivo de se enriquecer indevidamente por meio da apropriação ilícita de bens públicos ou privados fora de processos regulares de parcelamento e de aquisição de posse ou propriedade (MARRARAL; CASTRO, 2019, p. 3).

De modo geral, a realidade da situação de alta ocorrência de ocupações irregulares no Brasil decorre no grande movimento migratório do campo-cidade ocorrido a partir da década de 70 combinado com a negligência ao planejamento urbano, em muitas vezes mal feito ou com segundas intenções, como propósitos segregacionistas ou especulativos.

A responsabilização pela ocupação irregular é primeiramente atribuída aos ocupantes, mas o Município não se exime desta, pois, deve zelar pelo adequado e correto ordenamento territorial quanto ao parcelamento, ocupação e uso do solo urbano (VIANNA et al, 2007). Contudo, percebe-se que o Estado muitas vezes é conivente com a ocupação irregular a fim de

abrandar a problemática da falta de políticas públicas e de controle e fiscalização do uso e ocupação do solo urbano, fazendo-se corresponsável por esta ocupação.

2.4 PLANEJAMENTO E GESTÃO URBANOS

Para Gottdiener (1993) o espaço é um produto político de ações pretendidas e não pretendidas que levam à possibilidade de um design e uso mais inteligente do meio ambiente. Cabe ao planejamento urbano: (i) a reprodução dos sistemas urbanos (regulação); (ii) a modificação dos elementos do sistema urbano sem mudar as relações (reforma), e; (iii) a transformação do sistema urbano (CASTELLS, 1983). Conforme colocado por Geddes, no início do século passado, o levantamento unificado de uma conurbação urbana é fundamental às questões de saúde pública e planejamento urbano (GEDDES, 1994). Considerado o planejamento urbano com fins à saúde pública, pode-se dizer que a análise da conurbação como um todo é fundamental à saúde pública.

Na década de 80 com o avanço do neoliberalismo e a ideologia de estado mínimo e desregulamentação, o planejamento urbano sofre um enfraquecimento e há o fortalecimento do termo gestão (SOUZA, 2010). De qualquer maneira, quer seja o planejamento, quer seja gestão, o Estado como responsável pelo provimento de serviços urbanos desempenha um papel importante na construção do espaço urbano, uma vez que a partir do momento que gera infraestrutura demanda a ocupação por atividades humanas e consequente valorização do solo (SINGER, 1982).

Atenta-se à questão das ações de planejamento e gestão tendenciosas, ou seja, levadas pelas relações de representatividade e poder que podem variar conforme a ideologia de cada grupo político, ainda que, em grande parte, estas provêm do racionalismo industrial (LEFEBVRE, 2008). Desta forma, a classe política intervém e articula a formação social do urbano de modo a assegurar o modo de produção dominante (CASTELLS, 1983). Além do mais, entre os planos e a execução há distorções. Sob tal ótica, se considera que o planejamento e a gestão do uso e ocupação do solo urbano ficam sujeitos às forças economicamente influentes que direcionam a formação do espaço urbano de forma a manterem seus domínios. Embora a esta lógica de reprodução da ordem vigente na sociedade, Souza (2010) acredita que isso não precisa ser assumido como uma verdade única, os conflitos e contradições podem levar a outras situações.

2.4.1 A gestão urbana para o desenvolvimento sustentável

Frente às constatações de situações de escassez planetária e comprometimentos ambientais globais, o Estado, como agente administrativo, deveria ter por obrigação a promoção desenvolvimento sustentável. Na conferência das Nações Unidas sobre assentamentos humanos de Istambul de 1996 (Habitat II) a aplicação dos conceitos de sustentabilidade foi incorporada às diretrizes de construção das cidades, também reforçado Habitat III realizada em Quito em outubro de 2016 que estabelece o desenvolvimento urbano resiliente e ambientalmente sustentável na agenda urbana (UN, 2016). Outro aspecto apontado na Habitat II é a participação social como fator fundamental para construção do desenvolvimento de assentamentos humanos sustentável (UN, 1996).

De acordo com Souza (2010), o objetivo fundamental do planejamento e gestão urbanos com estratégia de desenvolvimento socioespacial é composto pela melhoria da qualidade de vida e aumento da justiça social. Com relação à justiça social, cabe-se levar em consideração que cada grupo social tem suas carências, assim não pode ser visto pelo sentido simplista do termo igualdade social, mas sim do ponto de vista de liberdade (SEM, 1997 *apud* SOUZA, 2010). Segundo Souza (2010) ainda há dificuldade em se estabelecer uma parametrização neste sentido.

Conforme Güell (2013), o planejamento urbano contemporâneo possui quatro diretrizes, sendo três delas os eixos estruturantes do desenvolvimento sustentável, as diretrizes econômicas, sociais e ambientais articuladas pela quarta diretriz, a administrativa. Ou seja, o aspecto institucional administrativo está relacionado à operacionalização do planejamento e gestão urbanos com objetivo de promover o desenvolvimento sustentável. Tais aspectos se revelam de grande complexidade.

Segundo o modelo de “governabilidade” urbana proposto por Güell (2013), a base da gestão inclui a incorporação massiva de novas tecnologias, capacitação das administrações locais, criação de capital social e garantia de transparência. Sendo que a implementação de um processo contínuo de planejamento e o desenvolvimento de competências organizacionais devem fomentar à reflexão das estratégias de planejamento para o desenvolvimento local. A metodologia de planejamento urbano apresentada pelo autor parte da caracterização dos modelos atuais de desenvolvimento físico, econômico e social para então, seguir com a análise dos fatores externos e internos. A análise dos fatores externos envolve os aspectos referentes ao entorno, à demanda e aos sistemas urbanos. Já a análise dos fatores internos refere-se aos

recursos humanos, atividades produtivas, comunicação, qualidade de vida e apoio público. A partir das análises são elaboradas e desenvolvidas as estratégias, considerando as três esferas do desenvolvimento, físico, econômico e social. Após a implantação do plano se prossegue com sua revisão, fazendo do planejamento urbano um processo contínuo de gestão, coordenação, participação e comunicação (GÜELL, 2013).

Atenta-se ao planejamento estratégico que associam as cidades à gestão de uma empresa (SILVA; FAÇANHA, 2017). O desenvolvimento urbano é influenciado por diversos agentes: organizações em nível continental, estado nacional, governo regional, municipalidade, autoridades públicas, universidades, centros de investigações, organizações não governamentais. A participação, reivindicações e movimentos sociais a partir da problemática urbana vivenciada são fundamentais para as ações de planejamento urbano. Contudo, nem sempre os habitantes estão presentes nas decisões e ações de planejamento, sujeitos ao cotidiano, e nas palavras de Castells (1983), se configuram como agentes passivos. Ou mesmo os diversos agentes, organizações comunitárias ou grupos locais, geralmente visão por seus próprios interesses particulares (PAULEIT; DUHME, 2000).

O planejamento e a gestão do uso e ocupação do solo urbano muitas vezes estão sujeitos às forças economicamente influentes, como no caso do Brasil, o mercado imobiliário que tem grande influência nas ações de urbanização do Estado. A especulação imobiliária, prevendo a expansão urbana, que pode tanto se consolidar como não, adquire a baixo custo as terras adjacentes às áreas já consolidadas, promovendo seu loteamento e pressionando a provisão de infraestrutura por parte do estado, assim estas áreas passam a ter preço mais elevado (SINGER, 1982). “Empreendedores imobiliários, empreiteiros de obras públicas e concessionários de serviços dialogam permanentemente com os executivos e legislativos municipais, e sobre estes exercem grande pressão e influência” (ROLNIK; CYMBALISTA e NAKANO, 2011).

Cabe ao órgão articulador formado pela esfera administrativa integrar as diferentes organizações em busca de um propósito comum e cabe aos especialistas a leitura das problemáticas urbanas a partir da descrição multidisciplinar e de natureza complexa. (CASTELLS, 1983). Fato que exige técnicas avançadas para se obter informações diversas e atuais sobre o padrão, as características e as modificações de um ambiente urbano (ESCH et al, 2010). De acordo com Jacobi (2003), maior acesso à informação e transparência na gestão dos problemas ambientais urbanos pode significar uma reorganização de poder e autoridade.

É do aprofundamento da democracia que depende a qualidade de qualquer sociedade organizada num mundo cada vez mais enfermo (MARQUES, 2020). Para que se haja a profunda democracia é necessário o conhecimento do que ocorre no território em nível de parcela e isso requer produtos cartográficos, ou seja mapas. Portanto é necessário que a população tenha conhecimento a respeito destes. Os mapas são a maneira de dialogar sobre o que acontece no território e sua atualização é imprescindível, permite a fiscalização quanto as leis de uso e ocupação do solo. Assim sendo, os mapas são fundamentais para a gestão participativa, por exemplo, a execução de um Plano Diretor, requer o mapeamento atualizado do território em questão. Com o atual avanço na tecnologia e comunicação, é necessário que a gestão pública se adapte às padronizações de um sistema de informações geográficas único para o planejamento racional do uso do solo. (LOCH; ROSEIFELDT, 2019). Os mapas temáticos dentro de um mesmo sistema geográfico compõem as diversas categorias e permitem a sobreposição entre si e consequentes análises dos fenômenos. As análises são facilitadas se utilizando um ambiente computacional de SIG que permite a automatização de operações.

2.4.2 O Cadastro Técnico Multifinartário Urbano

O Cadastro técnico Multifinartário - CTM fornece informações físicas espaciais municipais ou de bairro, ou ainda de quadra (LOCH; ROSEIFELDT, 2015) para a gestão territorial. Envolve medições, legislação e aspectos econômicos. As medições vão desde a parte cartográfica até a avaliação socioeconômica da população. Quanto à legislação é necessário o conhecimento das leis vigentes e a coerência com a realidade local e regional. Já os aspectos econômicos, dizem respeito à racionalização do uso do solo, compreendendo desde a ocupação do solo na área rural até o zoneamento da área urbana (LOCH; ERBA, 2007).

A célula básica de CTM deve ser a parcela, que pode ser definida como a menor unidade territorial cujo levantamento seja jurídica e economicamente relevante (CARNEIRO et al, 2012). O cadastro parcelar mapeia todas as unidades territoriais do município, e permite analisar e corrigir conflitos entre a situação “legal” e “real” do imóvel, assim, combinando dados de registros e produtos cartográficos, onde todas as parcelas possuem um identificador numérico inequívoco, com o qual se permite: (i) interpretar as análises espaciais necessárias ao planejamento territorial, a partir do cruzamento de todas estas informações, gerando os produtos conforme as demandas; (ii) garantir a função social da terra; (iii) identificar áreas de conflitos, seja por sobreposição de limites e títulos, seja por fragilidade ambiental, seja por carência de

infraestrutura; (iv) garantir a justiça social, com a distribuição tributária baseada em uma Planta de Valores Genéricos atualizada, entre outros. É considerado, portanto, como instrumento chave para monitorar o crescimento dos municípios, definir estratégias de planejamento, analisar o impacto de intervenções advindas do planejamento, entre outros (CUNHA; ERBA, 2010).

O Quadro 2 – Estrutura cartográfica municipal apresenta a estrutura da cartografia municipal constando as escalas apropriadas, elementos a serem representados e especifica os usos. Tal estrutura permite o estabelecimento de um cadastro técnico multifinalitário adequado à gestão territorial urbana. (LOCH; ERBA, 2007).

“Cartografia cadastral é fundamental para representar o levantamento sistemático do limite das parcelas territoriais de modo a corresponderem a uma localização territorial única. Os limites das parcelas ficam amarrados ao Sistema Geodésico Brasileiro (SGB). Um sistema de apoio geográfico permite relacionar todos os diferentes produtos cartográficos (infraestrutura, loteamentos, áreas irregulares, etc). As parcelas passam assim a ser contíguas de forma a não haver sobreposição e/ou lacunas entre elas.” (ROSENFELDT; LOCH, 2012, p. 214)

Quadro 2 – Estrutura cartográfica municipal

Documento	Escala 1:		Elementos Representados
			Uso
Carta Geral do Município	10.000 a 5.000	a	Curvas de nível, hidrografia, vegetação, sistema viário, edificações, ruas, limites jurídicos
			Desenvolvimento do Plano Diretor Municipal e definição de estratégias em todos as áreas do governo e privadas
Carta Referencia Cadastral	de 10.000 a 5.000	a	Somente planimetria, identificação da nomenclatura cadastral, loteamentos e zonas tributárias
			Base para a organização do Cadastro Municipal
Carta valores	de 10.000 a 5.000	a	Valores do terreno por quarteirão
			Gestão fiscal do imposto territorial
Planta Cadastral Municipal	2.000 a 1.000	a	Informações correspondentes ao uso do solo urbano
			Apoio ao planejamento urbano e a gestão territorial
Planta quadra	de 1.000 a 500		Ruas limites de parcelas, projeções das construções e nomenclaturas cadastrais correspondentes
			Gestão detalhada
Planta topografica	1.000 a 250		Ruas, limites de parcela, projeção das construções
			Registro de imóveis

Fonte: adaptado de Loch e Erba (2007)

Em área urbana, o Cadastro Técnico, a partir da planta cadastral (desde de que sejam em escalas gráficas maiores, como: 1/2.000, 1/1.000, 1/500), permite a análise no nível da

parcela cadastral, possibilitando assim, o uso de sistemas cadastrais como fonte de informação para o planejamento urbano (LOCH; ERBA, 2007).

O Cadastro Técnico para que seja muntifinalitário deve permitir que uma unidade cadastral seja avaliada por diversos mapas temáticos, seja o fundiário, solos, geologia, uso do solo, declividades, vegetação, capacidade de uso, aptidão do solo, entre outros. Assim sendo é fundamental o uso de uma plataforma computacional de SIG, no qual se permite as confrontações entre os mais variados mapas temáticos, ou a confrontação temporal quanto as mudanças que ocorrem com relação ao mesmo tema. (LOCH; ROSELFELDT, 2015).

Inicialmente o poder público deve constituir uma equipe multidisciplinar que compreenda a correlação do CTM com o planejamento e o potencial do SIG para estabelecer as conversações entre os mais variados usuários de diferentes secretarias municipais, autarquias estaduais e federais ou mesmo com os investidores que pretendam investir em indústrias e no comércio do município (LOCH; ROSELFELDT, 2015, p. 79).

O CTM deve possuir um referencial geodésico único em que toda unidade administrativa possa correlacionar suas informações entre si. Assim sendo, é importante que a identificação de cada vértice das unidades cadastrais seja expressa em coordenadas dentro do sistema geodésico estabelecido com precisão e unívoca (LOCH; ROSELFELDT, 2015).

Considera-se o CTM, a partir de dados padronizados, o melhor meio de se estabelecer a transparência pública em gestão territorial, onde se pode apresentar e justificar a aplicação de recursos. O levantamento cadastral deve ter confiabilidade e atualização. O monitoramento em nível de unidades cadastrais permite identificar a coerência da ocupação do solo às leis de uso do solo. Portanto, o CTM se constitui uma fazendo-se ferramenta de justiça social (LOCH; ROSELFELDT, 2015).

2.5 AS POLÍTICA URBANAS NO BRASIL

A partir de meados da década de 60 e 70, fruto de reivindicações sociais, a questão urbana passou a ganhar espaço nas discussões políticas brasileiras, em 1986 foi consolidada na proposta de Emenda Popular da Reforma Urbana e em 1987 se organizou o Movimento Nacional da Reforma Urbana (TORRES; GINTERS, 2016; TONELLA, 2013).

Reforma Urbana significa a transformação do meio ambiente urbano para a construção de uma sociedade mais justa, democrática e sustentável. É a busca por cidades que respeitem e garantam o direito à moradia, ao saneamento

ambiental, à infraestrutura urbana, à saúde, à educação, à cultura, ao trabalho e ao lazer para presentes e futuras gerações. (TORRES; GINTERS, 2016, p. 13)

Assim, em seguida, houve a inserção da política urbana na Constituição Federal de 88, disposta nos artigos 182 e 183. O art. 182 delibera sobre o direito da propriedade imobiliária urbana dentro do princípio da função social da cidade. Entende-se por função social aquela onde os direitos coletivos sobressaem aos individuais, desta forma, o uso do solo deve garantir aos cidadãos qualidade de vida, justiça social e desenvolvimento de atividades econômicas; e o artigo 183 sobre a concessão de domínio de área urbana até duzentos e cinquenta metros quadrados, da terra urbana por cinco anos, ininterruptamente e sem oposição, utilizando-a para sua moradia ou de sua família, desde que não seja proprietário de outro imóvel.

O Estatuto da Cidade, instituído pela Lei nº 10.257 de 10 de julho de 2001 (BRASIL, 2001), regulamentou os artigos 182 e 183 e representou um marco conceitual jurídico-político de regulação do uso da propriedade urbana e da ordenação das funções sociais da cidade (MATTOS, 2002). As diretrizes gerais do Estatuto da Cidade compreendem:

- I – **garantia do direito a cidades sustentáveis**, entendido como o direito à terra urbana, à moradia, ao saneamento ambiental, à infraestrutura urbana, ao transporte e aos serviços públicos, ao trabalho e ao lazer, para as presentes e futuras gerações;
- II – **gestão democrática por meio da participação da população e de associações representativas dos vários segmentos da comunidade** na formulação, execução e acompanhamento de planos, programas e projetos de desenvolvimento urbano;
- III – **cooperação entre os governos, a iniciativa privada e os demais setores da sociedade** no processo de urbanização, em atendimento ao interesse social;
- IV – planejamento do desenvolvimento das cidades, da distribuição espacial da população e das atividades econômicas do Município e do território sob sua área de influência, de modo a **evitar e corrigir as distorções do crescimento urbano e seus efeitos negativos sobre o meio ambiente**;
- V – **oferta de equipamentos urbanos e comunitários**, transporte e serviços públicos adequados aos interesses e necessidades da população e às **características locais**;
- VI – **ordenação e controle do uso do solo**, de forma a evitar: (a) a utilização inadequada dos imóveis urbanos; (b) a proximidade de usos incompatíveis ou inconvenientes; (c) o parcelamento do solo, a edificação ou o uso excessivos ou inadequados em relação à infraestrutura urbana; (d) a instalação de empreendimentos ou atividades que possam funcionar como polos geradores de tráfego, sem a previsão da infraestrutura correspondente; (e) a retenção especulativa de imóvel urbano, que resulte na sua subutilização ou não utilização; (f) a deterioração das áreas urbanizadas; (g) a poluição e a degradação ambiental;

- VII – **integração e complementaridade entre as atividades urbanas e rurais**, tendo em vista o desenvolvimento socioeconômico do Município e do território sob sua área de influência;
- VIII – **adoção de padrões de produção e consumo de bens e serviços e de expansão urbana compatíveis com os limites da sustentabilidade ambiental, social e econômica do Município e do território sob sua área de influência**;
- IX – **justa distribuição dos benefícios e ônus** decorrentes do processo de urbanização;
- X – adequação dos instrumentos de política econômica, tributária e financeira e dos gastos públicos aos objetivos do desenvolvimento urbano, de modo a **privilegiar os investimentos geradores de bem-estar geral e a fruição dos bens pelos diferentes segmentos sociais**;
- XI – recuperação dos investimentos do Poder Público de que tenha resultado a valorização de imóveis urbanos;
- XII – **proteção, preservação e recuperação do meio ambiente natural e construído, do patrimônio cultural, histórico, artístico, paisagístico e arqueológico**;
- XIII – **audiência do Poder Público municipal e da população** interessada nos processos de implantação de empreendimentos ou atividades com efeitos potencialmente negativos sobre o meio ambiente natural ou construído, o conforto ou a segurança da população;
- XIV – **regularização fundiária e urbanização de áreas ocupadas por população de baixa renda mediante o estabelecimento de normas especiais de urbanização, uso e ocupação do solo e edificação**, consideradas a situação socioeconômica da população e as normas ambientais;
- XV – simplificação da legislação de parcelamento, uso e ocupação do solo e das normas edilícias, com vistas a permitir a redução dos custos e o aumento da oferta dos lotes e unidades habitacionais;
- XVI – isonomia de condições para os agentes públicos e privados na promoção de empreendimentos e atividades relativos ao processo de urbanização, atendido o interesse social.

(Brasil, 2008, Art. 2º, p. 15 e 16 – Grifo próprio)

Uma série de instrumentos comportam a lei do Estatuto da Cidade, dentre os quais, o Plano Diretor (PD) representa a base da ordenação do solo. Instituído por lei complementar, o PD define a ocupação do solo e as regras do planejamento da cidade em nível municipal e cujo objetivo maior é cumprir constitucionalmente com a garantia da função social da cidade. “Cabem às normas do PD estabelecer os limites, as faculdades, as obrigações e as atividades que devem ser cumpridas pelos particulares referentes ao direito de propriedade urbana” (SAULE JÚNIOR, 2002, p.255).

O PD é obrigatório para cidades com mais de vinte mil habitantes, além das cidades integrantes de regiões metropolitanas e aglomerações urbanas, das cidades onde o poder público municipal pretenda utilizar os instrumentos urbanísticos previstos constitucionalmente (parcelamento ou edificação compulsórios; imposto sobre a propriedade urbana progressivo; e,

desapropriação com pagamento mediante dívida pública), das integrantes de áreas de interesse turístico ou que estejam inseridas na área de influência de empreendimentos ou atividades de significativo impacto ambiental. Deve ser revisto a cada 10 anos.

Conforme Villaça (2005), “o PD abrange todos os problemas fundamentais da cidade inclusive e principalmente os de transportes, saneamento, enchentes, educação, saúde, habitação, poluição do ar e das águas etc. e até mesmo questões ligadas ao desenvolvimento econômico e social do município” (p.9).

Durante a concepção do PD deve-se considerar os aspectos relacionados ao acompanhamento e controle das ações previstas para sua implementação. Diversas prerrogativas são impostas em um PD que conforma o espaço urbano, porém a contemplação destas pode não ser efetivada frente a complexidade de relações ao qual estão sujeitas (SILVA; FAÇANHA, 2017).

Constata-se que os PD são marcados por propostas que privilegiam as elites e expulsam os pobres de áreas valorizadas (SILVA; FAÇANHA, 2017). O PD e o zoneamento municipal como instrumentos de planejamento, estabelecem a cidade virtual que não se refere às condições reais de produção da cidade pelo mercado imobiliário. O zoneamento define padrões de ocupação para mercados de classe média a alta e destina escassa área para os mercados de baixa renda, muitas vezes essa parcela da população é ignorada. (LOCH, 2019b)

Apesar da gestão democrática ser estabelecida pela política urbana com fins de efetiva participação direta da população e das associações representantes na formulação e implementação da política urbana através de audiências, consultas, conselhos, estudos de impacto de vizinhança, iniciativa legislativa popular e orçamento participativo, a participação popular é um ponto vulnerável na elaboração, implementação e acompanhamento sistemático de um plano diretor. Não há descrição a respeito de metodologias para o processo de participação popular na elaboração dos planos diretores (VILLAÇA, 2005).

Villaça (2005) e Saboya (2010) atentam para processos de pseudoparticipação e “pseudotecnismo”. Villaça (2005) expressa que há grande diferença de interesses entre as classes e, por outro lado, há falta de interesse e até mesmo um complexo de inferioridade vivenciada pela classe social desfavorecida no processo participativo de elaboração dos Planos Diretores. Acrescenta ainda a respeito das emendas do Plano Diretor que surgem de um dia para outro e/ou de ações pontuais beneficiando uns e não outros. Saboya (2010) aponta para o caso de pseudoparticipação e “pseudotecnismo”. Pseudoparticipação, quando os encontros se limitam somente à apresentação das propostas sem processo deliberativo pela comunidade,

além de não ser feita veiculação efetiva desta; e pseudotécnica, quando a equipe técnica não argumenta tecnicamente as diretrizes propostas e se instala uma “democracia de fachada”.

Diante destes cenários de manipulação nas ações de gestão urbana, vê-se a importância da política urbana que ordene a utilização do solo urbano, à base da qual se identifique uma concepção renovada e democrática do direito de propriedade. Portanto cabe à concepção urbanística contemporânea que o solo urbano como bem capital se difere dos demais produtos: seu valor depende do seu entorno; e, sua utilização não é configurada pela vontade individual de seus proprietários, mas sim pelo interesse coletivo em prol da qualidade de vida comunitária (LIRA, 2006).

Ainda que a participação social seja premissa das ações administrativas e consolidantes das políticas urbanas democráticas, a realidade se apresenta diferentemente. O uso do solo urbano, principalmente se tratando de um bem valioso, é disputado por interesses particulares e recaindo à manipulação de grupos de maior poder. Assim, é importante que as ações configuradoras de políticas públicas promovam a efetiva e consciente participação da população nas decisões acerca do meio urbano, que ainda vai além de fornecer o conhecimento sobre o território a respeito da ação específica, como mais a fundo, na educação fundamental, pois os autores sociais precisam ter conhecimento a respeito dos direitos sociais, dentre eles o urbanístico, pois atualmente vivemos o período da sociedade urbana. São necessárias ações que promovam a erradicação do “analfabetismo urbanístico”.

2.5.1 Regularização fundiária

A regularização fundiária é um processo complexo que além de promover a titulação de posse ou propriedade do imóvel deve atender aos padrões urbanísticos, aos aspectos ambientais e sociais a fim de garantir o pleno desenvolvimento das funções sociais da propriedade urbana e o direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado instituídas constitucionalmente. Assim a regularização fundiária deve estar articulada com a regularização urbanística e ambiental (MENDONÇA, 2020). Na visão ampla de Marrara e Castro (2019), “trata-se de processo multifacetado, conduzido por diferentes instâncias, que visa a delimitar áreas sob ocupação irregular, organizar e viabilizar a titulação dos ocupantes e prover o espaço atingido com as infraestruturas, utilidades e serviços necessários à garantia do direito à cidade”.

Apesar do Decreto lei nº 271, de 28 de fevereiro de 1967 e da Lei nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979 disporem sobre regras para o parcelamento e ocupação do solo urbano, foi a

partir da Política Urbana inserida Constituição de 88, que prevê a adoção do PD e a função social da propriedade urbana, além da concessão de uso à habitação social, que a questão da regularização fundiária se esboça, ganha força com a lei do Estatuto da Cidade de 2001 e se consolida com a lei 11.977, de 07 de julho de 2009, sendo recentemente substancialmente alterada pela Lei nº 13.465, de 11 de julho de 2017.

O Decreto lei nº 271, de 28 de fevereiro de 1967, dispunha basicamente sobre loteamento urbano, responsabilidade do loteador e concessão do uso e espaço. Já a lei de 79, a de parcelamento do solo urbano, passou a incorporar requisitos de urbanismo para loteamentos, tais como: porcentagem de áreas destinadas a sistemas de circulação, a implantação de equipamento urbano e comunitário, bem como a espaços livres de uso público; e dimensões mínimas dos lotes.

I - as áreas destinadas a sistema de circulação, a implantação de equipamento urbano e comunitário, bem como a espaços livres de uso público, serão proporcionais à densidade de ocupação prevista para a gleba, ressalvado o disposto no § 1º deste artigo

II - os lotes terão área mínima de 125m² (cento e vinte e cinco metros quadrados) e frente mínima de 5 (cinco) metros, salvo quando o loteamento se destinar a urbanização específica ou edificação de conjuntos habitacionais de interesse social, previamente aprovados pelos órgãos públicos competentes (BRASIL, 1979, Capítulo II, inc. II)

Esta lei dispõe sobre a proibição de venda ou promessa de venda de parcela de loteamento ou desmembramento não registrado e apresentou medidas de restrição quanto às áreas a serem ocupadas pelo parcelamento do solo para fins urbanos:

Parágrafo único - Não será permitido o parcelamento do solo:

I - em terrenos alagadiços e sujeitos a inundações, antes de tomadas as providências para assegurar o escoamento das águas;

II - em terrenos que tenham sido aterrados com material nocivo à saúde pública, sem que sejam previamente saneados;

III - em terrenos com declividade igual ou superior a 30% (trinta por cento), salvo se atendidas exigências específicas das autoridades competentes;

IV - em terrenos onde as condições geológicas não aconselham a edificação;

V - **em áreas de preservação ecológica ou naquelas onde a poluição impeça condições sanitárias suportáveis, até a sua correção.** (BRASIL, 1979, Art. 3º, grifo próprio)

A Lei nº 9.785, de 29 de janeiro de 1999, complementa a da Lei de Parcelamento do Solo de 79 inserindo as medidas proporcionais destinadas a sistemas de circulação, a implantação de equipamento urbano e comunitário, bem como a espaços livres de uso público,

assim como os usos permitidos e os índices urbanísticos de parcelamento e ocupação do solo, previstas por zoneamento estabelecidos pelo PD ou aprovada por lei municipal. Ou seja, a lei de 1999 incluiu a observância ao PD.

A questão da regularização fundiária ganha força com a lei do Estatuto da Cidade incluindo-a em suas diretrizes, assim como, se fazendo instrumento da política urbana. A Medida Provisória nº 2.220, de 4 de setembro de 2001, dispõe sobre a concessão de uso especial regulamentando o disposto no artigo 183 da Constituição na Lei do Estatuto da Cidade, além de criar o Conselho Nacional de Desenvolvimento Urbano – CNDU. Encontra-se disposto no art. 1º desta lei e atualizado pela medida provisória nº 759 de 22 de dezembro de 2016:

Aquele que, até 22 de dezembro de 2016, possuiu como seu, por cinco anos, ininterruptamente e sem oposição, até duzentos e cinquenta metros quadrados de imóvel público situado em área com características e finalidade urbanas, e que o utilize para sua moradia ou de sua família, tem o direito à concessão de uso especial para fins de moradia em relação ao bem objeto da posse, desde que não seja proprietário ou concessionário, a qualquer título, de outro imóvel urbano ou rural. (BRASIL, 2001; 2016)

O código civil de 2002 dedicou capítulos sobre a usucapião e os direitos de vizinhança, consagrando a função social da propriedade. A Lei nº 11.481, de 31 de maio de 2007, autoriza as ações regularização fundiária em terras da união:

"Art. 1º É o Poder Executivo autorizado, por intermédio da Secretaria do Patrimônio da União do Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, a executar ações de identificação, demarcação, cadastramento, registro e fiscalização dos bens imóveis da União, bem como a regularização das ocupações nesses imóveis, inclusive de assentamentos informais de baixa renda, podendo, para tanto, firmar convênios com os Estados, Distrito Federal e Municípios em cujos territórios se localizem e, observados os procedimentos licitatórios previstos em lei, celebrar contratos com a iniciativa privada." (BRASIL, 2007, Art. 1º)

A Lei nº 11.977, de 07 de julho de 2009, lei do Programa Minha Casa, Minha Vida – PMCMV e regularização fundiária de assentamentos localizados em áreas urbanas é a primeira legislação de fato sobre regularização fundiária. Segundo esta, “a regularização fundiária consiste no conjunto de medidas jurídicas, urbanísticas, ambientais e sociais que visam à regularização de assentamentos irregulares e à titulação de seus ocupantes, de modo a garantir o direito social à moradia, o pleno desenvolvimento das funções sociais da propriedade urbana e o direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado. ” (BRASIL, 2009, Art. 46). A

Regularização Fundiária tanto pode ser de interesse social como de interesse específico. Se tratando de interesse social o projeto de regularização fundiária deverá definir os parâmetros urbanísticos e ambientais específicos em função das características da ocupação. Neste caso se admite a regularização fundiária em APP ocupadas até 31 de dezembro de 2007 e inseridas em área urbana consolidada, desde que comprovada a melhoria das condições ambientais em relação a ocupação irregular anterior. Com relação à regularização fundiária de interesse específico, a este podem ser exigidas contrapartidas em termos de compensações urbanísticas e ambientais, sendo que a regularização fundiária em APP fica sujeita ao estabelecido pelo então Código Florestal de 65 que não admitia a ocupação de APP (BRASIL, 2009).

A incorporação da regularização fundiária juntamente com obrigatoriedade dos processos de elaboração de planos diretores municipais em todo território nacional, passou a ser considerada como uma das diretrizes da política urbana. “Trata-se de um problema social e de má gestão do uso do solo” (ROSENFELDT E LOCH, 2012, p. 214).

A Lei de 2009 foi alterada pela Medida Provisória nº 759, de 22 de dezembro de 2016, logo em seguida se regulamenta a Lei nº 13.465, de 11 de julho de 2017. Estabeleceu-se a REURB e se inseriu o termo núcleo urbano, ao qual se refere ao assentamento humano, com uso e características urbanas, constituído por unidades imobiliárias de área inferior à fração mínima de parcelamento prevista na Lei de parcelamento de 72. Os dispositivos da regularização fundiária poderão ser aplicados aos núcleos urbanos informais comprovadamente existentes até 22 de dezembro de 2016. Dispõe sobre as categorias de regularização fundiária de interesse social e de interesse específico, REURB-S e a REURB-E, respectivamente, contudo pouco se estabelece diferença de condicionantes para o processo de regularização fundiária, salvo isenção de custas à primeira. A REURB dispensa as exigências relativas ao percentual e às dimensões de áreas destinadas ao uso público ou ao tamanho dos lotes regularizados, assim como a outros parâmetros urbanísticos e edíficos. Passa a permitir o processo em área de preservação permanente ou em área de unidade de conservação de uso sustentável ou de proteção de mananciais definidas pela União, Estados ou Municípios para ambas categorias.

Deve-se observar o disposto nos Art. 64 e 65 atual Código Ambiental de 2012 e que se justifique as melhorias ambientais em relação à situação de ocupação informal anterior, inclusive por meio de compensações ambientais, quando for o caso. Assim sendo passa admitir, além da, ocupação de interesse social nas áreas de proteção ambiental, como inclusive as de interesse específico

A partir do princípio da eficiência, sob a justificativa de desburocratização, a nova legislação parece reduzir os aspectos de regularização fundiária ao título de posse ou propriedade do imóvel, parece dar menos importância a necessidade de acompanhamento das medidas de melhoria de infraestrutura urbana e ambiental. Atenta-se para a oferta de facilidades questionáveis a grupos sociais e econômicos nada vulneráveis. (MARRARAL; CASTRO, 2019).

Desde a Constituição de 88 a regularização fundiária foi aos poucos se inserindo no rol das políticas urbanas, se consagrou com a Lei nº 11.977 de 2009 e recentemente com a MP nº 759 de 2016 e a Lei nº 13.465 de 2017 que torna menos restritivos e mais simplificados os processos de Regularização Fundiária de ocupações irregulares. Esta tendência às implementações de medidas facilitadoras segue atrás de uma realidade da expansão urbana desordenada e falta de planejamento e fiscalização por parte do poder público.

A consagração da regularização fundiária urbana como instituto geral do direito urbanístico brasileiro e a crescente preocupação dos teóricos e do legislador com o assunto refletem fatos tristes: a incapacidade de o Estado ordenar a expansão das cidades ao longo das últimas décadas e as omissões e falhas inaceitáveis dos órgãos públicos na gestão do espaço urbano para oferecer utilidades mínimas de garantia da dignidade humana, sobretudo a moradia adequada. (MARRARAL; CASTRO, 2019, p. 3)

A regularização fundiária pode ser tomada como um passivo ambiental para as ocupações já consolidadas no sentido de se promover as compensações ambientais e sociais condizentes, contudo frente a desburocratização ocorrida pela legislação vigente se questiona à prática das medidas para a promoção da melhoria urbanística e ambiental dos assentamentos urbanos. Conforme exposto em seguida, a respeito das políticas ambientais no Brasil, sobre a discrepância entre a teoria da política e legislação e o que acontece na realidade.

2.6 AS POLÍTICAS AMBIENTAIS QUANTO À OCUPAÇÃO SOBRE APP NO BRASIL, EM ESPECÍFICO O CASO DOS MANGUEZAIS

A ocupação dos manguezais pela expansão urbana, principalmente por populações excluídas do mercado imobiliário, é vivenciada com frequência no litoral brasileiro, como é o caso de Salvador (Alagados), Vitória (Grande São Pedro), Aracaju (Coroa do Meio), Rio de Janeiro (Maré) e Joinville (Projeto Mangue). Contudo não só as populações excluídas vêm ocupando estas áreas, como também empresas e indústrias como, por exemplo, a instalação de

um shopping center em Florianópolis, onde anteriormente já havia a ocupação de uma empresa de venda de automóveis.

2.6.1 As políticas ambientais brasileiras

As políticas ambientais brasileiras se fundamentam sobre quatro abordagens: a administração dos recursos naturais; o controle da poluição industrial; o planejamento territorial; e, a Política Nacional do Meio Ambiente (MONOSOWKI, 1989 apud FERREIRA; SALLES, 2016). Numa primeira fase, a partir da década de 30 a política ambiental se restringia ao controle do uso dos recursos naturais para a sua exploração econômica sem considerar os aspectos ambientais mais profundos (FERREIRA; SALLES, 2016). O primeiro Código Florestal do Brasil surgiu em 1934, preocupado com o desmatamento, limitava aos proprietários de terra o desmatamento de até três quartos da área do solo que possuíam (PRAES, 2012). A segunda fase, anos 60 em diante, sob influência dos movimentos ambientalistas, se instaura as políticas de controle da poluição, quando se volta às questões de qualidade ambiental. Em 1965 fica instituído o novo Código Florestal, Lei nº 4.771 de 15 de setembro de 1965 (BRASIL, 1965), que definiu as áreas de preservação permanente (APP), estabelecendo suas distâncias; bem como estabeleceu os limites de Reserva Legal (PRAES, 2012).

Já o planejamento territorial como estratégia para uma política ambiental mais integrada, na prática não se implementou como ferramenta de gestão ambiental nacional. Foi a partir da consolidação da Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981 que se unem todos os aspectos, embora, os instrumentos de regulação, como o licenciamento ambiental, ainda se façam deficientes e conforme citado por Ferreira e Salles (2016), além da carência de mecanismos para incorporar potencialidade e restrições ambientais na etapa de planejamento anterior à concepção do projeto, há necessidade de uma visão mais holística, favorecendo o desenvolvimento socioambiental. Em 1998, é instituída a Lei nº 6.905, Lei de Crimes ambientais com o intuito de punir as propriedades que estivessem em desacordo com as normas do código florestal de 1965. O atual Código Florestal instituído pela Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012 (BRASIL, 2012 não apresentou mudanças significativas se comparadas ao código de 1965 e às medidas protetivas à preservação do meio ambiente (PRAES, 2012). As alterações ocorridas beneficiaram, principalmente, proprietários rurais e grupos econômicos, mesmo que em detrimento ao meio ambiente (PRAES, 2012).

Ocorre que o Estado, muitas vezes, oculta as origens e os efeitos do risco ecológico em prol do desenvolvimento econômico, conhecido como irresponsabilidade organizada, o que torna o estado um mero “fantoche” (LEITE; BELCHIOR, 2012). Assim sendo, os autores colocam a necessidade do estado em se organizar e facilitar a gestão, participação e decisão de problemas e impactos gerados pela irresponsabilidade quanto à exploração dos recursos naturais. Ressalva-se para a importância da qualidade da informação, livre de qualquer interesse particular ou de um grupo com fins econômicos e que afete os valores socioambientais. Um outro desafio na perspectiva das leis ambientais é sanar a discrepância que existe entre a teoria da política e legislação adotada com objetivos ambientais e o que acontece na realidade (BUGGE, 2015). Pode-se perceber que a legislação vai no sentido de se adaptar a realidade de maneira que se deduz uma falta de controle da regulação legal.

2.6.2 As políticas quanto a ocupação urbana sobre APP no Brasil

Com intenção de proteger suas funções ecológicas, econômicas e sociais, a legislação brasileira estabeleceu a sua natureza jurídica como Área de Preservação Permanente. As APP ficaram definidas no Código Florestal, Lei nº 4.771 de 15 de setembro de 1965 (BRASIL, 1965) sendo constituídas por margem de corpos d'água, topos e encostas de morros, restingas e bordas de tabuleiros e chapadas. O parcelamento das APP é proibido pela lei de parcelamento do solo urbano, Lei nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979 (BRASIL, 1979), em seu artigo 3º.

A fim de se reduzir os problemas ambientais e sociais causados pela ocupação irregular ou clandestina das APP, a regularização fundiária destas ocupações é reconhecida como um passivo ambiental para as ocupações já consolidadas. Desta forma, a Lei nº 11.977, de 07 de julho de 2009, a Lei do Programa Minha Casa, Minha Vida (BRASIL, 2009), passa a permitir que o Município admita a regularização fundiária de interesse social em Áreas de Preservação Permanente, ocupadas até 31 de dezembro de 2007 e inseridas em área urbana consolidada, desde que estudo técnico comprove que esta intervenção implica a melhoria das condições ambientais em relação à situação de ocupação irregular anterior. E também o atual Código Florestal (Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012 (BRASIL, 2012), apesar de reafirmar a importâncias da manutenção das APP, inclusive no ambiente urbano: “[...] em meio urbano é fundamental para o desenvolvimento sustentável, pois são áreas de valor ecológico, paisagístico, histórico, cultural e turístico (BRASIL, 2012, art.3º ins. II)”, passa a prever a regularização fundiária de interesse social em APP dos assentamentos inseridos em área urbana

de ocupação consolidada (art.64). A atual Lei de Parcelamento Lei nº 13.465, de 11 de julho de 2017 (BRASIL, 2017) tornou mais permissiva a regularização das ocupações em APP, deixando de ser exclusiva para baixa renda, para as ocupações anteriores à 22 de dezembro de 2016.

Apesar dos esforços iniciais em termos de legislação ambiental para a proteção das APP, a ocupação irregular destas em decorrência à expansão urbana é uma realidade vivenciada em parte dos municípios brasileiros. No caso dos Manguezais, que foram historicamente menosprezados pela população como um lugar fétido e são terrenos que não apresentam aptidão à ocupação urbana, estes se apresentam como local de desinteresse de mercado imobiliário, facilitando a ocupação ilegal da população menos favorecida e não atendida por políticas de habitação social.

2.6.3 Natureza e regimes jurídicos dos manguezais no Brasil

De acordo com a Resolução Conama nº 303/02, manguezal compreende: Ecossistema litorâneo que ocorre em terrenos baixos, sujeitos à ação das marés, formado por vasas lodosas recentes ou arenosas, às quais se associa, predominantemente, a vegetação natural conhecida como mangue, com influência flúvio-marinha, típica de solos limosos de regiões estuarinas e com dispersão descontínua ao longo da costa brasileira, entre os estados do Amapá e Santa Catarina (Brasil, 2002, art. 2º, inciso IX).

Os manguezais se constituem por importante ecossistema de transição entre o ambiente marinho, fluvial e terrestre e possuem relevantes funções ecológicas, econômicas e sociais. Com relação às funções ecológicas, os manguezais representam: ambiente fundamental nos processos reprodutivos de um grande número de espécies, filtro biológico que retém nutrientes, sedimentos e até poluentes, zona de amortecimento contra tempestades e barreira contra a erosão da costa. Os aspectos econômicos se estabelecem por comporem fonte de alimento e de atividades tradicionais, como a pesca artesanal. Já os sociais se refletem por se constituírem por ambiente vital para populações tradicionais, cuja sobrevivência depende da exploração dos crustáceos, moluscos e peixes lá existentes. Contudo, historicamente, os manguezais foram menosprezados, popular e juridicamente, conforme palavras de Hermann Benjamin (Brasil, 2015, P. 191):

[...] por séculos prevaleceu entre nós a concepção cultural distorcida que neles se enxergava o modelo consumado do feio, do fétido e do insalubre [...]. Um ambiente socialmente desprezível, tanto que – como terrenos baldios – ocupado pela população mais humilde, na forma de palafitas, sinônimo de pobreza, sujeira e párias da sociedade (zonas de prostituição e atividades ilícitas). Acabar com os manguezais, sobretudo os urbanos em época de epidemias, era favor prestado pelos particulares e dever do Estado [...]. O adversário do manguezal virava benfeitor-modernizador. Destruir manguezal impunha-se, então, como recuperação e cura de uma anomalia da Natureza, convertendo a aberração natural – pela humanização, saneamento e expurgo de suas características ecológicas.

Frente à evolução do conhecimento científico e de mudanças na postura ética do ser humano frente à Natureza, atualmente os manguezais passaram da condição de ambiente de risco sanitário e indesejável à condição de relevante ecossistema de transição entre o ambiente marinho, fluvial e terrestre criticamente ameaçado. Com intenção de proteger suas funções ecológicas, econômicas e sociais, a legislação brasileira estabeleceu a sua natureza jurídica como Área de Preservação Permanente. Assim sendo, conforme exposto por Hermann Benjamin (BRASIL, 2015, p.191-192), “[...] é dever de todos zelar pela preservação dos manguezais, necessidade cada vez maior, sobretudo em época de mudanças climáticas e aumento do nível do mar.” Ou seja, proprietários ou não de área que abranja o manguezal tem obrigação de proteger este ecossistema.

3 SENSORIAMENTO REMOTO APLICADO AO AMBIENTE URBANO

Entende-se relevante se expor alguns conceitos relacionados ao campo do Sensoriamento Remoto, primeiramente seu próprio conceito: “Sensoriamento remoto é arte e ciência de obter informação sem estar em contato físico direto com o objeto” (JENSEN, 2011, prefácio). O Sensoriamento Remoto constitui um processo de investigação composto por quatro etapas principais: identificação dos objetos físicos; sensoriamento de dados; transformação da informação adquirida; aplicação prática da informação em diversas áreas científicas. Para fins de mapeamento, são considerados produtos de sensoriamento remoto: imagens captadas desde o olho humano, a fotografias amadoras, sensores imageadores até aos não-imageadores (MELLO, 2008; CAMPBELL; WYNNE, 2011).

O termo sistema muitas vezes antecedente à expressão sensoriamento remoto pois se designa o conjunto de técnicas e equipamentos de captação da superfície terrestre tais como plataforma de fixação dos sensores, conjunto de sensores que captam os dados, programas computacionais de planejamento do levantamento, programas computacionais de fotogrametria para processamento e interpretação dos dados captados. Os sensores podem ser instalados em diversos níveis: do orbital ao submarino. Os sistemas sensores podem ser classificados em analógicos passivos, digitais passivos e ativos, o Quadro 3 apresenta os tipos de sensores conforme esta classificação.

Passivo Analógico	<ul style="list-style-type: none"> • Câmera Métrica • Videografia
Passivo Digital	<ul style="list-style-type: none"> • Câmera Métrica • Escâners <ul style="list-style-type: none"> - Multiespectral - Hiperespectral • Matrizes Lineares e aéreas <ul style="list-style-type: none"> - Multiespectral - Hiperespectral
Ativo	<ul style="list-style-type: none"> • RADAR (Microondas) • LIDAR (Laser) • SONAR (acústico)

Fonte: Adaptado de Jensen (2011)

Sensoriamento remoto compreende a obtenção e interpretação de informação a respeito de um objeto ou paisagem de maneira remota, ou seja, sem contato físico (JENSEN, 2011).

As fotografias aéreas possuem papel fundamental no estudo e representação da realidade por meio da cartografia temática, pois podem ser utilizadas para mapear e analisar temas do objeto fotografado por meio da fotogrametria e fotorinterpretação. No caso da compreensão da ocupação do território, cabe-se ressaltar o uso das séries temporais de imagens aéreas. As séries temporais são compostas de cenas captadas em momentos distintos e compõe as bases de análise histórica da cobertura do solo.

3.1 FOTOGRAMETRIA E FOTOINTERPRETAÇÃO

Fotogrametria representa a obtenção de medidas sobre fotografias aéreas (LOCH, 1994, p.6). Acrescenta-se à técnica da fotometria as imagens obtidas por sensores terrestres. Com o avanço de novas tecnologias, a obtenção de fotografias aéreas e sua transformação em mapas, através de programas computacionais têm se mostrado cada vez mais precisos, econômicos e rápidos. A fotogrametria é imprescindível no processo de produção de bases cartográficas de qualidade.

A fotogrametria possui papel fundamental no estudo e representação da realidade por meio da Cartografia Temática, pois as imagens fotográficas podem ser utilizadas para mapear temas do objeto fotografado por meio fotorinterpretação. A Sociedade Americana de Fotogrametria compreende a fotorinterpretação como o ato de examinar e identificar objetos (ou situações) em fotografias aéreas (ou outros sensores) e determinar o seu significado (WOLF; DEWITT e WILKINSON, 2014).

A interpretação e classificação de uma imagem pode se dar de forma visual ou automatizada. Na fotorinterpretação visual basta que se tenha a imagem fotográfica e condições favoráveis do intérprete, tais como acuidade visual e experiência com o tema a ser investigado, além de qualidade da imagem e iluminação adequada no ambiente de trabalho.

A produção de cartas temáticas a partir de fotografia aérea pode ocorrer durante o processo de restituição fotogramétrica, onde cada tema é mapeado em camadas (*layers*) diferentes. Apesar de não serem, necessariamente, partes da base cartográfica, sua delimitação exige o nível de precisão adequado à sua aplicação. Pode ser manual, desenhando-se sobre a imagem as áreas que pertencem ao tema em questão. A partir de uma imagem georreferenciada permitir que seu mapeamento se realize de forma metricamente confiável. O produto obtido da interpretação visual é uma carta temática vetorial. A interpretação automática é feita mediante sistemas computacionais e podem ser supervisionadas e não supervisionadas, ambos trabalham

por classificação, no primeiro há intervenção do intérprete e no segundo caso a imagem é classificada de acordo com a semelhança espectral dos diferentes tons de cinza (LOCH, 2008). Neste caso o resultado é um documento em formato *raster*.

3.2 SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS - SIG

Os SIG processam informações as quais se pode saber suas respectivas posições geográfica (OLAYA, 2014). “Quase tudo que acontece, acontece em algum lugar. Saber o local onde algo acontece pode ser fundamental” (LONGLEY et al, 2013, p.5). Os SIG permitem a leitura, edição, armazenamento e gestão dos dados espaciais; análise destes dados, desde simples consultas à elaboração de modelos complexos; assim como a geração de mapas, gráficos, informativos, etc (OLAYA, 2014).

O desenvolvimento técnico dos SIG de iniciou durante a guerra fria, mas foi na década de 80 com o barateamento dos computadores que teve seu arranque na história. No início dos anos 2000, o avanço da internet tornou os SIG uma ferramenta atraente, oferece informação e possibilidade de interação (LONGLEY et al, 2013). É uma ferramenta integradora que busca oferecer todas as funcionalidades para trabalhos com variáveis e elementos espaciais localizados (OLAYA, 2014).

Os métodos de análise espacial em um SIG dependem do modelo dos dados: vetoriais ou *raster*. O modelo vetorial é aplicado a eventos discretos, claramente delimitados e são representados por pontos, linhas ou polígonos. Já o modelo *raster* é utilizado em fenômenos contínuos, onde a área a ser estudada é dividida em pequenas células que possuem um valor no espaço (LONGLEY et al, 2013). Dentre as operações de análises a partir de dados espaciais possíveis dentro de um ambiente SIG aponta-se: simples consulta espacial, topológica, medição, combinação, transformação, análise de superfície, estatística descritiva, inferência estatística, tomada de decisões e otimização e modelagem (OLAYA, 2014).

Os SIG como ferramentas de geoprocessamento de dados, permitem a transformação de dados de sensoriamento remoto em informações georreferenciadas, facilitando a análise sobre o uso e ocupação do solo. Em uma plataforma SIG, funções como o cálculo de áreas urbanas podem ser feitas de maneira semi-automáticas. Os resultados gerados no ambiente SIG podem ser compartilhados com uma equipe multidisciplinar onde serão feitas análises e discussões sobre os temas a serem estudados, facilitando os estudos dos pesquisadores urbanos, o auxílio técnico aos gestores públicos para tomada de decisões e monitoramento. Atualmente,

os SIG representam uma ferramenta fundamental para o monitoramento e planejamento socioambiental urbano.

As questões territoriais podem ser especializadas dentro de um ambiente SIG que permite a otimização de análises dos fenômenos urbanos. “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 – os Sistemas de Informações Territoriais “ (ROSELFELDT; LOCH, 2015, p. 227).

O SIG para gestão territorial requer um ciclo de processos tais como aquisição de dados, estruturação, sistematização, operacionalização e distribuição da informação. A aquisição de dados de um SIG, normalmente faz uso de técnicas fotogramétricas, pois permite uma velocidade operacional, sistematização e controle de qualidade dos dados para as constantes atualizações cadastrais de um ambiente dinâmico (ROSELFELDT; LOCH, 2015, p. 227). Tais requisitos são fundamentais para a integração de diversas categorias de informação essenciais ao planejamento e gestão urbanos, dentro do paradigma do desenvolvimento sustentável. Assim sendo, os SIG são ferramentas fundamentais no auxílio às tomadas de decisões em busca das melhores alternativas que correspondam a menores impactos socioambientais e custos financeiros.

3.2.1 Referencial geodésico e cartográfico

Os SIG estão estreitamente vinculados ao espaço real, transformam os acontecimentos em produtos virtuais para a melhor interpretação dos dados reais, portanto é preciso se conhecer a posição destes. A localização de um dado espacial é expressa por posição de pontos na superfície terrestre em um determinado sistema de coordenadas geodésicas. As coordenadas geográficas expressam o posicionamento em termos de latitude e longitude, com referência a um ponto de origem e consideram a terra como uma superfície resultante de um modelo matemático da superfície terrestre simplificado, em forma de elipse. O modelo elipsóidico se aproxima do modelo geoidal, que é o modelo da superfície física terrestre, cuja superfície é irregular e equipotencial, ou seja, de mesmo valor gravitacional. As coordenadas de altimetria consideram a ondulação geoidal. Diversos modelos de elipsoides que mais se aproximam do geoide são adotados. No Brasil, desde 25 de fevereiro de 2015, adotou-se o sistema SIRGAS2000 (Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas), cujo elipsoide de

referência é o GRS80. Anteriormente, se utilizava o SAD69 - Datum Sul-Americano de 1969 que é topocêntrico. O sistema SIRGAS2000 é compatível com o WGS 84 (IBGE, 2019).

Em se tratando de produção cartográfica referente à mapa é necessário que haja planificação, ou seja a representação da superfície curva (superfície terrestre) em uma superfície plana. A posição identificada pela sua latitude e longitude deve ser transformada em coordenadas planas projetadas através de sistemas de projeções cartográficas. Deformações são inerentes à esta transformação e não existe uma projeção ideal. O sistema de projeções mais utilizado e adequado no Brasil, nos mapeamentos sistemáticos (escalas 1:250.000 a 1:500) é a Projeção Universal Transversa de Mercator – UTM (IBGE, 2019). A projeção UTM divide a superfície terrestre em fusos de 6° de longitude entre as latitudes de 84° e -80°. O sistema de coordenadas Leste (E) e Norte (N), funcionam como um sistema cartesiano com os eixos origens no meridiano central de cada fuso e o equador.

3.3 SISTEMAS DE SENSORIAMENTO REMOTO

Sistemas de sensoriamento remoto compreendem os sensores de captação de informações de uma superfície e as plataformas nas quais se encontram fixados. Os sensores podem ser fixados em plataformas a diferentes níveis de altura: terrestre (dados coletados em campo), ao nível suborbital (por aeronave) e nível orbital (por Satélite). Em uma plataforma intermediária entre a terrestre e a suborbital, tem-se os sistemas VANT (Veículos Aéreos Não Tripuláveis) que atualmente tem sido bastante explorado, em específico os de pequeno porte, este se encontra (JENSEN, 2011). Os sensores captam a informação dentro de uma área chamada de *IFOV* (*Instantaneous-field-of-vision*). A Figura 2 ilustra os diferentes níveis de coleta de dados em sensoriamento remoto.

A obtenção de dados a respeito de um objeto por um sensor é feita, na maioria das vezes, por meio do registro da radiação que este emite. Os sistemas sensores medem a energia eletromagnética refletida ou emitida de cada alvo, possibilitando a discriminação dos materiais. A Figura 3 apresenta as curvas de refletâncias de distintos materiais encontrados no ambiente urbano de acordo com o comprimento de ondas.

Figura 2 – Níveis de coleta de dados em sensoriamento remoto

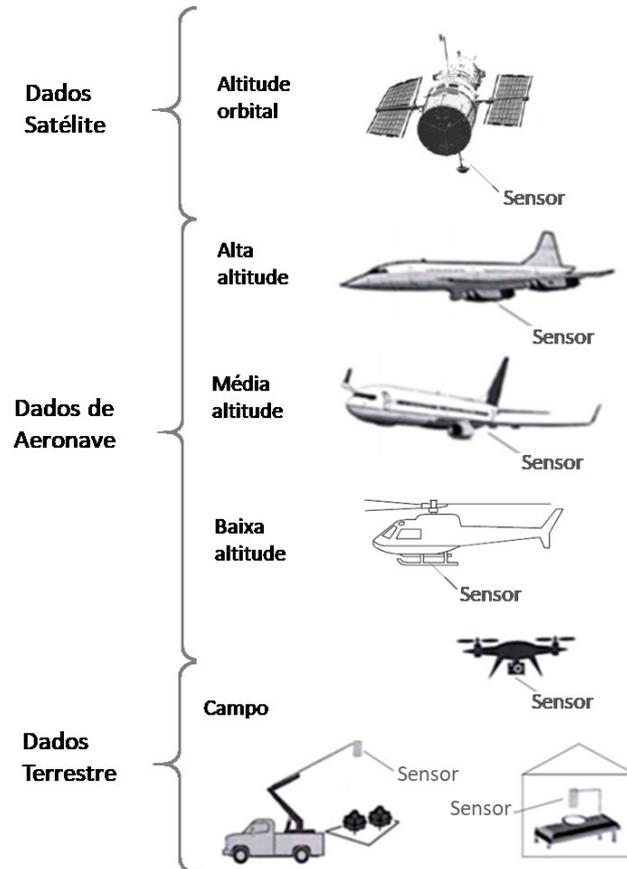
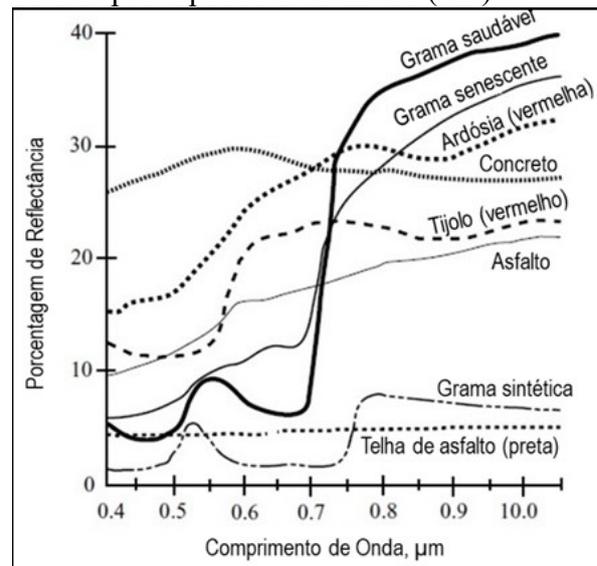
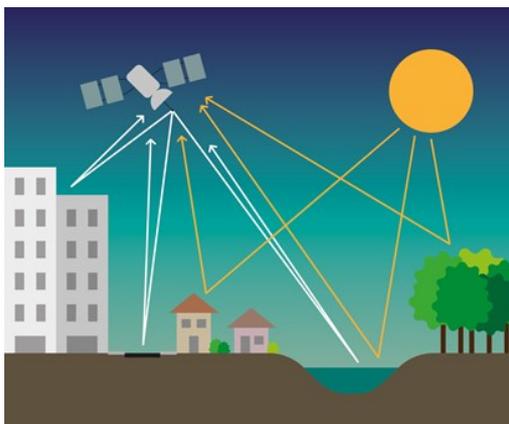


Figura 3 – Ilustração esquemática do sistema de sensoriamento por meio do registro da radiação (esq.) e curvas de percentual de reflectância para materiais comuns encontrados em ambientes urbanos obtidos em laboratório por espectro radiômetro (dir.).



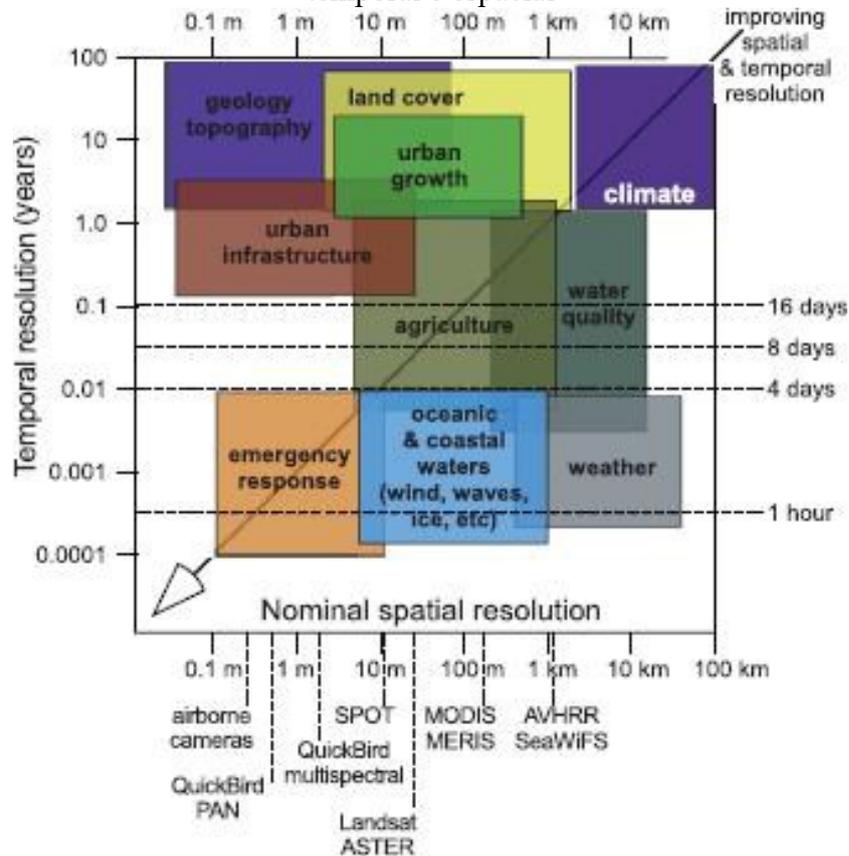
Fonte: 7Graus, 2020 (esq.), Jensen, 2011, p. 458 (dir.)

Estabelecido o problema a ser pesquisado, deve-se identificar as variáveis ou observações a serem utilizadas na investigação. Os aspectos relevantes a serem considerados para seleção dos sistemas de sensores variam conforme as aplicações a que se deseja, dentre eles, as resoluções espacial, espectral, radiométrica e temporal que podem oferecer (JENSEN, 2011; PURKES; KLEMAS, 2011). Considera-se:

- a) Resolução espacial - a medida da menor separação angular ou linear entre dois objetos que pode ser determinada pelo sistema de sensoriamento remoto.
- b) Resolução espectral - poder de resolução que o sensor tem para discriminar diferentes alvos sobre a superfície terrestre. A seleção cuidadosa das bandas espectrais pode melhorar a probabilidade de que a informação desejada vá ser extraída do sensor e para isso é preciso conhecer as respostas espectrais dos alvos a serem examinados.
- c) Resolução radiométrica - capacidade que este sensor tem de poder discriminar, numa área imageada, alvos com pequenas diferenças de radiação refletida e/ou emitida.
- d) Resolução temporal - frequência que o sensor registra os dados de uma determinada área.

Quanto à escala que se pode representar em uma imagem digital processada, esta corresponde ao GSD (*Ground Sample Distance*), que significa a distância entre dois centros de pixels consecutivos. Quanto maior o tamanho do GSD da imagem, menor sua resolução espacial, ou seja, menor a escala de representação gráfica. A Figura 4 apresenta as aplicações dos distintos níveis de sensoriamento remoto.

Figura 4- Aplicação dos sistemas de sensoriamento remoto em função das resoluções temporal e espacial



Fonte: Purkis; Klemas, (2011, p. 44)

Os dados de sensoriamento remoto são importante fonte de dados para a elaboração de mapas temáticos sobre a ocupação do solo a partir de uma classificação que consiste em extrair diferentes categorias ou temas de informação. No caso da ocupação urbana, a cobertura do solo é composta por distintos e complexos padrões de ocupação cujas feições são heterogêneas e pequenas. Os elementos geométricos de análise de imagens (ex. forma, tamanho e orientação) são importantes quando se utiliza dados de imagens em alta resolução para aplicações urbanas (MYINT et al, 2011).

As fotografias aéreas em nível sub-orbital têm sido, tradicionalmente, a principal fonte de dados para o planejamento e gestão urbana. Vê-se a importância das câmeras multiespectrais que são compostas por múltiplos sensores com filtros de alta qualidade podendo capturar imagens usando diferentes frequências de ondas ao mesmo tempo. Neste sentido, as imagens satélites VHR podem contribuir, visto que normalmente possuem sensores multiespectrais - MS (HEROLD et al., 2003; PACIFICI et al., 2009).

3.3.1 Sistemas de sensoriamento remoto sub-orbital ou de aeronave embarcada

As câmeras fotográficas analógicas embarcadas em aeronave pilotadas foram por muito tempo os sensores mais utilizados. São compostos por sistema óptico (ajuste de lentes) que registram a energia refletida pelo alvo em película fotossensível (filme fotográfico). Os produtos oferecidos são: as fotografias aéreas que podem ser pancromáticas (pretas e brancas) e coloridas (normal ou falsa cor) - um fator importante é a sensibilidade do filme, podendo ser normal (sensíveis à radiação entre os comprimentos de onda de 350nm e 700nm) e de sensibilidade ao infravermelho próximo (sensíveis à radiação entre 350nm e 900nm) (MOREIRA, 2011).

Atualmente, as câmeras digitais tomaram espaço no levantamento aéreo. Neste caso, o sensor é composto de um circuito integrado que pode ser um Detector de Carga Acoplada (*CCD – Charge-Coupled Device*) ou um Semi Condutor Metal-Óxido Complementar (*CMOS, Complementary Metal Oxide Semiconductor*). O sensor capta a luz refletida e a transforma em elétrons que podem ser medidos e atribuídos valores de intensidade radiométrica. As câmeras digitais de pequeno e médio formato vão de 8 a 20,1 MP, são utilizadas em fotogrametria à curta distância ou embarcadas em VANT. Apresentam resolução radiométrica variando de 8 a 16 bits, resolução espacial podendo chegar à 1,0 cm (SILVA et al, 2018) em levantamentos aéreos com VANT e com possibilidade de atingir elevada acurácia posicional, podendo chegar a casa dos centímetros ou milímetros com o uso de PCT (MARTÍNEZ-CARRICONDO et al, 2018).

As câmeras digitais de grande formato têm desempenho superior ao das câmeras analógicas de grande formato (JENSEN, 2011). Destaca-se a *Airbone Digital Sensor 40 (ADS-40)* da *Leica Geosystems* (Figura 5), lançada em 2000, capta as imagens pelo arranjo de múltiplas matrizes lineares com resolução radiométrica de 12 bits e resolução espacial variável, atingindo 15 cm na pancromática obtida a 1450m de altitude, sua escala de aplicação varia de 1:500 a 1:5.000 (JENSEN, 2011). Quanto maior for a altura de voo maior será IFOV, ou seja, a área da imagem adquirida e quanto maior a distância focal, menor será o IFOV, portanto a resolução espacial é inversamente proporcional à altura de voo e diretamente proporcional à distância focal.

Figura 5 – Câmera digital *Leica Geosystems ADS40* embarcada em aeronave



Fonte: <https://200swissgeo.ch/en/submenu/history>

Além das câmeras multiespectrais, as câmeras hiperespectrais de alta resolução espacial aerotransportados são um grande avanço no sensoriamento remoto, pois possibilitam a aquisição simultânea de imagens em um grande número de bandas espectrais contínuas ou não contínuas nas porções ultravioleta, visível e infravermelho (JENSEN, 2011). Destacam-se os sensores: HyMap com 128 bandas espectrais (Figura 6) e CASE, com 288 bandas.

Figura 6 – HyMap embarcado na aeronave Cessna 402



Fonte: <https://airbornescience.nasa.gov/instrument/HyMap> (2020)

3.3.2 Sistemas orbitais ou satélite

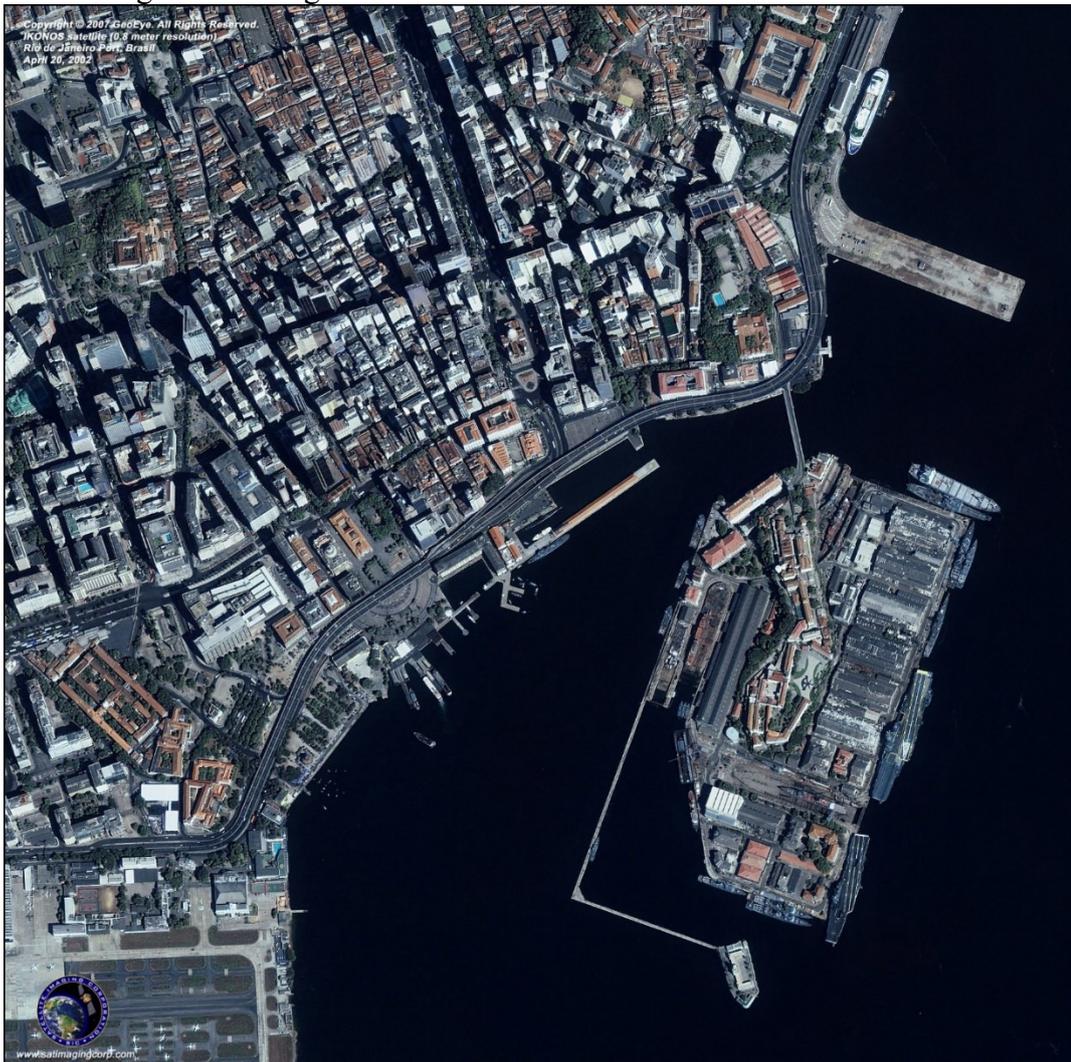
Os programas espaciais possuem distintas aplicações, vão desde monitoramento de fenômenos físicos, como circulação de energia e água na terra, pesquisas meteorológicas e

geofísicas, sistema de posicionamento global, dados geoespaciais na WEB, informações sobre uso e cobertura da terra, recursos florestais, agricultura, definição e monitoramento de áreas de preservação, estudos urbanos e regional e defesa do território (EMBRAPA, 2015). O primeiro satélite destinado à exploração dos recursos do planeta Terra, o LANDSAT 1, foi lançado nos EUA pela NASA - *National Aeronautics and Space Administration* em 23 de julho de 1972.

A partir da virada do século surgem os satélites que captam imagens VHR. As imagens satélites VHR podem contribuir para o mapeamento do solo urbano de maneira mais acurada (Herold et al., 2003; Pacifici et al., 2009). Dentre os projetos de satélites óticos com aplicabilidade para estudos mais detalhados em áreas urbanas devido à maior resolução espacial contam-se: IKONOS, *QuickBird*, *Pleiades*, *GeoEye/WorldView*, *Gaofen*, *KOMPSAT*, entre outros.

O IKONOS é um programa organizado pela empresa privada norte americana *GeoEye*, atualmente incorporada à *DigitalGlobe*. Seu primeiro lançamento (IKONOS-I), em abril de 1999, foi sem sucesso, o segundo lançamento (IKONOS II) foi em setembro de 1999 da base da Força Aérea de Vandenberg, Califórnia, Estados Unidos. Em janeiro de 2000 o IKONOS se tornou o primeiro Satélite de Observação da Terra a oferecer imagens VHR de uso comercial, opera a uma altura de 681 km. O IKONOS possui sensores multiespectrais que operam no visível e infravermelho próximo e obtém imagens pancromáticas e com resolução espacial de 3,2m e 0,82m a nadir respectivamente e direcional (off-nadir) à 26° de 4,0m e 1,0m. Podendo ser programado para adquirir imagens estereoscópicas visando a elaboração de Modelos de Elevação Digital (DEM) ou Modelos Digitais de Superfície (MDS). Com tempo de revisita de 3 dias. Em janeiro de 2015 a *GeoEye* declarou irregularidades na acurácia das imagens e suspendeu as tarefas remotas. A Figura 7 apresenta um recorte da fotografia satélite IKONOS da cidade do Rio de Janeiro (EMBRAPA, 2013; SATELLITE IMAGING CORPORATION, 2017).

Figura 7 - Fotografia satélite IKONOS da cidade do Rio de Janeiro



Fonte: Satellite Imaging Corporation (2017)

O Programa *Quickbird* foi controlado pela empresa americana *DigitalGlobe*. Também lançado na base de Vandenberg. O primeiro lançamento foi em 2000 e falhou. O segundo lançamento foi em outubro de 2001. Sua missão em órbita durou 13 anos. Percorreu em órbita síncrona ao sol a altura variando entre 450 km a 482 km. Ofereceu imagens comerciais de alta resolução espacial de 0,61 m (pancromática) e 2,4 m (multiespectral) e geração de pares estereoscópicos. O tempo de revisita era de 1 a 3,5 dias. O último registro, a uma altura de 300 km, obteve imagens com 0,41 m de resolução. A Figura 8 ilustra a fotografia aérea de Port Elizabeth, África do Sul, capturada em dezembro de 2014.

Figura 8 - Fotografia aérea de Port Elizabeth, África do Sul



Fonte: Satellite Imaging Corporation (2017)

KOMPSAT-3 e 3A é de responsabilidade do Instituto de Pesquisa Aeroespacial da Coreia e espaçonaves fabricadas pela *Mitsubishi Heavy Industries*. O KOMPSAT-3, lançado em 17 de maio de 2017, a altura orbital de 625 km, possui resolução de 0,70 m (pancromática) e 2,80 m (multiespectral). O KOMPSAT-3A, lançado em 25 de maio de 2017, a altura orbital de 525 km, possui resolução de 0,50 m (pancromática), 2,20 m (multiespectral) e 5,5 (infravermelho próximo). Ambos possuem tempo de revisita de 1,4 dias.

SuperView 1 é de responsabilidade da empresa privada Beijing Space View Tech. A espaçonave Long March 2D Vehicle foi lançada em 09 de janeiro de 2018, a altura orbital de 530 Km, possui resolução de 0,50 m (pancromática) e 2,0 m (multiespectral) e tempo de revisita de 2 dias.

O Programa *Pleiades-1A* foi lançado em dezembro de 2011 pela *AIRBUS Defence & Space* na base Europeia de Kourou, Guiana Francesa. Fornece imagens de 0,50 m (pancromática e colorida) e 2,0 m (multiespectral). Juntamente com o *Pleiades-1B*, lançado em dezembro de 2012 de mesma resolução possuem revisitação diária.

O Programa *GeoEye-1* e 2 foram subsequentes ao Programa *Orbview* da empresa *Orbimage* que em 2006 passou para a Empresa *GeoEye* e em 2012, se uni à *DigitalGlobe* e se insere à série *WorldView* (1, 2, 3 e 4): o *WorldView 1*, lançado em setembro de 2007, da base aérea de Vandenberg, Califórnia, possui resolução espacial de 0,5 m no pancromático, não possui sensor multiespectral, mas com possibilidade de estereoscopia; o *GeoEye 1*, lançado em

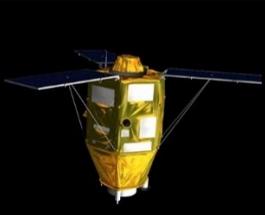
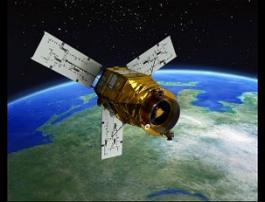
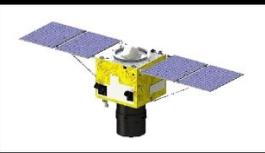
setembro de 2008, possui uma resolução que varia de 0,41m a 0,46 m (pancromática) e 1,84 (multiespectral - 4 bandas); o WorldView 2, lançado em outubro de 2009, está em órbita a uma altura de 770 m, possui resolução de 0,46 m (pancromática) e 1,85 m (multiespectral - 8 bandas) e tempo de revisita de até 3,7 dias ; o WorldView 3, lançado em agosto de 2014, é atualmente o satélite em operação com maior resolução espacial e, dentre os VHR, o que apresenta maior resolução espectral, além da pancromática (resolução de 0,31 a 034 m), são 8 bandas Pancromático P&B, 8 bandas multispectrais (coastal, blue, green, yellow, red, red edge, NIR-1 and NIR-2), 8 bandas no Infra Vermelho de ondas curtas – SWIR (resolução de , 12 bandas no CAVIS (correção para nuvens, aerossóis, vapores, gelo e neve), e; o WorldView 4, com mesma resolução espacial no pancromático e menor resolução espectral que o anterior, são 4 bandas multiespectrais, teve sua missão encerrada em janeiro de 2019.

No Brasil, o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe) disponibiliza imagens dos programas de satélites de alta e altíssima resolução espacial, SPOT (1,5 m) e Pleiades (0,5 m), respectivamente. A iniciativa visa contribuir com base de dados para o planejamento urbano, monitoramento ambiental e elaboração de projetos de infraestrutura. O acesso ao catálogo pode ser feito por servidores de quaisquer instituições (INPE, 2016).

O Quadro 4 apresenta algumas características relevantes sistemas de satélites VHR com resolução espacial inferior à 1,0 m para aplicação em mapeamento mais detalhado do ambiente urbano.

Quadro 4 – Características dos sistemas satélites VHR (< 1,0 m) para aplicação de mapeamento urbano

Sistema Satélite	Empresa	Lançamento situação	Altitude orbital	Resolução Espacial	Resolução espectral	Resolução radiométrica	Período de revisita	Acurácia posicional	
IKONOS-II		GeoEye/ DigitalGlobe (EUA)	1999_07_24 até 2015_01_22	681 km	0,82 m (pancromática) 3,28 m (multiespectral)	Pan e MS (azul, verde, vermelho e infrav. próx.) Estereoscopia	11 bits/pixel	3 dias	
Gaofen-2		Beijing Space Eye Innovation Technology Co (China)	2014_08_19 (ativo)	631 km	0,8 m (pancromática) 3,2 m (multiespectral)	Pan e MS (azul, verde, vermelho e infrav. próx.) Estereoscopia	14 bits/pixel	5 dias	50 m
KOMPSAT-3A		KARI - Korea Aerospace Research Institute (Coréia)	2012_05_17 (ativo)	625 km	0,70 m (pancromática) 2,80 m (multiespectral)	Pan e MS (azul, verde, vermelho e infrav. próx.) Estereoscopia	154bits/pixel	1,4 dias	48, 5 m (Erro Circ. 90%)
QuickBird		DigitalGlobe (EUA)	2001_10_18 até 2015_01_27	450 km a 482 km	0,61 m (pancromática) 2,40 m (multiespectral)	Pan e MS (azul, verde, vermelho e infrav. próx.)	11 bits/pixel	1 (fora nadir) a 3,5 (nadir) dias	23 m (Erro Circ. 90%)
Pleiades-1A		Centre National d'Etudes Spatiales - CNES, França e Itália/AIRBUS Defence & Space	2011_12_16 (ativo)	694 km	0,50 m (pancromática) 2,00 m (multiespectral)	Pan e MS (azul, verde, vermelho e infrav. próx.) Estereoscopia	12 bits/ pixel	1 dia (Pleiades 1A + 1B)	1,0 m (PCT) e 3,0 m (Erro Circ. 90%)

Pleiades-1B		Centre National d'Etudes Spatiales - CNES, França e Itália/AIRBUS Defence & Space	2012_12_02 (ativo)	695 km	0,50 m (pancromática) 2,00 m (multiespectral)	Pan e MS (azul, verde, vermelho e infrav. próx.) Estereoscopia	13 bits/pixel	1 dia (Pleiades 1A + 1B)	2,0 m (PCT) e 3,0 m (Erro Circ. 90%)
KOMPSAT-3A		KARI - Korea Aerospace Research Institute (Coréia)	2015_05_25 (ativo)	528 km	0,50 m (pancromática) 2,2 m (multiespectral) 5,5 (infrav. Prox.)	Pan e MS (azul, verde, vermelho e infrav. próx.) Estereoscopia	14 bits/pixel	1,4 dias	15 km (nadir)
SuperView-1		Beijing Space View Tech Co Ltd (China)	2018_01_09 (ativo)	530 km	0,50 m (pancromática) 2,0 m (multiespectral)	Pan e MS (azul, verde, vermelho e infrav. próx)	11 bits/pixel	2 dias	9,5 m (Erro Circ. 90%)
WorldView-1		DigitalGlobe (EUA)	2007_09_18 (ativo)	496 km	0,50 m (pancromática)	Pancromática / Estereoscopia	11 bits/pixel	5,9 dias	4,0 m (Erro Circ. 90%) 5,8 a 7,6 m 2,0 m (GPCs)
WorldView-2		DigitalGlobe (EUA)	2009_10_08 (ativo)	770 km	0,46 m (pancromática) 1,85 m (multiespectral)	Pan e MS (8 bandas) Estereoscopia	12 bits/pixel	1,1 dias ≤ 1 m GSD ou 3,7 dias $\leq 20^\circ$ fora-nadir	3.5 m CE90

GeoEye-1		OrbImage/ GeoEye/ DigitalGlobe (EUA)	2008_09_06 (ativo)	681 km	0,41 a 0,46 m (pancromática) 1,84 m (multiespectral)	Pan e MS (azul, verde, vermelho e infrav. próx) Stereoscopia	11 bits per pixel	4,4 dias em média	5,0 m CE 90%
WorldView-4		GeoEye/ DigitalGlobe	2016_11_11 até 2019_01_07	617 km	0,31 m (pancromática) 1,24 m (multiespectral)	Pan e MS (azul, verde, vermelho e infrav. próx)	11 bits per pixel	4,5 dias	4,0 m CE 90%
WorldView-3		DigitalGlobe / National Oceanic and Atmospheric Administration - NOAA (EUA)	2014_08_13 (ativo)	617 km	0,31 a 0,34 m (pancromática) 1,24 a 1,38 m (Multiespectral) 3,7 a 4,1 m (infravermelho curto) 30 m CAVIS	Pan / MS (8 bandas) / 8 banda SWIR / CAVIS (12 bandas)	11 bit/pixel (Pan e MS) 14 bit/pixel (SWIR)	4,5 dias	1,6 m - 1,3 pixels (pan) 4,3 m - 1,2 pixels (MS) 3,3 m - 0,9 pixels (SWIR)

Fonte: Elaboração própria com informações de: Satellite Imaging Corporation (2017), EOS (2020), ESA (2020); imagens Copyright AIRBUS Defence & Space, DigitalGlobe, Lockheed Martin, Korean Aerospace Research Institute - KARI

3.3.3 Sistemas VANT

VANT – Veículo Aéreo não Tripulado é o termo brasileiro referente a qualquer veículo aéreo que não possua tripulação embarcada, internacionalmente, são conhecidos como Sistemas de Aeronave não Tripuladas – UAS (*Unmanned Aircraft System*); Veículos Aéreos não Tripulados – UAV (*Unmanned Aerial Vehicles*) e popularmente conhecidos como Drones. Observa-se também o uso de outras nomenclaturas como: Veículo Remotamente Pilotado – RPV; Aviões Operados Remotamente – ROA; Sistemas de Aeronaves Remotamente Pilotadas - RPAS ou RPA, nestes casos se designa exclusivamente aos sistemas VANT que possuem piloto não embarcados, os seja, aeronaves que são controladas remotamente.

O desenvolvimento da tecnologia VANT está historicamente ligado às exigências de ações militares. A necessidade de sistemas aéreos para aplicações civis está relacionada ao levantamento aéreo e fotogrametria, já a tecnologia VANT não era adequada para tais fins, uma vez que era uma tecnologia muito cara e instável. Os dados adquiridos dificilmente poderiam ser trabalhados com as ferramentas tradicionais de fotogrametria. Nos últimos 15 anos que seu uso civil começou a ser explorado devido ao barateamento dos equipamentos e ao desenvolvimento da informática com o avanço nos desempenhos de hardware, com processadores e placas de vídeos mais poderosos e de softwares de fotogrametria específicos para processamento de imagens VANT.

3.3.3.1 Classificação dos VANT

Contudo, a classificação dos VANT varia de país para país e não existe uma padronização pela Sociedade Internacional de Fotogrametria e Sensoriamento Remoto – ISPRS.

As plataformas de VANT podem ser classificadas quanto ao tipo de asas e neste caso existem basicamente dois tipos, os de asas rotatórias e os de asas fixas. Os VANT de asas rotatórias podem ser operados mais próximo ao objeto e possuem maior flexibilidade de manobras comparados aos de asas fixas. Possuem pouso e decolagem vertical, não necessitando de pista para pouso e decolagem como no caso dos equipamentos de asas fixas. De outro lado, os VANT de asas fixas podem sobrevoar por mais tempo que os de asas rotatórias, podem

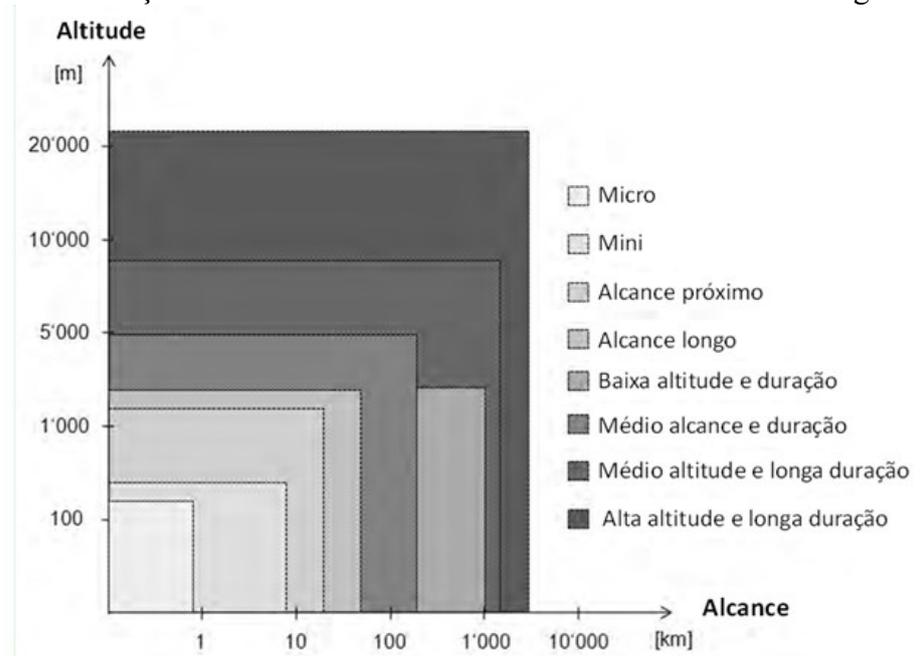
recobrir uma área mais extensa e voar no nível de aeronave dependendo do porte da aeronave (EISENBESS, 2009).

Os VANT de asas rotatórias vão desde um único rotor, duplo rotor (coaxial), quatro rotores e multirrotores. Geralmente os sistemas de rotor único e os coaxiais possuem maiores potências o que permite que carreguem um *payload* mais robusto. *Payload* corresponde à quantidade de sensores montados na plataforma VANT como, por exemplo, o conjunto câmara, Unidade de Medição Inercial - IMU e Sistema de Posicionamento Global – GPS que a plataforma carrega. Sendo que os coaxiais são os mais eficientes em termos de voo e aquisição de imagens, contudo, requerem uma mecânica com maior complexidade do rotor. Os sistemas de quatro rotores possuem menor capacidade de carregamento de *payload*, são equipados com sensores mais leves e de menor custo. Possuem grande flexibilidade de manobras, podendo fazer voos em interiores, contudo, devido ao baixo peso, são fortemente suscetíveis às condições climáticas como o vento e possuem um raio de operação limitado às áreas pequenas. Atualmente, os multirrotores com tamanho e peso similares aos sistemas de quatro rotores, possibilitam o carregamento de um *payload* maior e possuem maior estabilidade (EISENBESS, 2009)

Uma outra classificação de acordo com o *payload* que a aeronave permite carregar foi dada por Van Blyenburgh (1999) e apresentada por Eisenbess (2009). Segundo esta classificação, as classes dos Micro e Mini VANT compreende os equipamentos que permitem carregar até 5kg de *payload*, já a classe dos VANT grande porte, compreende aqueles que permitem um *payload* acima de 5kg. O gráfico apresentado na Figura 9 ilustra a classificação de acordo o raio de alcance e altura atingida pelo VANT.

No Brasil, a Agência Nacional de Aviação Civil - ANAC define a seguinte classificação das RPA de acordo com o Peso Máximo de Decolagem (PMD) conforme apresentado no Quadro 6. Nota-se que ANAC faz referência somente às RPA, assim, considerando que esta pesquisa se utilizou de tal tecnologia, se optou por utilizar este termo no presente trabalho.

Figura 9 - Classificação dos VANT de acordo o raio de alcance e altura atingida.



Fonte: Van Blyenburgh (1999) apud Eisenbess (2009)

Quadro 5 - Classificação dos VANT de acordo com o PMD

Classe 1	RPA com PMD maior que 150 kg
Classe 2	RPA com PMD maior que 25 kg e menor ou igual a 150 kg
Classe 3	RPA com PMD menor ou igual a 25 kg

Fonte: ANAC (2017)

Grande parte dos sistemas de RPA disponíveis no mercado é de operação automática. Geralmente se constituem por sistemas de baixo custo, inclusive na parte operacional, portanto, o fator custo, é sua maior vantagem em relação às aeronaves tripuladas. As vantagens com relação ao custo e simplicidade operacional possibilitam uma alta periodicidade de tomada de dados.

Nos últimos anos, o desenvolvimento e aperfeiçoamento das RPA tem possibilitado sua aplicação em diferentes funções, especialmente se tratando de projetos pequenos em fotogrametria tais como, ecologia, agricultura de precisão, arqueologia e ambientes urbanos (PAJARES, 2015; BELOEV, 2016; AASEN et al, 2018). Nestes casos os sistemas RPA representam uma boa solução de prestação de serviço e produtos em termos de custo-benefício

(COLOMINA e MOLINA, 2014). Portanto, o uso dos sistemas RPA para produtos de fotogrametria para informação cadastral se apresentam como uma tecnologia em potencial (CROMMELINCK et al, 2017).

Entretanto, de modo geral, os sistemas RPA, em especial, os de pequeno porte, possuem um limitado *payload*. Quanto menor a plataforma, menor a capacidade de se carregar um *payload* robusto. Portanto, estes sistemas possuem sensores leves como câmaras amadoras de pequeno e médio formato e sistemas posicionais simplificados e, frequentemente, de baixo custo. Além disso, devido ao peso pequeno, estes são altamente vulneráveis às condições climáticas, como o vento. Estes fatores implicam na redução da qualidade dos dados para mapeamento, controle de orientação e posicionamento, portanto, sua aplicação à fotogrametria deve ser tomada com cautela.

3.3.3.2 A regulamentação para o uso de RPA

Existe uma série de novos usos para as RPA, além de o tradicional uso militar, tanto para o setor público como o privado, para os setores de agricultura, comércio, meio ambiente e energia. Contudo, deve-se considerar que o uso das RPA pode trazer riscos à segurança, uma vez que podem transitar perto de aeroportos, sobre propriedades privadas e pessoas, sujeitas à quedas e colisões.

No Brasil, o Departamento de Controle do Espaço Aéreo - DECEA do Ministério da Defesa Comando da Aeronáutica, mediante a Portaria nº 415, de 09 de novembro de 2015, aprova a edição da ICA 100-40, que trata dos “Sistemas de Aeronaves Remotamente Pilotadas e o Acesso ao Espaço Aéreo Brasileiro”. A ANAC, por meio do Regulamento Brasileiro da Aviação Civil Especial (RBAC-E nº94) da Resolução nº 419, de 02 de maio de 2017, regulamenta a aviação civil especial brasileira.

Exige-se a autorização para operar RPA civil levando em consideração a classe e tipo de operação do projeto RPA com exceções: (i) à classe 3 em operações exclusivamente VLOS (sob o campo de visada humana) e até 400 pés acima do nível do solo de altura de voo; (ii) à classe 1 com Certificado de Tipo e; (iii) os que satisfazem as condições estabelecidas na seção E94.503 do regulamento, a qual se refere basicamente à voos experimentais.

A norma restringe a operação de RPA de peso máximo de decolagem acima de 250g sobre terceiros, porém para certos usos é permitido:

"A operação de RPA de peso máximo de decolagem acima de 250 gramas de um órgão de segurança pública, de polícia, de fiscalização tributária e aduaneira, de combate a vetores de transmissão de doenças, de defesa civil e/ou do corpo de bombeiros, ou de operador a serviço de um destes, somente é permitida pela ANAC, conforme permitido o uso do espaço aéreo pelo DECEA, sob total responsabilidade do órgão ou do operador, em quaisquer áreas, nas seguintes condições: (1) se forem atendidas as demais exigências deste Regulamento Especial; e (2) se houver uma avaliação de risco operacional, contemplando cada modalidade de operação, nos termos de Instrução Suplementar específica, que deve estar atualizada dentro dos últimos 12 meses calendários prévios à operação."

3.4 GEORREFERENCIAMENTO DE IMAGENS AÉREAS

As imagens de sensoriamento remoto como fonte de dados de produtos cartográficos e cada vez mais aplicadas ao SIG

A utilização das imagens aéreas como fonte de dados espaciais, e cada vez mais sendo aplicadas aos SIG, exige o georreferenciamento que significa tornar a localização dos dados conhecidas. Basicamente, dois métodos são utilizados para o georreferenciamento das imagens aéreas:

- a) Georreferenciamento direto, no qual o posicionamento das coordenadas x , y e z são obtidos diretamente dos sensores GNSS e dispositivo IMU embarcados na plataforma (PADRÓ et al, 2019).
- b) Georreferenciamento indireto, no qual se faz uso de Pontos de Controle Terrestre (PCT). Os PCT são alvos que podem ser identificados na imagem e dos quais as coordenadas tridimensionais exatas do objeto no solo (x , y , z) são conhecidas. Os PCT podem ser: (a) sinalizados no terreno antes das tomadas de fotografias, para os produtos provenientes de aerolevanteamento, normalmente a demarcação dos pontos é mediante a construção de alvos, como por exemplo faixas brancas em forma de "x" ou; (b) feições naturais, objetos existentes no terreno que possam ser identificados na imagem, se possível quinas de retângulos ou pequenos círculos e de preferência na superfície, em função da medição referente à altura, no caso de se verificar a altimetria (LINDER, 2006). A medição das coordenadas é feita em campo com o uso de equipamento GNSS ou topografia tradicional. Tal procedimento demanda tempo e pode apresentar problemas em caso de áreas de difícil acesso (Aasen et al, 2018, Martínez-Carricondo et al, 2018).

De maneira simplificada, na fotogrametria aérea digital convencional no caso de um único modelo estereoscópico formado por duas imagens é necessário pelo menos três PCT bem distribuídos, portanto, recomenda-se buscar pelo menos cinco pontos e pelo menos três deles devem formar um triângulo; no caso de um bloco formado por “n” tiras, uma regra padrão é ter um PCT em cada terceiro modelo, pelo menos, perto das bordas do bloco, e se necessário, pontos adicionais de altura dentro do bloco (LINDER, 2006). No caso de uma imagem digital, Campbell e Wynne (2011) mencionam 16 PCT como um possível número razoável contanto que cada um esteja localizado com uma precisão de um terço de um pixel. Os PCT devem estar situados de forma dispersa ao longo da imagem e boa cobertura das bordas. (CAMPBELL; WYNNE, 2011).

3.5 CONTROLE DE QUALIDADE DE PRODUTOS CARTOGRÁFICOS

Os produtos de informações espaciais, como por exemplo, as imagens aéreas ortorretificadas e mapas temáticos apresentam níveis de incerteza. Esta incerteza pode estar relacionada com diversas causas, de modo isolado ou em conjunto, ou seja, são efeitos que podem ser provenientes de diferentes etapas do ciclo de vida do conjunto de dados espaciais que compõe um produto. Este ciclo de vida engloba desde a captura, o processamento, o uso até o armazenamento dos dados (ARIZA-LÓPEZ, 2013). É impossível a geração de um produto de informação espacial perfeito, portanto, é importante que se conheça a incerteza dos dados dentro das normas de qualidade, seus parâmetros e tolerâncias para cada escala de produto desejada.

3.5.1 Normas de qualidade para dados espaciais

A popularização e interoperabilidade do uso das informações espaciais como as Infraestruturas de Dados Espaciais (IDE) torna fundamental o controle da qualidade das informações de modo a garantir confiabilidade para tomadas de decisões com base nestas.

Assim como qualquer avaliação de qualidade, o produto deve se enquadrar em um padrão de medida previamente estabelecido, seguindo critérios, especificações ou normas. No campo da informação geográfica diversos métodos e padrões de qualidade são aplicados e exigidos dependendo do país. Dentro do marco de avaliação de qualidade no caso da série ISO

9000, em 1994, foi criado o TC 211 da ISO que compreende a família da ISO 19100 de informações geográficas (ARIZA-LÓPEZ, 2013).

Desde o estabelecimento da antiga padronização por parte dos Estados Unidos com o NMAS (*National Map Accuracy Standard*) (USBB, 1947) os métodos e padrões de avaliação da qualidade da informação geográfica vêm evoluindo com a própria evolução tecnológica no campo do sensoriamento remoto como é o caso do recente ASPRS *Positional Accuracy Standard for Digital Geospatial Data* (ASPRS, 2015)

No Brasil, constitucionalmente, a normatização cartográfica é de responsabilidade da União. O Decreto-lei nº 243, de 28 de fevereiro de 1967, cria o Sistema Cartográfico Nacional - SCN e a Comissão Nacional de Cartografia CONCAR. Atribui ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) a responsabilidade da gestão e manutenção do Sistema. Define a forma de representação do território, a cartografia sistemática e suas escalas e o Sistema de Infraestrutura Cartográfica. Obriga os levantamentos a serem apoiados na rede geodésica fundamental e secundária e protege os marcos, pilares e sinais geodésicos (BRASIL, 1967). O Decreto nº 89.817 de 20 de junho de 1984, estabelece as normas a serem observadas pelos produtores públicos ou privados e usuários de cartografia que devem ser homologadas pelo CONCAR. Classifica as cartas quanto a sua exatidão – Padrão de Exatidão Cartográfica – PEC. Em 1992 o IBGE elabora normas para levantamento GPS e implanta a Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo – RBMC (BRASIL, 1984).

O Decreto nº 6.666, de 27 de novembro de 2008, institui, no âmbito do Poder Executivo federal, a Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais - INDE, e dá outras providências. A INDE tem por finalidade ordenar a geração, armazenamento, acesso, compartilhamento, divulgação e uso dos dados geoespaciais, estes se distinguem pela componente espacial, que associa cada entidade ou fenômeno a uma localização na Terra (BRASIL, 2008). A Resolução nº. 01, de 30 de novembro de 2009, homologa a Norma da Cartografia Nacional, que define o perfil de Metadados Geoespaciais do Brasil - MGB. Ou seja, define como deve ser o conjunto de informações descritivas sobre os dados, incluindo as características de seu levantamento, produção, qualidade e estrutura de armazenamento, essenciais para promover a sua documentação, integração e disponibilização, bem como possibilitar sua busca e exploração (BRASIL, 2009).

A Diretoria de Serviços Geográficos do exército brasileiro (DSG), atendendo à INDE e ao decreto lei nº242/67, publica, em 2010, a norma cartográfica que regula e padroniza os Produtos de Conjunto de Dados Geoespaciais - PCDG utilizados como referência para o Espaço

Geográfico Brasileiro - EGB. Assim ficam estabelecidas por portaria e disponibilizadas pela DSG uma série: estruturação de Dados Geoespaciais Vetoriais, ET-EDGV (DSG, 2016b); Aquisição de Dados Geoespaciais Vetoriais, ET-ADGV (DSG, 2017); Produtos de Conjuntos de Dados Geoespaciais, ET-PCDG (DSG, 2017); Controle de Qualidade dos Produtos de Conjuntos de Dados Geoespaciais, ET-CQDG (DSG, 2016a). O conjunto de normas estabelece padrões para Mapeamento Topográfico em Pequenas Escalas - MapTopoPE, Mapeamento Topográfico em Grandes Escalas - MapTopoGE, Modelo Digital de Elevação e ortomagens. A norma prevê a elaboração de uma ficha técnica para cada produto com base na norma técnica ISO 19131, a qual, normalmente, especifica os seguintes requisitos: (i) visão geral; (ii) escopo da especificação; (iii) identificação do produto; (iv) conteúdo e estrutura do produto; (v) manutenção do produto; (vi) aquisição dos dados; (vii) apresentação do produto; (viii) sistema de referência; (ix) distribuição do produto; (x) qualidade dos dados; (xi) Informações adicionais; (xii) Metadados.

3.5.2 Qualidade posicional de produtos cartográfico

A qualidade posicional de um produto de informação geográfica é definida pela acurácia posicional de feições dentro de um sistema espacial de referência. A acurácia posicional abrange três tipos de dados: absoluto ou acurácia externa; relativo ou acurácia interna e; acurácia matricial (ISO 19157, 2013). No caso que compete ao controle externo do produto, qualidade posicional absoluta, o produto deve ser avaliado por uma fonte de dados independente, de maior acurácia e que cubra todo o espaço geográfico do produto a ser avaliado. Esta fonte pode ser proveniente de levantamento em campo ou em outro produto cartográfico (ARIZA-LÓPEZ, 2013). É obtida a partir do cálculo das diferenças entre as coordenadas de feições da fonte de maior referência, e seus pontos homólogos no produto a ser avaliado. As feições de referência podem ser obtidas mediante:

(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. (ROSENFELDT, 2016, p. 101)

Os PCT podem ser: (i) sinalizados no terreno antes das tomadas de fotografias, para os produtos provenientes de aerolevanteamento, normalmente a demarcação dos pontos é mediante a construção de alvos com faixas brancas em forma de “x” ou; (ii) feições naturais, objetos existentes no terreno que possam ser identificados na imagem, se possível quinas de retângulos ou pequenos círculos e de preferência na superfície, em função da medição referente à altura, no caso de se verificar a altimetria (LINDER, 2006).

Uma série de normas e padrões com relação à avaliação da acurácia posicional de dados geográficos estão publicadas como: National Map Accuracy Standards (NMAS) (USBB, 1947), Engineering Map Accuracy Standard (EMAS) (ASCE, 1983), Accuracy standards for large scale maps (ASPRS, 1990) e National Standard for Spatial Data Accuracy (FGDC, 1998). Ariza-López and Atkinson-Gordo (2008) apresentam uma análise geral destas e Mesas-Carrascosa et al. (2014) um exemplo prático da aplicação delas para produtos de imagens RPA. Em 2015, a ASPRS publicou a ASPRS Positional Accuracy Standards for Digital Geospatial substituindo a ASPRS Accuracy Standards for Large-Scale Maps de 1990. O novo padrão vai ao encontro do atual avanço na área do sensoriamento remoto, ao invés de utilizar intervalos numéricos para classificar a escala de um mapa os valores são baseados no tamanho do pixel (ASPRS, 2015).

A maior parte das metodologias de avaliação da acurácia posicional faz uso do valor estatístico referente ao EMQ (Harwin and Lucieer, 2012; Martínez-Carricondo et al, 2018). Segundo a ASPRS Positional Accuracy Standards for Digital Geospatial para a avaliação da acurácia posicional horizontal são calculados os EMQ horizontais (EMQ_x, EMQ_y e EMQ_r), enquanto que o EMQ_z vertical é calculado a parte. Suas fórmulas estão apresentadas nas Equação 1, 2, 3 e 4.

$$EMQ_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_o - X_{gnss})^2}{n}} \quad \text{Equação 1}$$

$$EMQ_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y_o - Y_{gnss})^2}{n}} \quad \text{Equação 2}$$

$$EMQ_r = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_o - X_{gnss})^2 + (Y_o - Y_{gnss})^2}{n}} \quad \text{Equação 3}$$

$$EMQ_z = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Z_o - Z_{gnss} *)^2}{n}} \quad \text{Equação 4}$$

As normas ISO 2859-1 de 1999 e 2859-2 de 1985 estabelecem os procedimentos para a amostragem de pontos de controle posicional e são adotados pela ET-CQDG. Já a norma americana de precisão de dados espaciais apresenta uma tabela de quantidade em função da área mapeada e parte de um mínimo de 20 pontos (ASPRS, 2015).

3.5.2.1 Padrão de acurácia posicional para cartografia no Brasil

O padrão brasileiro de acurácia posicional para dados espaciais é definido pelo Decreto-lei nº 89.817 de 1984, de acordo com as tolerâncias definidas no “Padrão de Exatidão Cartográfica” (PEC) e “Erro-Padrão” (EP). Os valores de tolerância são definidos em função da escala de avaliação dos dados espaciais e das classes A, B ou C (BRASIL, 1984). A publicação da ET-ADGV em 2011 pela DSG explica como deve ser a aplicação do Decreto-lei nº. 89.817 e cria uma classe mais restritiva, destinadas aos produtos cartográficos digitais (PEC-PCD). As escalas abrangidas na classificação são: 1/1.000; 1/2.000; 1/5.000; 1/10.000; 1/25.000; 1/50.000; 1/100.000 e 1/250.000 e ET-ADGV (2011) apresenta os padrões para as escalas maiores.

As cartas quanto à sua exatidão devem obedecer ao Padrão de Exatidão Cartográfica - - PEC, seguinte o critério abaixo indicado: (i) Noventa por cento dos pontos bem definidos numa carta, quando testados no terreno, não deverão apresentar erro superior ao Padrão de Exatidão Cartográfica Planimétrico estabelecido. [...]

§ 1º Padrão de Exatidão Cartográfica é um indicador estatístico de dispersão, relativo a 90% de probabilidade, que define a exatidão de trabalhos cartográficos.

§ 2º A probabilidade de 90% corresponde a 1,6449 vezes o Erro-Padrão - PEC = 1,6449 EP.

§ 3º O Erro-Padrão isolado num trabalho cartográfico, não ultrapassará 60,8% do Padrão de Exatidão Cartográfica.

§ 4º Para efeito das presentes Instruções, consideram-se equivalentes às expressões Erro-Padrão, Desvio-Padrão e Erro-Médio-Quadrático (Decreto-lei nº 89.817 de 1984, Art. 8º).

Tratando-se de carta ortoimagem em grande escala, a ET-CQDG (2016) estabelece se considerar os valores de erro médio (EM) e erro padrão (EP) para carta topográfica em grandes escalas, conforme

Tabela 1.

Tabela 1 - Padrão de Exatidão Cartográfica para carta topográfica em grandes escalas

Tipo	PEC	1:1.000		1:2.000		1:5.000		1:10.000	
		EM	EP	EM	EP	EM	EP	EM	EP
Planimetria	A	0,50	0,30	1,00	0,60	2,50	1,50	5,00	3,00
	B	0,80	0,50	1,60	1,00	4,00	2,50	8,00	5,00
	C	1,00	0,6	2,00	1,20	5,00	3,00	10,00	6,00
Altimetria	A	0,50	0,33	0,50	0,33	1,00	0,67	2,50	1,67
	B	0,60	0,40	0,60	0,40	1,20	0,80	3,00	2,00
	C	0,75	0,50	0,75	0,50	1,50	1,00	3,75	2,50

• Valores em metros

Fonte: DSG (2016)

Cabe-se observar sobre o termo “exatidão” adotado pela norma brasileira; se acredita ser mais apropriado a utilização do termo “acurácia” por se tratar de qualidade de posicionamento. Uma vez que o primeiro se refere ao grau de aderência do valor mais provável em relação ao valor verdadeiro e o segundo ao grau de proximidade de uma estimativa com o parâmetro para qual ela foi estimada. A acurácia incorpora efeitos aleatórios e sistemáticos, assim, envolve tanto a precisão (efeitos aleatórios) e a tendência (efeitos sistemáticos) (SANTOS, 2016).

Percebe-se que que a normatização para avaliação da qualidade de dados geoespaciais no Brasil não atinge o padrão de acurácia posicional para o objeto ao qual se trata esta pesquisa, carta ortoimagem, ou mesmo carta topográfica, em escalas maiores. Padrões de acurácia maiores se encontram especificados na ASPRS Positional Accuracy Standards for Digital Geospatial. A atual padronização da ASPRS abarca os novos avanços em termos de tecnologias de sensoriamento remoto, os valores dos EMQ recomendáveis são em função dos tamanhos dos pixels das imagens. A Tabela 2 apresenta os cálculos em função do tamanho dos pixels e os EMQ toleráveis e o nível de confiança a 95% para ortoimagem digital em termos de planimetria. A avaliação da acurácia vertical é diferenciada para áreas vegetadas e não vegetadas. No caso destas, é dada pelo cálculo do EMQ (ASPRS, 2015). Os níveis da acurácia e as escalas cartográficas correspondentes podem ser verificados nas tabelas da ASPRS (2015) apresentadas no

ANEXO 1.

Tabela 2 – Padrões de acurácia horizontal para dados geoespaciais da ASPRS

Classe de acurácia horizontal	Absolute Accuracy		
	EMQx and EMQy (cm)	EMQr (cm)	Acurácia horizontal a 95% de confiança (cm)
X-cm	$\leq X$	$\leq 1.414 * X$	$\leq 2.448 * X$

Fonte: ASPRS (2015, A7)

3.5.2.2 A tolerância do erro posicional para a regularização fundiária

Até recentemente não havia legislação que especificasse a precisão ou a tolerância posicional em termos práticos para áreas urbanas. Cabe-se citar que em termos jurídicos o Código Civil em seu Capítulo I, do Art. 500, estabelece que, “nas relações de compra e venda de imóveis, resguarda não exceder em um vigésimo da área total enunciada”, o que significa um erro máximo tolerável de cinco por cento (5%) da área em questão, sendo a área mínima dos lotes equivalente à 125m² e frente mínima de 5 cinco metros prevista pela Lei Federal de Parcelamento de Solo Urbano, Lei n. 6.766/79 (LUZ, 2013; ROSENFELDT, 2016). As simulações considerando as parcelas mínimas do lote urbano considerando a teoria da propagação de erro de Gauss realizadas por Luz (2013) demonstram um erro posicional tolerável de 0,245 a 0,283 metros aproximadamente dependendo do número de vértices, sendo que a precisão posicional de um ponto deve ter uma qualidade de no mínimo três vezes melhor que a tolerância especificada para garantir um nível de confiança, o erro posicional máximo tolerável dos pontos deve ser de 0,081m a 0,094m conforme o número de vértices do polígono (LUZ, 2013).

O Decreto nº 9.310 de 15 de março de 2018 (BRASIL, 2018) de regularização fundiária para o cadastro fixa os valores para o levantamento topográfico georreferenciado para áreas urbanas. Estipula, em concordância ao código civil, oito centímetros como erro máximo de posicionamento esférico para o vértice referente a uma propriedade urbana, georreferenciado pelo *Global Navigation Satellite System* - equipamento *GNSS* ou ortofotografia aérea. Menciona que se deve seguir as normas técnicas para serviços topográficos da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, as normas Técnicas da Cartografia Nacional e as especificações técnicas da Diretoria do Serviço Geográfico do Exército Brasileiro - DSG. Contudo este nível de exatidão não se encontra nas tabelas de Padrão de Exatidão Cartográfica - PEC apresentadas em nível nacional.

Observa-se que há discordância entre os especialistas na área com relação ao uso do termo esférico, pois fica subentendido a inclusão da altimetria, a qual há maior dificuldade de se alcançar medição neste nível de acurácia, como por exemplo, o levantamento das coordenadas z com a utilização de equipamento GPS/GNSS deve ser corrigida com a ondulação geoidal e a referência do IBGE possui uma acurácia de 0,17 m.

3.5.3 Qualidade temática dos dados geográficos

Os erros se fazem presente em qualquer processo de classificação, se tratando de mapas temáticos, o termo acurácia expressa o grau de acerto das classes temáticas. O método normalmente utilizado para avaliar a acurácia de maneira mais detalhada e específica quanto a sua localização é a matriz de erro, também chamada matriz de confusão. A denominação confusão se dá, pois, além de indicar a acurácia geral, a matriz também indica a confusão que o classificador pode gerar entre classes. A matriz $n \times n$, sendo o eixo y normalmente correspondente às classes representadas no mapa e o eixo x as classes na fonte de referência. Os valores apresentados na matriz correspondem a quantidade de pixel que o classificador reconheceu, algumas vezes se apresentam em porcentagem (CAMPBELL e WYNNE, 2011).

A principal medida utilizada para expressar a acurácia temática é a exatidão global, também chamada de global, calculada a partir da matriz de erro, referente ao somatório dos valores obtidos na diagonal principal (canto esquerdo superior ao canto direito inferior) divididos pela quantidade de pixels avaliados. Este valor identifica a proporção dos pixels que tiveram a classificação correta. Outros valores que podem ser obtidos pela interpretação da matriz de confusão são referentes à confiabilidade por classe mapeada (acurácia do usuário) ou à capacidade de o classificador distinguir corretamente uma classe (acurácia do produtor). A acurácia do usuário se refere aos erros de comissão, ou seja, os pixels atribuídos à uma classe, quando na verdade pertencem à outra classe; já a acurácia do produtor se refere ao erro de omissão, ou seja, os pixels que não foram mapeados para determinada classe corretamente (CAMPBELL e WYNNE, 2011).

A matriz de erro revela a natureza geral dos erros. Para se melhorar o significado dos resultados obtidos por tal, possibilitando uma avaliação mais objetiva com relação a noção de concordância entre as fontes de dados, se utiliza o Índice *Kappa*. O índice *Kappa* é a medida relativa ao grau de concordância entre a classificação digital realizada e a fonte de referência (CAMPBELL e WYNNE, 2011). Os valores do índice *Kappa* variam de -1 a 1, onde 0 indica

sem concordância e 1 concordância perfeita. Os valores do índice *Kappa* normalmente são utilizados quando se compara distintos classificadores, contudo, aos valores de acurácia geral e de cada classe fornecem tanto quanto ou até mais informação (MATHER; KOCH, 2011).

A norma brasileira ET-CQDG (DSG, 2016b) adota a acurácia geral, nos termos da norma, exatidão global (Equação 5), com base na matriz de confusão, para avaliar a qualidade temática de um mapa de classificação do uso do solo. Contudo, admite o uso do índice *Kappa* (Equação 6). Tabela 4 apresenta a interpretação da tabela para se obter as acurácias do usuário e do produtor, os erros de comissão e de omissão.

Tabela 3 – Estrutura da matriz de confusão

Unidade avaliada (teste)	Unidade de referência					Total
	1	2	...	r-1	r	
1	X_{11}	X_{12}	...	$X_{1,r-1}$	$X_{1,r}$	X_{1+}
2	X_{21}	X_{22}	...	$X_{2,r-1}$	$X_{2,r}$	X_{2+}
...
t-1	$X_{t-1,1}$	$X_{t-1,2}$...	$X_{t-1,r-1}$	$X_{t-1,r}$	X_{t-1+}
t	$X_{t,1}$	$X_{t,2}$...	$X_{t,r-1}$	$X_{t,r}$	X_{t+}
Total	X_{+1}	X_{+2}	...	X_{+r-1}	X_{+r}	N

Fonte: DSG (2016b)

$$EG = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^r X_{i,i} \quad \text{Equação 5}$$

$$k = \frac{N * \sum_{i=1}^t X_{i,i} - \sum_{i=1}^t X_{i+} * X_{+i}}{N^2 - \sum_{i=1}^t X_{i+} * X_{+i}} \quad \text{Equação 6}$$

Tabela 4 – Acurácia do usuário e do produtor, erro de comissão e de omissão

	Acurácia do usuário	Erro de comissão	Acurácia do produtor	Erro de omissão
1	$X_{11} \div X_{1+} = Au_1\%$	$1 - Au_1\% = Ec_1\%$	$X_{11} \div X_{+1} = Ap_1\%$	$1 - Ap_1\% = Eo_1\%$
2	$X_{22} \div X_{2+} = Au_2\%$	$1 - Au_2\% = Ec_2\%$	$X_{22} \div X_{+2} = Ap_2\%$	$1 - Ap_2\% = Eo_2\%$

Fonte: Adaptado de Campbell e Wynne (2011)

3.6 GEOPROCESSAMENTO DE IMAGENS RPA

As RPA não são estáveis como uma aeronave embarcada, portanto, a técnica de orientação das imagens por triangulação estabelecida para a fotogrametria tradicional por

aeronave embarcada não é aplicável à projetos RPA. O processamento de um modelo fotogramétrico de altíssima resolução com imagens RPA exige um número de imagens por área levantada muito maior do que em um projeto de fotogrametria convencional, no caso, há necessidade de uma grande sobreposição das imagens tomadas. Turner et al (2014) observaram que os melhores resultados foram atingidos com sobreposição de imagens por volta de 80%.

Por isso técnicas de visão computacionais, como por exemplo SfM (*Structure from Motion*), foram utilizadas para resolver esta situação. Mais recentemente, se desenvolveu softwares de fotogrametria específicos para imagens RPA, tais como, *Agisoft PhotoScan*TM, cuja versão atual é o *MetaShape*TM, *Pix4D*TM, *Photomodeler*TM, entre outros que utilizam seus próprios algoritmos fechados ou de concepção própria. Tais ferramentas requerem processamento paralelo através de placa *multi-core* ou *GPU (Gráfica Processing Unit)* (TURNER et al, 2014; COLOMINA e MOLINA, 2014; PADRÓ et al, 2019), fato que requer investimento em *hardware*.

Turner et al (2014) experimentaram o processamento de um mesmo levantamento aéreo com micro RPA utilizando três softwares: *Agisoft PhotoScan*TM, *Pix4D*TM e um método de ajustamento próprio. Foram processadas 143 imagens, sendo que o *Agisoft PhotoScan*TM apresentou o melhor desempenho, foi o mais veloz, o mais fácil de operar e obteve a melhor acurácia espacial do modelo gerado (erro médio de 11 cm com desvio padrão de 2 cm, com o uso de georreferenciamento direto). O Quadro 1 apresenta os tempos de processamento e os *hardwares* para cada *software* utilizado.

Quadro 6- Tempos de processamento e os hardwares para cada software utilizado no processamento de 143 imagens

	<i>PhotoScan</i> TM	<i>Pix4D</i> TM on line	Método de ajustamento próprio
Tempo de processamento	4,3 horas	11 horas	41 horas
Observações	Alinhamento 1,8 h Geometria 1,8 h Ortofoto 0,7 h	7 horas para baixar as imagens	Técnica otimizada reduziu processamento para 16 horas
Hardware	Desktop Quad-core Windows (Intel i7 – 8 cores) com NVIDIA GTX590 e 32GB RAM	Serviço web em nuvem	Linux servidor com 256GB RAM e processador 32 cores

Fonte: Turner et al (2014)

3.6.1 Georreferenciamento de imagens RPA

Na fotogrametria com imagens RPA, a orientação das imagens é um ponto a se preocupar devido a equipamentos de GPS/IMU mais simples, de baixo custo e produtos com escala grande (Turner et al, 2012; Mesas-Carrascosa et al, 2014; Carvajal-Ramírez, 2016; Padró et al, 2019). A melhoria na acurácia dos sensores de navegação é importante, contudo, fica limitado visto a restrição de peso para esse tipo de plataforma e a miniaturização se torna cara, elevando o valor de custo do sistema (Pajares, 2015). Com o georreferenciamento direto com um equipamento GPS embarcado se pode alcançar uma acurácia em nível decimétrico, adequado para várias aplicações (Turner et al, 2014; Grayson et al, 2018), mas não o suficiente para regularização fundiária ou uma base cadastral detalhada, onde se requer acurácia centimétrica. Nestes casos, o uso de equipamentos GNSS embarcados mais sofisticados de método RTK e pós-processamento podem chegar a uma acurácia centimétrica (Grayson et al, 2018; Padró et al, 2019). O uso do georreferenciamento indireto com PCT ainda apresenta um resultado melhor, por mais próximo que possa chegar ao método indireto com GNSS pós-processado de precisão, é essencial para o levantamento com equipamento de baixo custo com GPS mais simples (Turner et al, 2012; Padró et al, 2019).

Alguns estudos vêm sendo feito a respeito do georreferenciamento das imagens RPA, tais estudos envolvem comparações do uso dos métodos diretos e indiretos, compreendendo estudos sobre a quantidade, os modelos e a distribuição dos PCT (Harwin and Lucieer, 2012; Tahar, 2013; Mesas-Carrascosa et al, 2014; Carvajal-Ramírez et al, 2016; Tonkin and Midgley, 2016; Reshetyuk and Mårtensson, 2016; Agüera-Vega et al, 2017; Martínez-Carricondo et al, 2018). Tais estudos utilizaram micro RPA, compreendendo asas fixas e multirrotores, com câmeras digitais de pequeno e médio formato que variam entre 12MP e 42MP. As áreas levantadas possuem dimensões variando entre 0,008 km² e 0,1774 km² e as tomadas das imagens foram obtidas em alturas de voo variando de 80 e 200 metros (sendo 120 m de altura na maioria dos casos) resultando em GSD de 2,5 cm (80m de altura), 3,3 cm (120m de altura) e 5,0 cm (150m de altura). Em média as sobreposições frontais e laterais das imagens foram em torno de 80% e 75% respectivamente. Foram utilizados para o processamento das imagens, e em alguns casos se compararam, diferentes softwares de fotogrametria RPA, tais como o *Agisoft PhotoScan*TM, *Pix4D*TM, *EnsoMOSAIC*TM, *RapidTerrain*TM, *Photomodeler*TM, entre outros de concepção própria. Dentre tais estudos destaca-se em função à afinidade a pesquisa proposta nesta tese as pesquisas descritas a seguir.

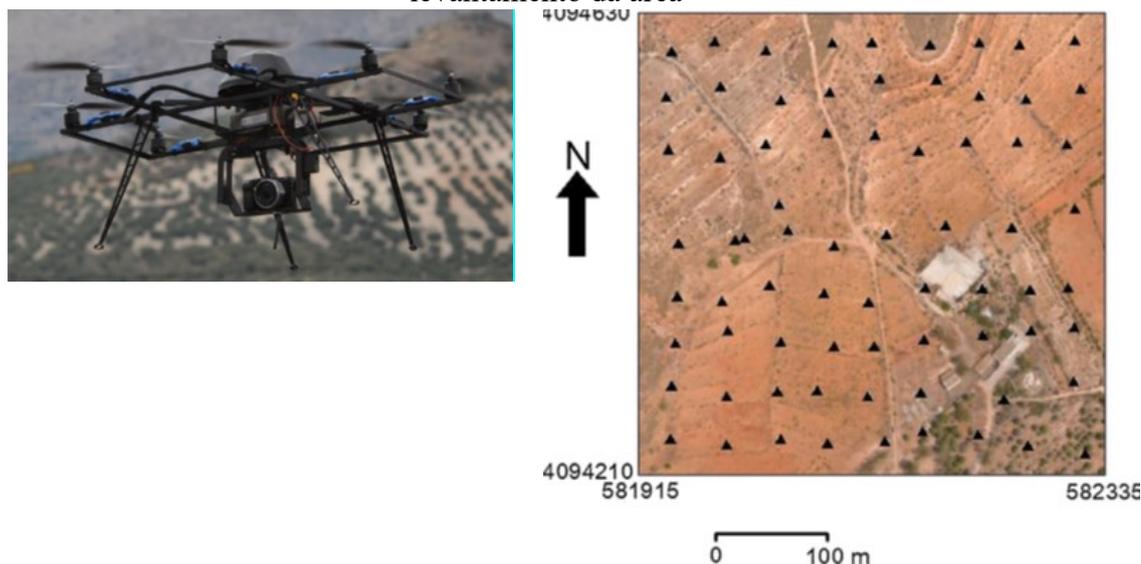
Turner et al (2014) testaram o georreferenciamento direto utilizando um RPA octacoptero (8 asas rotatórias) *Droidworx*TM com uma câmera Canon 550D DSLR, 15-megapixel com eletrônicos *Mikrokopter*TM a bordo (sensor de pressão, acelerômetro, giroscópio e a magnetômetro para determinação do posicionamento GPS). Foram coletados 22 PCT para a verificação da qualidade posicional (Figura 10) após o processamento com os três softwares já mencionados (*PhotoScan*, *Pix4D* e método de ajustamento próprio). A área de levantamento consta 0,8 ha (8.000m²). As imagens foram capturadas com um alto índice de sobreposição (90%), mas foram descartadas aproximadamente metade das imagens, de 297 imagens, 143 foram usadas no geoprocessamento. A média dos erros horizontais e os respectivos desvios padrão foram: *PhotoScan*, 11,5 cm ± 2 cm; *Pix4D*TM, 24,7 cm ± 2,7 cm e 75 cm ± 14 cm.

Agüera-Vega et al (2017) levantaram uma área de 190 m x 113,95 m (0,176 km²) com relevo variando em torno de 60 m. A plataforma utilizada foi modelo RPA octacoptero com câmera digital Nikon D3100 (*payload* de 2,5 kg), apresentado na Figura 10. O voo capturou as imagens à altura de 120 m, com sobreposição 90% (frontal) e 80% (lateral) e resultou em um GSD de 3 cm. As imagens foram processadas no software *PhotoScan*, versão 1.0.4. Testou-se o uso de 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 15 e 20 PCT para o georreferenciamento dos modelos ortofotomosaicos. Os PCT foram selecionados dentre 72 alvos impressos em papel vermelho tamanho A4 com um círculo preto no centro, espalhados uniformemente no terreno, cujas coordenadas foram medidas com equipamento GNSS/RTK. Os resultados em termos de acurácia planimétrica foram: utilizando 4, 5 e 6 GCP, EMQx e EMQy, aprox. 6 cm e EMQh aprox. 8 cm; com 7, 8 e 9 PCT, EMQ x e y aprox. 5 cm e EMQh, 6 cm; usando 10, 15 e 20 PCT, EMQx e EMQy aproximadamente 3 cm e EMQh 4 cm. Embora os valores dos EMQ para o uso de 10 a 20 PCT terem sido similares o desvio padrão usando 20 PCT foi consideravelmente menor, na casa dos milímetros, EMQx ± 0,35 cm, EMQy ± 0,022 cm e EMQh ± 0,017 cm. Com relação à acurácia altimétrica, os valores dos EMQz ± desvio padrão para 15 e 20 PCT foram 5,8 cm ± 1,21 cm e 4,7 cm ± 0,009 m; utilizando 10 PCT o EMQz foi de 6,9 cm, mas o desvio padrão foi consideravelmente maior, ± 4,4 cm. Os valores dos EMQz e desvio padrão utilizando menos PCT foram superiores a 10 cm.

Em continuidade ao estudo anterior, Martínez-Carricondo et al (2018) testou 5 tipos de distribuição diferentes para os PCT com 12 diferentes quantidades de PCT e repetiu em 5 combinações distintas de amostras na mesma área (190 m x 113,95 m) e com o mesmo sistema RPA (octacoptero e câmera digital Nikon D3100), mesma altura de voo (120 m) e sobreposição de captação das imagens (90% e 80%). A distribuição cujos pontos foram alocados nas bordas

da imagem obtiveram a melhor acurácia horizontal, com 8 PCT o valor do EMQh foi inferior a 5 cm, de 20 a 36 PCT o EMQh alcançou valores em entorno de 3,5 cm. Já na alocação dos PCT distribuídos equilibradamente por zonas, a acurácia vertical se mostrou melhor: utilizando 20 e 24 PCT o EMQz foi de aproximadamente 4,7 cm e com o uso de 30 a 36 PCT foi de aproximadamente 4,3 cm.

Figura 10 –RPA 8 rotores e câmera Nikon D3100 e locação dos PCT utilizados para o levantamento da área



Fonte: Agüera-Vega et al (2017, p.223)

Grayson et al (2018) comparou o uso de georreferenciamento direto por meio de Posicionamento por Ponto Preciso (GPS/PPP) com o Posicionamento Pós-Processado (GPS/PPK) e também com o georreferenciamento indireto com o uso de 16 PCT. A área levantada compreende um campo de gramínea de 250 m x 600m (0,15 km²) com um relevo suave com 25 m de desnível. Utilizou-se equipamento de asas fixas modelo QuestUAV Q-200 (aproximadamente 5 kg de Payload), apresentado pela Figura 11 câmera digital compacta Sony ILCE-6000, antena Maxtena M1227HCT-A2-SMA GNSS com receptor GNSS Septentrio AsteRx-m, apresentado na Figura 11, e software APERO para o processamento das imagens. As imagens foram adquiridas a altura de 120 m, foram realizados voos cruzados com sobreposição de 80% (frontal) e 70% (lateral). As imagens processadas possuem GSD de 3 cm. Os valores dos EMQx, y e z para o método GPS/PPK e com o uso de PCT foram similares, resultaram em menos de 1 pixel. Com o uso de do método GPS/PPP os valores dos EMQx e y também resultaram em 1 pixel e o EMQz foi de 3 pixels. Portanto, se demonstrou que o uso do georreferenciamento direto pelos métodos GPS/PPP e GPS/PPK sem o uso de PCT pode

apresentar acurácia centimétrica neste sistema, sendo a altimetria mais acurada para o uso do GPS/PPK com ou sem PCT.

Figura 11 – RPA asa fixa QuestUAV Q-200



Fonte: QuestUAV

Padró et al (2019) comparou o uso do georreferenciamento direto e indireto com PCT levantados. Aplicou-se os métodos (i) GNSS (GNSSNAV); (ii) PPK(1) com frequência única e correção feita por uma estação de referência permanente a 4 km de distância; (iii) PPK(2) duas frequências e correções feitas com uma base estacionária alocada na área de levantamento; (iv) uso de PCT. A área levantada compreende 300 m x 200 m (0,06 km²) com variação altimétrica de 15 m entre os pontos levantados. Utilizou-se o equipamento de 8 asas rotatórias DJI S1000 e câmera SONY Alpha 7RII (Figura 12) para a captação das imagens dos modelos georreferenciados com os métodos (i), (iii) e (iv) e para o método (ii) utilizou-se o equipamento de 6 asas rotatórias DJI S900 e câmera multiespectral *MicaSense RedEdge* câmera. A materialização em base de concreto e levantamento das coordenadas dos PCT se encontram ilustradas na Figura 12. O procedimento de validação, foi através do método cruzado: a partir de 7 PCT, seis são usados para o georreferenciamento e um como ponto de verificação independente e assim se sucede formando sete arranjos diferentes de validação. Os resultados encontrados foram: (i) com o uso de GNSSNAV, EMQ_x, 100 cm, EMQ_y, <50 cm e EMQ_z, 400 cm; (ii) PPK(1), EMQ_x, 15 cm, EMQ_y, 20 cm e EMQ_z, 24 cm; (iii) PPK(2), EMQ_x, e y, 2,5 cm e EMQ_z, 3,6 cm; (iv) PCT, EMQ_x, 1,4 cm, EMQ_y, 1,8 cm e EMQ_z 3 cm. Portanto o georreferenciamento direto com o uso do PPK dupla frequência e base estacionária em campo

e o georreferenciamento indireto com o uso de PCT se apresentaram próximos, apesar deste ser mais preciso, ambos foram em nível centimétrico.

Figura 12 – Alvos executados para os PCT e octocoptero utilizado



Fonte: Padró et al (2019)

Quanto aos alvos para o levantamento das coordenadas dos PCT tanto para o georreferenciamento quanto para a verificação nas pesquisas descritas constam: discos de alumínio de 30 cm de diâmetro com um anel laranja fluorescente pintado na borda (TURNER et al, 2014); Papel vermelho A3 (42 por 27,9 cm) com um círculo preto no centro (AGÜERA-VEGA et al, 2017; MARTÍNEZ-CARRICONDO et al, 2018) Pratos de plástico rígido branco com 27 cm de diâmetro e no centro um alvo formado por uma circunferência sólida preta fixados em estacas de madeira (GRAYSON et al, 2018); base realizada em concreto medindo 75 cm x 75 cm x 10 cm com um parafuso no centro.

A partir destes estudos, observou-se que: (i) apesar do método de georreferenciamento indireto com o uso de PCT se apresentar como o método mais acurado o uso do método GNSS/PPK pode ter resultado similar, na casa dos centímetros; (ii) na planimetria a melhor acurácia alcançada foi com o uso de PCT alocados nas bordas da área levantada; (iii) já na altimetria. O uso de PCT com distribuição esparsa de forma homogênea foi o que proporcionou o melhor resultado; (iv) há melhora na acurácia posicional dos modelos gerados por imagens RPA a partir do aumento da quantidade de PCT até uma certa quantidade de pontos, depois se

estabiliza; (v) os alvos para os PCT devem ter um tamanho adequado em função do GSD da imagem e terem cores que se destacam do entorno da área onde será implantado.

O Quadro 7 apresenta um resumo dos artigos que apresentados que se identificam com a metodologia para estudo do georreferenciamento do modelo ortofotomosaico proposto por esta pesquisa.

Quadro 7 – Resumo dos artigos sobre estudo do georreferenciamento de modelos fotogramétricos de imagens RPA

Referência	Área	Sistema RPA	H voo	sobreposição	software	GSD	Resultados			
Agüera-Vega et al (2017)	191 m x 114 m (0,02 km ²)	Octacoptero com câmera digital Nikon D3100 (payload de 2,5 kg)	120 m	90% (frontal) 80% (lateral)	Agisoft PhotoScan	3 cm	4, 5 e 6 PCT EMQh 8cm	7, 8 e 9 PCT EMQh 6cm	10, 15 e 20 PCT EMQh 4cm	10 PCT EMQz 6,9cm 15 e 20 PCT EMQz 4,7cm
Martínez-Carricondo et al (2018)	191 m x 114 m (0,02 m ²)	Octacoptero com câmera digital Nikon D3100 (payload de 2,5 kg)	120 m	90% (frontal) 80% (lateral)	Agisoft PhotoScan	3 cm	Distribuição nas bordas: 8PCT EMQh 5cm	Distribuição nas bordas: 20 a 36 PCT EMQh 5cm	Distribuição estratificada: 20 e 24 PCT EMQh 4,7cm	Distribuição estratificada: 30 e 35 PCT EMQh 4,3cm
Grayson et al (2018)	250 m x 600m (0,15 km ²)	Asa fixa QuestUAV Q-200 (aproximadamente 5 kg de Payload), câmera digital compacta Sony ILCE-6000, antena Maxtena M1227HCT-A2-SMA GNSS com receptor GNSS Septentrio AsteRxm	120 m	80% (frontal) 70% (lateral) cross strips	APER0	3 cm	GPS/PPP EMQx,y 3cm EMQz 9cm	GPS/PPK EMQx,y,z 3cm	16 PCT EMQx,y,z 3cm	
Padró et al (2019)	300 m x 200 m (0,06 km ²)	DJI S1000 (8 asas rotatórias) e câmera SONY Alpha 7RII - RGB (i), (iii) e (iv) e DJI S900 (6 asas rotatórias) e câmera multiespectral MicaSense RedEdge câmera	80 m	80% (frontal) 60% (lateral)	Agisoft PhotoScan	2,5 cm (RGB) 5 cm (MS)	GNSSNAV EMQx 100cm EMQy 50cm EMQz 400cm	PPK (1) EMQx 15cm EMQy 20cm EMQz 24cm	PPK (2) EMQx 2,5cm EMQy 2,5cm EMQz 3,6cm	6 PCT EMQx 1,4cm EMQy 1,8cm EMQz 3cm

3.7 O USO DE DADOS DE SENSORIAMENTO REMOTO PARA A OBTENÇÃO DE INFORMAÇÕES SOBRE A COBERTURA DO SOLO URBANO

Por muito tempo as fotografias aéreas em escala grande foram amplamente utilizadas para se obter informações a respeito do solo urbano. Tradicionalmente essa identificação vinha sendo feita a partir da restituição de feições por interpretação visual e dependia da acuidade e experiência do intérprete. Os métodos de classificação a partir de imagens aéreas seguem pela identificação de segmentos que representam um conjunto de feições em função de seus elementos, como: tonalidade, cor, textura, tamanho, padrões e associações, que conformam uma unidade morfológica. Como exemplo, tem-se a classificação da cobertura dos solo para a cidade de Munique, Alemanha, em 24 categorias sobre imagem aérea pancromática em escala 1:5.000 por interpretação visual: residências unifamiliares, conjuntos de casas geminadas, blocos residenciais, edifícios, fábricas, edifícios e fabrica, uso misto, solo exposto ou áreas em construção, grandes estacionamentos, ruas, autoestradas, lagos e lagoas, rios, bosques, parcelas de vegetação arbustiva remanescente, parques e áreas verdes, cemitério, hortas urbanas, campos de desportos, pastos, áreas degradadas e aterros sanitários, terras aradas, horticultura e viveiros (PAULEIT e DULME, 2000).

Nas imagens digitais as informações espectrais do pixel permitem processos automatizados, neste caso, o reconhecimento de elementos básicos como tonalidade e cor é de processamento fácil, mas os padrões e associações já requerem algoritmos mais sofisticado (HEROLD; LIU e CLARKE, 2003). Os métodos de classificação automática básicos, classificação não-supervisionada, tais como *K-means* e o *ISODATA*, utilizam unicamente os valores espectrais do pixel e geram agrupamentos no espaço característico, sem exigir conhecimento prévio do tema de investigação. O benefício de se utilizar a classificação não-supervisionada está na possibilidade de se transformar mais rapidamente dados brutos em informação útil ao tema a ser investigado, desde que se obtenha acurácia exigida. Entretanto, é justamente na acurácia que se encontra o limite da aplicação da classificação não-supervisionada, uma vez que, em muitos casos não apresentam acurácia satisfatória em temas que exigem maior detalhamento, como no caso de análises do meio urbano, devido à similaridade de resposta espectral dos objetos urbanos. Já os métodos de classificação supervisionada, tais como as regras da Máxima Verossimilhança (MAXVER), da Distância Mínima (distância euclidiana) e do Paralelepípedo, adicionam a tecnologia de aprendizagem de máquina (*Learning Machine*) ao processo automático de classificação. Utilizam-se amostras de

treinamento dos algoritmos. Contudo, ainda apresentam dificuldade em padrões complexos (XIE; SHA; YU, 2008).

No caso de áreas urbanas, a resposta espectral dos diversos objetos da cobertura do solo urbano apresenta um padrão complexo até em imagens com boa resolução espacial, sendo que muitas das coberturas de uso do solo urbano apresentam a mesma resposta espectral (ex. ruas pavimentadas, passeios públicos, parques de estacionamentos pavimentados, coberturas de laje e outras feições similares). Apesar destes objetos serem facilmente reconhecidos na interpretação visual, os algoritmos de classificação digital tradicionais encontram dificuldade para identificar as classes urbanas em escala grande. Assim sendo, os algoritmos clássicos de classificação pixel a pixel não se fazem eficientes para a classificação da cobertura do solo urbano (MYINT et al, 2011; BELGIU, 2014).

Novos métodos de classificação automática têm sido desenvolvidos. No caso de reconhecimento de vegetação, o índice de vegetação, sendo o mais utilizado, o *NDVI* (*Normalized Difference Vegetation Index*). As redes neurais artificiais (*Artificial Neural Network – ANN*) e a técnica Fuzzy, que se utiliza de árvore de decisão, também têm sido utilizadas nestes casos. As ANN têm sido muito útil na extração de informações de padrões complexos de vegetação. Contudo demanda de uma dificultosa interpretação dos resultados e demanda do sistema computacional, em muitos casos apresenta insucesso após horas de processamento computacional (XIE; SHA; YU, 2008).

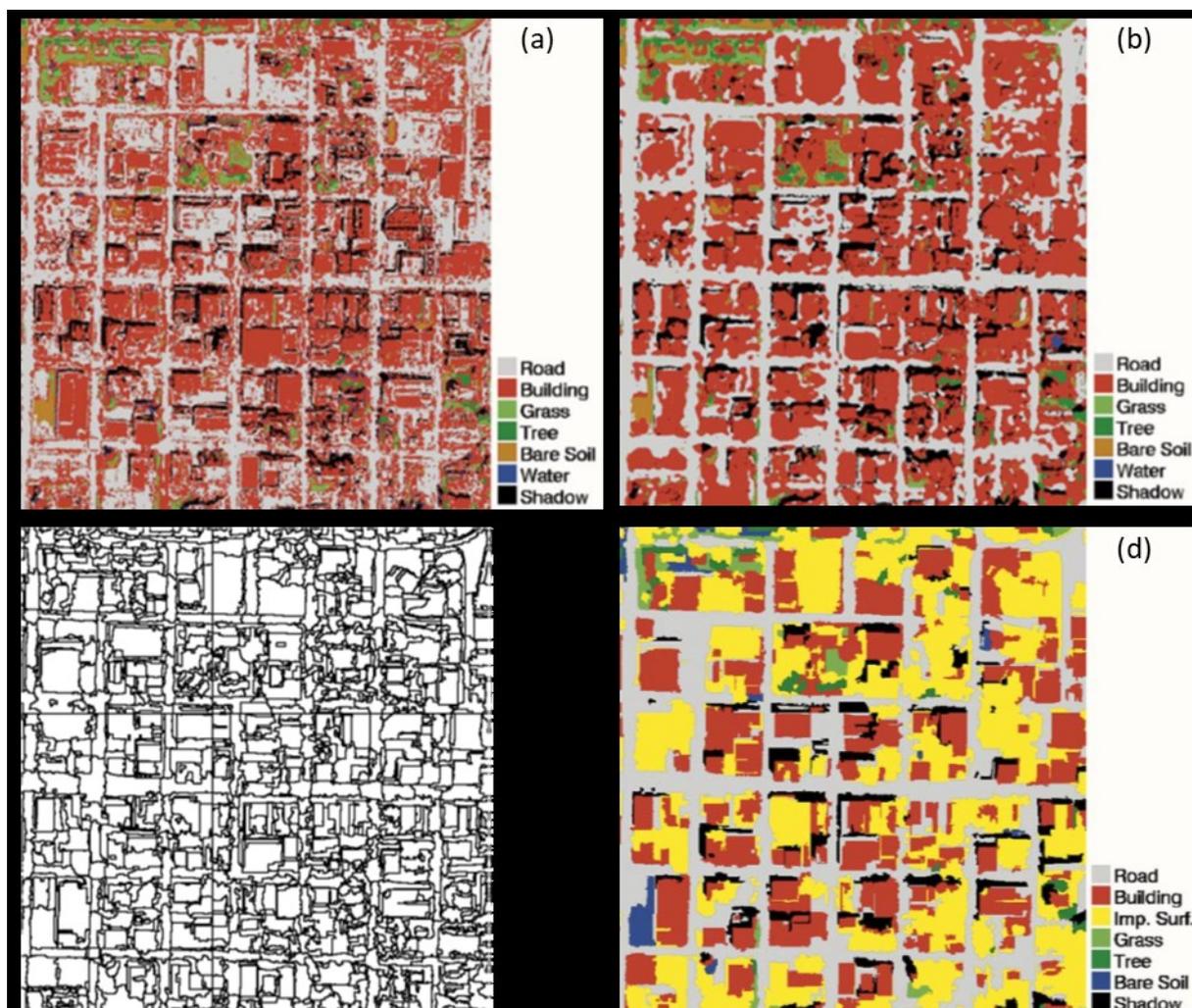
Nos últimos anos a classificação orientada a objetos (*Object Based-Image Analysis - OBIA*) tem sido aceita como um método eficiente para classificar VHR imagens. Esta abordagem não se utiliza de um único pixel, considera vários pixels que foram agrupados de forma significativa, por meio de um método de análise interativo. Diversas fontes de informação são usadas pela classificação OBIA o que não é possível nos métodos de classificação pixel-a-pixel (SHACKELFORD; DAVID, 2003; MYINT et al, 2011; BELGIU, 2014). Contudo, na ausência de uma metodologia sistemática para conceituar e formalizar a classificação de um conjunto de regras, a classificação orientada ao objeto resulta em um subjetivo, passivo de erros e dificilmente reproduzível método (BELGIU, 2014). Outro fator a se considerar é a limitação com relação à memória dos computadores nos processos de segmentação e classificação de dados de imagens de alta resolução (BELGIU, 2014).

3.7.1 Aplicações de dados de sensoriamento remoto na classificação da cobertura do solo urbano

Shackelford e David (2003) realizaram a atualização do mapeamento da cobertura do solo de uma área urbana densa na Columbia, EUA, a partir de dados IKONOS com 1 m de resolução (pancromática) e 4 bandas multiespectrais com 4 m de resolução, adquiridos em 30 de abril 2000. Num primeiro momento, estabeleceram-se as classes: estradas, edificações, grama, árvore, solo exposto, água e sombra. Realizou-se a classificação por pixel com os métodos da máxima verossimilhança (MAXVER) e de lógica *fuzzy* de classificação que resultaram numa acurácia média na classificação das categorias de 80,3% e 92,9% respectivamente. Num segundo momento, inseriu-se mais uma classe, superfície impermeabilizada, cuja resposta espectral é similar à classe edificações, o que dificultando a classificação mediante métodos exclusivamente por pixel. Assim se utilizou OBIA juntamente com a lógica *fuzzy* e a acurácia média foi de 86,4, sendo que, 76% na identificação de edificações e 81% para superfícies impermeabilizadas. Ou seja, no momento que se adquiriu mais uma classe que pretendia distinguir edificações de áreas abertas impermeáveis a acurácia temática atingida pelo método de classificação reduziu. A Figura 13 apresenta a classificação pelo método MAXVER, de lógica *fuzzy*, o processamento de segmentação por unidades morfológicas e a classificação pelo método OBIA e lógica *fuzzy*.

Mello (2008) realizou testes quanto à classificação supervisionada e não supervisionada a partir das imagens multiespectrais *QuickBird* e *Spot*. Para a classificação não supervisionada se utilizaram os métodos *Isodata* e *K-means* do *software ENVI 3.6*. Para a classificação supervisionada se utilizaram os métodos de paralelepípedo e distância mínima. Selecionaram-se as áreas de treinamento: areia; vegetação densa; vegetação rasteira; solo exposto, rodovias, edificações e água. Seu objetivo foi o desenvolvimento de um método de atualização das feições d'água a partir das imagens satélites multiespectrais de alta resolução, o qual se confirmou válido quando classifica as imagens *Quickbird* para a identificação da feição de hidrografia em uma base cartográfica na escala 1:15.000 e se considerou inválidos os produtos oriundos do *SPOT V*.

Figura 13 – Produtos da classificação pelo método MAXVER (a), da lógica fuzzy de classificação (b), do processamento de segmentação por unidades morfológicas (c) e a classificação pelo método OBIA e lógica fuzzy (d).



Fonte: Shackelford e David (2003, p. 2356, 2357, 2362)

Franke (2009) realizou a classificação da cobertura do solo de uma área urbana em Bonn, Alemanha, por meio de dados hiperespectrais adquiridos pelo Airborne Hyperspectral Mapper e o método de classificação *Hierarchical Multiple Endmember Spectral Mixture Analysis* (MESMA). Alcançou-se 97,2% de acurácia em níveis mais básicos de classificação como: solo permeável e impermeável e no mapeamento de quatro classes (vegetação, solo exposto, água e área construída). Em níveis superiores, no mapeamento em sete classes (massa arbórea, vegetação rasteira, solo exposto, rio, lagos/reservatório, estradas, coberturas/edificações) chegou-se a 81,7% de acurácia e no mapeamento de 20 classes, representando espécies de vegetação e tipos de materiais, tanto para estradas como para

cobertura de edificações (Figura 14), a acurácia geral obtida foi de 75,9%. Ou seja, a metodologia somente obteve resultado adequado a um nível superior à 90% de acurácia para poucas classes (até 4 classes)

Figura 14 - Produto da classificação por hierarquia MESMA sobre imagem Hymap para 20 classes.



Fonte: Franke (2009, p. 1718)

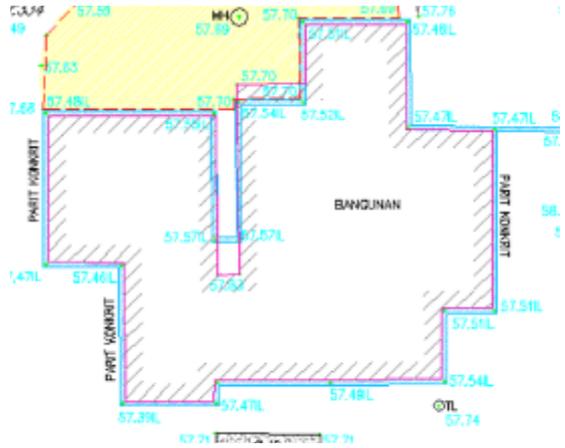
Myint et al (2011), elaboraram o mapa de uso e cobertura do solo urbano na região central da cidade de Phoenix, EUA, a partir da classificação do solo urbano sobre imagem espectrais (4 bandas) *QuickBird* de resolução espacial de 2,4 m e radiométrica de 16 bit. A ferramenta utilizada foi o *Definiens/eCognition*TM software. Foram realizadas classificações em sete categorias: edificações, solo exposto, grama, superfícies impermeabilizadas, piscinas, áreas arborizadas e lagos/açudes. O mesmo procedimento de classificação foi feito para duas áreas distintas em configuração espacial e em tamanho de superfície, uma de 178 km² e outra relativamente menor. Testou-se uma estratégia de múltiplos classificadores a partir de extrações específicas por classificador: regra do vizinho mais próximo, para identificar gramas, árvores e corpos d'água; regra de adesão por função com fusão do *NDVI* (*Normalized Difference Index*)

e com fusão do PCA (Análise dos Componentes Principais) para identificar edificações. O método OBIA também foi aplicado. A avaliação dos resultados para a classificação da área maior resultou em uma acurácia geral de 67,6% e índice Kappa equivalente a 0,62 para o método de classificação por pixel a pixel, enquanto que a classificação por OBIA resultou em uma acurácia geral de 90,4% de acurácia geral e índice *Kappa* de 0,89. Já para a área menor a classificação pixel a pixel OBIA obteve uma acurácia geral de 87,8%, e índice Kappa de 0,86, enquanto que a classificação OBIA obteve uma acurácia geral de 95,2% e 87,8% para a classificação por pixel e índice *Kappa* de 0,94. O que demonstra que é mais difícil atingir uma acurácia maior para áreas maiores a um nível alto de detalhamento, sendo que a classificação OBIA obteve o melhor resultado nos dois casos (MYINT, 2011).

Da Silva Reis (2017), realizaram a classificação supervisionada de imagem multiespectral *QuickBird* para mensuração de indicadores arbóreos urbanos. O estudo foi realizado no município de Arinos, MG. Utilizaram-se do algoritmo de máxima verossimilhança, estabeleceram-se sete classes, sendo elas, copa de árvore, gramínea, solo exposto, asfalto, sombra, vereda e telha cerâmica. O índice *Kappa* encontrado foi de 97,6%. O uso de imagem espacial multiespectral se demonstrou uma ferramenta importante para a obtenção de dados e análise da vegetação urbana, bem como sua relação com os demais componentes do espaço urbano.

Sibaruddin et al (2018) testaram a extração de feições referentes a edificações e infraestrutura existentes a partir de imagens coletadas pelo sistema RPA utilizando o método OBIA juntamente com distintos métodos de classificação supervisionados. O sistema RPA utilizado consiste em um *eBee Sensefly* (asas fixas) que possui câmera Canon 16 MP IXUS para o espectro visível. A área de levantamento foi de 0,3628 km², o voo foi a 190 m de altura e a sobreposição das imagens foi de 80% (frontal) e 60% (lateral). O processamento das imagens para a geração do mosaico ortorretificado foi realizado utilizando o *software Pix4D*. O GSD da imagem é de 5 cm e o georreferenciamento realizado com 6 PCT que resultou em um EMQ de 2,5 cm de acurácia posicional. O melhor resultado para a classificação OBIA foi com o método *SMV* (*Support Machine Vector*) que atingiu uma acurácia geral de 97,2%. A Figura 15 apresenta um dos resultados demonstrado pelos autores, os valores dos erros verificados entre as feições extraídas pelo método OBIA + *SMV* comparados às medidas obtidas por levantamento de campo.

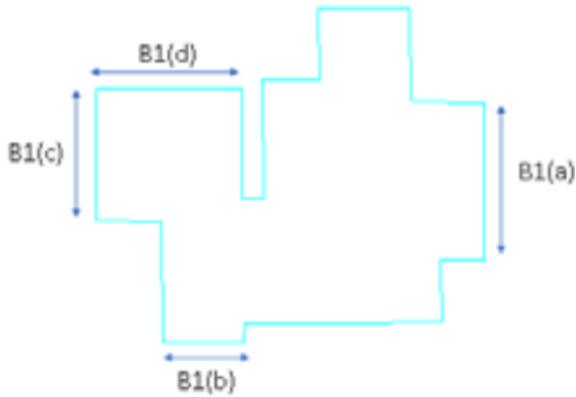
Figura 15 – Verificação da geometria das feições extraídas pelo método OBIA + SMV com o levantamento de campo



Levantamento de Campo



Classificação OBIA (Imagem RPA)



Segmento	Levto.Campo (m)	OBIA (m)	Erro (m)
B1(a)	10,809	10,940	-0,131
B1(b)	5,513	5,613	-0,100
B1(c)	8,982	8,875	0,107
B1(d)	9,989	9,915	0,074

Fonte: Sibaruddin et al (2018, p. 119)

4 ANÁLISE DO PROCESSO DE OCUPAÇÃO URBANA UTILIZANDO SÉRIE HISTÓRICA DE IMAGENS AÉREAS - ESTUDO DE CASO: BAIRRO COMASA, JOINVILLE

Trata-se da verificação e análise de processo de ocupação urbana, confrontando com as legislações urbanísticas e ambientais vigentes em cada período, mediante o uso de série histórica de imagens aéreas. Esta etapa da pesquisa se utiliza de uma abordagem qualitativa. Faz-se uso do geoprocessamento de imagens aéreas com técnicas de interpretação visual e representação gráfica com apoio de SIG e discorre uma análise descritiva comparativa com as legislações urbanísticas e ambientais vigentes. A área de estudo para a metodologia proposta é o Bairro Comasa, Joinville, o qual boa parte da ocupação foi sobre manguezal.

4.1 METODOLOGIA

4.1.1 Área de estudo: bairro Comasa, Joinville

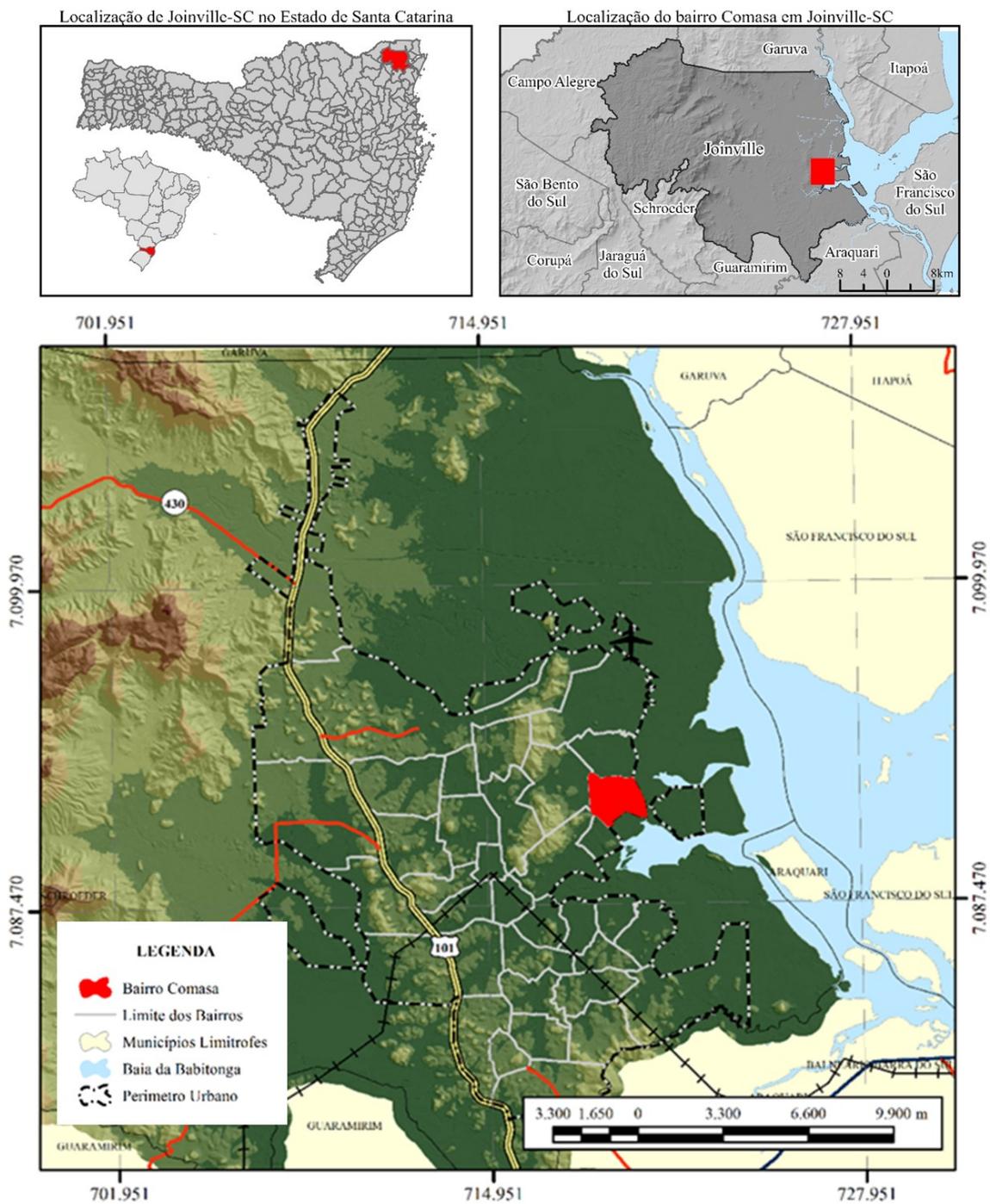
O bairro Comasa pertence ao Município de Joinville, dista 5,01 km do centro da cidade e possui uma área de 2,72 km², conforme localização apresentada pela Figura 16. Faz divisa ao leste e ao sudeste com a área de mangue, ao sudoeste com a Zona Industrial Tupy, ao oeste com o bairro Iririu e ao norte com o bairro Jardim Iririu, sendo que seu limite norte coincide com rio Guaxanduva, consta também o rio Comprido que corta o bairro ao meio. A população estimada em 2015 é de 21.379 habitantes, apresentando, portanto, uma densidade demográfica de 7.860 hab./km² (Joinville, 2015a).

Segundo os dados do Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Joinville - IPUJ de 2015 apresentava: 6.387 unidades cadastrais, sendo 90,15% residenciais, 7,15% comerciais e de serviços, 0,16% industriais e 2,54% baldios, o que significava 2,14% das indústrias, comércio e serviços do município; 48% de suas ruas pavimentadas; plenamente atendido pela rede de abastecimento de água e energia elétrica; esgotamento sanitário está em fase de implantação; 92,91% da população residente no bairro possui uma renda média mensal de até três salários mínimos (IPPUJ, 2015b).

Para se realizar a análise se levantou a história da ocupação urbana sobre as áreas de estudo e para compreender melhor se incluiu o histórico do processo de urbanização do

município de Joinville, foram consultados livros, publicações municipais e dissertação acadêmica.

Figura 16 – Mapa de localização do bairro Comasa



4.1.2 Geoprocessamento de imagens

O geoprocessamento das imagens aéreas que compõe a série histórica foi realizado em ambiente computacional SIG, no caso, o Software *ArcGIS* mediante método de interpretação visual e comandos de edição de *shapes*.

As imagens aéreas que compõe a série histórica foram selecionadas a partir das imagens disponíveis no Sistema de Informações Municipais Georreferenciadas (SIMGeo) *on line* da prefeitura de Joinville. Foram selecionadas as imagens aéreas correspondentes aos anos onde se observou maiores alterações, são estas:

- i. **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.;
- ii. **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.;
- iii. **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, segundo edital de contratação da prefeitura;
- iv. **Ortofotomosaico do ano de 2010** em escala 1/1.000, geradas a partir de voo 1/5.000. O serviço de aerolevanteamento foi executado por Aeroimagem Engenharia e Aerolevanteamento;
- v. **Ortofotomosaico do ano de 2007** em SIRGAS 2000, em escala 1/1.000. O serviço de aerolevanteamento foi executado por Aeroimagem Engenharia e Aerolevanteamento.
- vi. **Ortofotomosaico de 2017** foi de produção própria por levantamento com RPA (Aeronave Remotamente Pilotada), no caso um equipamento DJI Phantom 4 Pro e se refere a um modelo ortofotomosaico com GSD de aproximadamente 3 cm e um erro posicional (EMQ) de até 14 cm, ou seja, com acurácia compatível à escala 1:1.000.

4.1.3 Análise descritiva comparativa

Para realizar a análise descritiva comparativa se buscou compreender os fatores de pressão da ocupação do solo urbano e suas consequências para a área analisada. Para tal, se realizou o levantamento bibliográfico para obter informações históricas a respeito do processo de ocupação da área e do município de Joinville e as legislações em âmbito federal e municipal que abrangem o ordenamento urbano.

Com relação ao levantamento da legislação referente à regulação urbanística do uso do solo do município de Joinville (SC):

- i. **Lei ordinária nº795, de 25 de janeiro de 1966**
Estabeleceu um plano de uso do solo e traçou diretrizes que deveriam ser observadas na elaboração do Plano Diretor de Joinville. Foi resultante do Plano Básico de Urbanismo (PBU) de 1965 executado pela Sociedade SERETE de Estudos e Projetos Ltda. Em colaboração com Jorge Wilhelm – Arquitetos Associados.
- ii. **Lei Ordinária nº 1.262, de 27 de abril de 1973**
Plano diretor executado pela Sociedade SERETE de Estudos e Projetos Ltda.
- iii. **Lei nº1411 de 1975**
Projeto de Implantação do Distrito Industrial de Joinville de 1975 elaborado pela empresa Planisul S.A. Planejamento e Projetos.
- iv. **Lei nº 1839, de 04 de dezembro 1981.**
Reestrutura o plano diretor da zona industrial de Joinville, instituído pela lei nº 1411 de 12/12/75 e dá outras providências.
- v. **Plano de Estruturação Urbana de Joinville de 1987**
Elaborado pela Secretaria de Planejamento e Coordenação da Prefeitura Municipal de Joinville PEU - Plano de Estruturação Urbana, que faz uma análise urbanística detalhada do município e traça algumas diretrizes de desenvolvimento. Não se consolidou como lei.
- vi. **Lei Complementar nº 27, de 27 de março de 1996**
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.

- vii. **Lei Complementar nº 261, de 28 de fevereiro de 2008**
Dispõe sobre as diretrizes estratégicas e institui o Plano Diretor de Desenvolvimento Sustentável do Município de Joinville e dá outras providências.
- viii. **Lei Complementar nº 312, de 19 de fevereiro de 2010**
Altera e dá nova redação à Lei Complementar nº 27, de 27/03/1996, que atualiza as normas de parcelamento, uso e ocupação do solo no município de Joinville e dá outras providências.
- ix. **Lei Complementar nº 470 de 09 de janeiro de 2017**
Lei de Ordenamento Territorial - LOT. Redefine e institui, respectivamente, os Instrumentos de Controle Urbanístico - Estruturação e Ordenamento Territorial do Município de Joinville, partes integrantes do Plano Diretor de Desenvolvimento Sustentável do Município de Joinville.

Com relação à legislação federal que abrange o ordenamento urbano, levanta-se:

- i. **Decreto-lei nº 271, de 28 de fevereiro de 1967**
Dispõe sobre loteamento urbano, responsabilidade do loteador, concessão do uso e espaço aéreo e dá outras providências.
- ii. **Lei nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979**
Dispõe sobre o Parcelamento do Solo Urbano e dá outras Providências.
- iii. **Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001**
Lei do Estatuto da Cidade. Regulamenta os artigos 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências.
- iv. **Lei nº 11.977, de 07 de julho de 2009**
Dispõe sobre o Programa Minha Casa, Minha Vida – PMCMV e a regularização fundiária de assentamentos localizados em áreas urbanas.

Com relação à legislação federal que abrange às questões ambientais, levanta-se:

- i. **Decreto nº 23.793, de 1934**
Primeiro Código Florestal brasileiro
- ii. **Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965**
Estabelece o segundo Código Florestal brasileiro.
- iii. **Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998**

Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências.

iv. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012

Estabelece o atual Código Florestal.

Diante das imagens e levantamento das leis e planos de regulação do uso e ocupação do solo, elaborou-se o Quadro 8 com o intuito de servir como guia para correlacionar a ocupação da área às permissividades e restrições urbana e ambientais em níveis de legislação municipal e federal. Facilitando, assim, a análise da ocupação do solo ao longo do tempo quanto a responsabilização municipal. Tal metodologia foi elaborada em trabalho anterior pela autora e grupo de pesquisa em Silivi Jr et al (2016).

Quadro 8 – Legislações vigentes nas esferas municipais e federais correspondentes a cada ano das imagens interpretadas

Período histórico da análise	Esfera Municipal		Esfera Federal		
	Leis e planos urbanísticos		Legislação Urbanística		
				Legislação Ambiental	
1957 à 1978	Lei Ordinária nº795/1966 - Plano Básico de Urbanismo		Decreto-lei nº 271/1967 – Lei do loteamento		Lei nº 23.793/1934 - Primeiro Código Florestal
1978 à 1989	Lei Ordinária nº 1.262/1973 - Plano Diretor de 73 Lei nº1411/1975 – Distrito industrial		Lei nº 6.766/1979 – Lei do parcelamento do solo		Lei nº 4.771/1965 - Código Florestal
1989 à 1996	Lei nº 1839/1981 – Plano Zona Industrial Plano de Estruturação Urbana de Joinville 1987				
1996 à 2010	Lei Compl. Nº 27/1996 – Normas de ocupação, perímetro urbano Lei Compl. nº 261/2008 – Plano Diretor de Desenvolvimento Sustentável		Lei nº 10.257/2001 - Lei do Estatuto da Cidade Lei nº 26111.977/2009 - Programa Minha Casa, Minha Vida – PMCMV		
2010 à 2017	Lei Compl. Nº 312/2010 – Normas de parcelamento, uso e ocupação Lei Compl. nº 470/2017 – Lei do ordenamento territorial		Lei nº 13.45/2017 - REURB		Lei nº 4.771/2012 – Novo Código Florestal

4.2 RESULTADOS

4.2.1 Breve histórico da ocupação urbana do município de Joinville

No início do século XX, a Estrada de Ferro São Paulo - Rio Grande (que passava pelo município em direção a São Francisco do Sul) foi inaugurada, surgiram as primeiras indústrias têxteis e metalúrgicas. Em 1938 é fundada a fundição Tupy, localizada na área central da cidade de Joinville (onde atualmente se encontra o shopping Mueller). Até então, a ocupação do território se dava com baixa densidade, configuração esparsa da malha, e havia equilíbrio entre a população urbana e rural (Joinville, 2016).

A partir dos anos 50, a transferência do parque industrial da Fundição Tupy do núcleo central para a localidade de Guaxanduva, no bairro Boa Vista, e a criação do Distrito Industrial em 1973 configuraram a expansão urbana nos sentidos Norte e Leste. Ao final da década de 70, a Tupy era a maior empresa de Santa Catarina, incluindo ainda a presença de outras empresas se manteve o ritmo acelerado do crescimento, consolidando a fase de industrialização do município que o levou a ganhar o status de “Manchester Catarinense” (TEBALDI, 2008).

Apesar de Santa Catarina apresentar um êxodo rural tardio em relação ao restante do país devido a presença do colono de origem europeia, mais apegado à terra e menos propenso à mudança, além da pluriatividade com a instalação de indústrias em cidades pequenas próximas ao meio rural, se estabeleceram correntes imigratórias, mais expressivamente, a partir da década de 70. Além do atraso da agricultura, que ainda se caracterizada pela roça de subsistência utilizando a tração animal, a qual desestimulava o trabalhador rural e desencadeava o desejo de se tornar um operário de fábrica, havia a busca por ensino superior pelos jovens, que depois de formados, acabavam trazendo seus familiares (TEBALDI, 2008).

O período entre as décadas de 60 e 90 é marcado pela forte imigração de trabalhadores para Joinville (JOINVILLE, 2016). De um lado o êxodo rural e de outro a oferta de emprego com garantia de transporte, plano de saúde entre outras vantagens. Joinville se tornou um dos principais destinos dos contingentes imigratórios. “Uma das consequências foi o inchaço da periferia e o aumento das demandas estruturais” (TEBALDI, 2008, p.30).

A demanda de novas moradias ocasionou o adensamento e a expansão da malha urbana para a região Leste do município, sobre as planícies suscetíveis às inundações, com a diminuição do tamanho mínimo dos lotes. Na década de 80, a taxa de crescimento populacional

chegou a 6% ao ano. Neste período, Joinville se torna um dos principais polos industriais do país (JOINVILLE, 2016). “O crescimento da cidade de Joinville, em termos espaciais, está diretamente vinculado à expansão da base econômica - industrial, que trouxe consigo o crescimento populacional” (SANTANA, 1998, p.49).

Contudo um diagnóstico feito pela Fundação alemã GTZ, apontava uma série de carências, tais como o crescimento descontrolado da periferia, ampliação não recomendável do perímetro urbano, destruição indiscriminada da topografia, poluição de rios e córregos, entre outros problemas de infraestrutura básica (TEBALDI, 2008).

Nas décadas de 2000 e 2010, com os levantamentos aéreos e imagens de satélites de alta resolução, detectou-se a progressão do aumento populacional no sentido Leste e tendência à urbanização nas áreas rurais do entorno do Perímetro Urbano (JOINVILLE, 2016).

4.2.1.1 As ocupações das áreas de manguezal em Joinville

Conforme mencionado, o sítio físico onde se instalou a cidade de Joinville se encontra comprimido entre a Serra do Mar, a oeste, e os manguezais da Baía da Babitonga, considerados constitucionalmente APP, a leste. Tal condicionante físico geográfico contribui para um elevado índice pluviométrico que ocasionou uma intensa rede de drenagem e um processo de intemperismo, ademais apresenta característica de zona costeira estando fortemente sujeita a influência da maré. Quando ocorre a elevação da maré há ocorrência de refluxo da água extremamente poluída do rio Cachoeira através do sistema de drenagem pluvial e a interrupção do tráfego da área central, além da inundação dos bairros localizados nas áreas ribeirinhas (SANTANA, 1998). O manguezal que se distribui pelas franjas da Baía da Babitonga, ocupava antes e durante o período inicial do processo de implantação da cidade, boa parte da bacia hidrográfica do rio Cachoeira, alcançando, inclusive, a área central da cidade (SANTANA, 1998). Durante o processo migratório vivenciado a partir da década de 60, se proporcionava acesso ao emprego nas indústrias, contudo, os imigrantes se deparavam com a falta de moradia e de política pública habitacional. Diante disto, acabaram ocupando áreas de manguezais pertencentes à União e construindo suas habitações sobre palafitas com ausência de infraestrutura básica, a Figura 17 ilustra esta situação. Em 1983, duas mil famílias viviam precariamente sobre palafitas (TEBALDI, 2008). Nesta situação, crianças morriam vítimas de doenças ocasionadas pela má qualidade da água, assim como de doenças respiratórias provocadas pela umidade no período de baixas temperaturas.

Figura 17 – Ocupação sobre áreas de manguezal com habitações em madeira sobre palafitas



Fonte: Tebaldi (2008)

A primeira tentativa de equacionar o problema da favelização das áreas ocupadas e conter o processo de ocupação dos manguezais foi a realização da dragagem e retificação do rio Cachoeira e alguns de seus afluentes na área como o rio Itaum, rio Comprido e rio Varador, sendo que material arenoso proveniente das calhas dos rios seria utilizado para o aterro das áreas habitacionais. Contudo diversas dificuldades técnicas na execução das obras dificultavam a finalização desta e a pressão por parte da comunidade que em 1987 invadiu massivamente o bairro de Fátima o que fez com que a prefeitura cessasse os trabalhos do projeto (TEBALDI, 2008).

O processo de ocupação continuava, com o amparo da igreja Católica, especialmente no bairro Boa Vista, assim como lideranças políticas ou comunitárias e o comércio que se formou em torno das invasões. “A pessoa vinha, arrumava um emprego e ia à loja de material de construção que vendia a prestação o kit meia-água, ou seja, a pessoa comprava o kit e ganhava o direito de invadir um terreninho” (TEBALDI, 2008, p.38).

Em 1986, com a criação do Núcleo de bacias Hidrográficas (NBH) da Prefeitura de Joinville, a quem competia a problemática das ocupações irregulares, juntamente com a coordenação da Secretaria de Bem-Estar e Social (SBES) e a Secretaria de Planejamento e Secretaria de Obras e Viação, as ações diante às invasões foram retomadas. A ideia inicial era a remoção, mas visto a resistência dos moradores que não queriam sair de onde estavam, concluiu-se que a remoção forçada seria uma operação complexa e ainda deixaria uma área

livre que teria que ser recuperada e com risco de sofrer novas invasões. Assim surgiu a opção da criação de um canal artificial com o propósito de conter o processo de ocupação sobre o mangue bem como urbanizar, implantar infraestrutura básica, regularização fundiária e ações na área de saúde e educação nos locais já ocupados, conhecido como Projeto Mangue, a Figura 18 apresenta a imagem da execução do projeto (TEBALDI, 2008).

Figura 18 – Fase de implantação do Projeto Mangue com as indicações das áreas aterradas e ocupadas pela expansão urbana.



Fonte: Adaptação de Tebaldi (2008)

O projeto dependia da definição da Linha Limite de Marinha, assim foi estabelecido um edital juntamente com a Secretaria de Patrimônio da União para a contratação de serviços de fotogrametria a partir de levantamento aéreo. Em 1990 fica fixada pelo Patrimônio da União a Linha Preamar Média e se inicia os pedidos de cessão das terras de Marinha pelo município junto ao Patrimônio da União.

Juntamente com o Projeto Mangue foi concebida a implantação do Eixo Ecológico Leste, conforme ilustrado na Figura 19, que consiste em um complexo viário com tratamento paisagístico que ligaria os bairros Bons Vista, Comasa e Jardim Iririú, passando pelo limite do

canal de contenção do mangue e cortando os bairros Iririú e Aventureiros, num total de 7,3 km (TEBALDI, 2008).

A história da ocupação de Joinville revela que pouco se considerou a condicionante jurídica sobre o manguezal. A partir do início dos anos 90, questão ambiental passou a ser mais fortemente considerada na gestão urbana, motivada pela crescente onda ambientalista. Neste momento ocorre a realização da ECO-92, no Rio de Janeiro e em encontro paralelo das entidades não governamentais, os resultados do processo de urbanização das áreas de mangue ocupadas na década de 80 foram apresentados. Apesar das fortes resistências locais (movimentos ambientalistas, setor imobiliário ligado à produção de loteamentos, Ministério Público) às ações da prefeitura, estas foram bastante elogiadas na ocasião (SANTANA, 1998).

Figura 19 – Projeto de implantação do Eixo Ecológico do Projeto Mangue



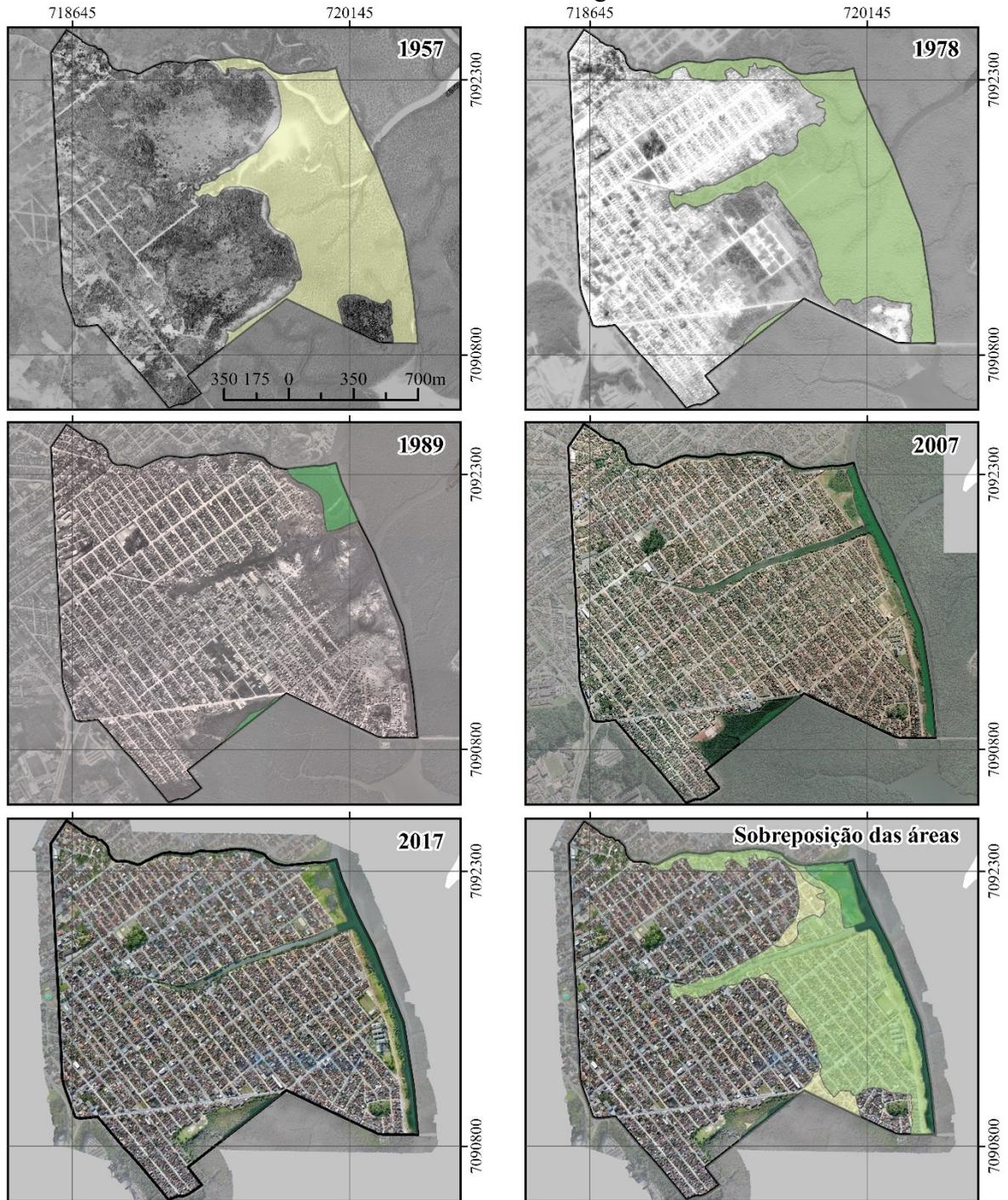
Fonte: TEBALDI (2008)

4.2.2 Verificação do processo de ocupação do bairro Comasa e os confrontos legais

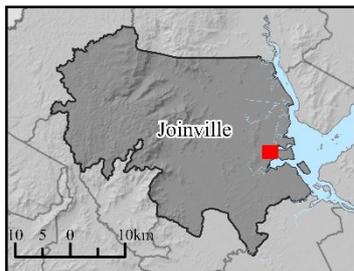
Verificou-se mediante a interpretação das imagens aéreas da série histórica a expansão da ocupação do urbano sobre o manguezal no bairro Comasa, considerado APP pelo Código Florestal de 65 vigente na época desta supressão. A Figura 20 apresenta a representação desta fotointerpretação realizada em ambiente SIG *ArcGIS*. Constatou-se que 27% da área do bairro consta da transformação do ambiente natural de mangue para o ambiente modificado pela atividade urbana. Tabela 5 apresenta que em 1957 o mangue em seu estado natural e limite original ocupava uma área de 817.096 m² dentro da área de 2.729.000 m² que comporta os atuais limites do bairro. Em 1878 apresentou os primeiros indícios de redução do mangue frente às pressões da expansão urbana, deste período ao final da década de 80 foi quando houve a expressiva supressão do mangue, 91% do seu estado natural. Na ortofoto de 2007 houve uma pequena regeneração e no ortofotomosaico de 2017 já se percebe um pequeno avanço sobre o mangue novamente. Os valores de supressão da APP. O Gráfico 1 expõe bem a vasta supressão do mangue ocorrida dos finais da década de 70 aos finais da década de 80.

Na fotografia aérea referente ao ano de 1957 se percebe um traçado viário bastante escasso e ausência de edificações. A mancha verde (Figura 20) representa o mangue segundo a fotointerpretação realizada. Já na fotografia aérea do ano de 1978 se observa um traçado em malha característico de loteamento em fase inicial de implantação, referente ao Conjunto Habitacional denominado Comasa do Boa Vista, implantado em 1972, além de outras vias que não apresentam um padrão de malha regular conformando longas vias no sentido sudeste-noroeste sem apresentar traçado de ligação entre elas, caracterizando um parcelamento espontâneo e possivelmente irregular. O polígono amarelo (Figura 20) representa a fotointerpretação do limite do mangue. Percebe-se uma pequena diferença entre o limite do mangue referente à fotointerpretação da imagem de um ano e do outro, provavelmente esta diferença se deve à qualidade da fotografia para o reconhecimento das feições e consequente interpretação da imagem, assim como a própria natureza do mangue que pode apresentar uma variação de limite ao longo de algum período.

Figura 20 – Fotointerpretação de série histórica de imagens aéreas demonstrando a expansão urbana sobre área de manguezal.



Localização do bairro em Joinville-SC



SÉRIE HISTÓRICA DA SUPRESSÃO DO MANGUEZAL NO BAIRRO COMASA

Legenda

- Manguezal em 1957
- Manguezal em 1978
- Manguezal em 1989
- Manguezal em 2007
- Manguezal em 2017

Referências cartográficas

Projeção Universal Transversa de Mercator (UTM),
Fuso 22, Hemisfério Sul.
Sistema de referência SIRGAS2000

Apoio

Ricardo Augusto Eger
Gabriel P. N. Rosolem

Orientação

Prof. Dr. Carlos Loch

Projeto de tese de doutorado
Mariana de Sá Rodrigues da Silva

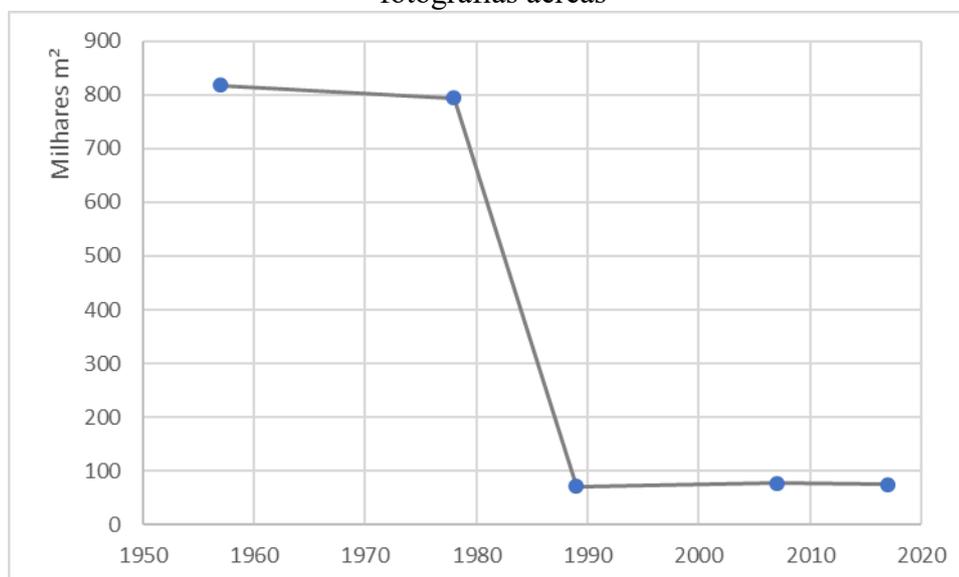


Tabela 5 – Valores das áreas de mangue suprimidas ao longo do processo de ocupação do bairro Comasa

Ano	Área manguezal (m ²)	Supressão*		Regeneração*	
1957	817.096	-	-	-	-
1978	793.791	23.304	2,9%	-	-
1989	71.670	722.121	91,0%	-	-
2007	77.053	-	-	5.383	7,5%
2017	74.504	2.550	3,3%	-	-
Total		742592	90,9%	-	-

*Em relação ao período anterior

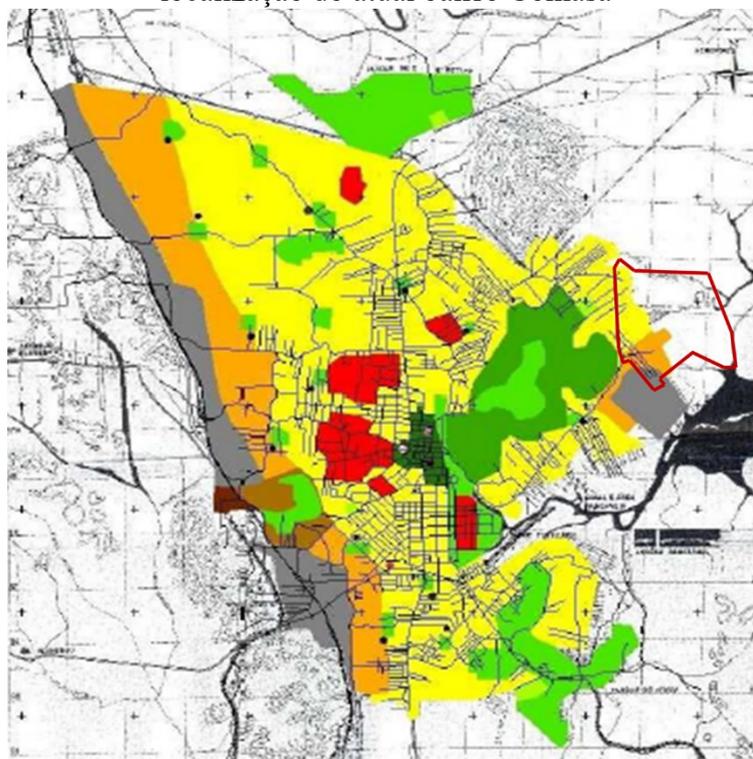
Gráfico 1 – Área do mangue no bairro Comasa ao longo dos anos analisados na série de fotografias aéreas



Durante o período entre as duas fotografias aéreas a legislação municipal passou por quatro leis urbanísticas. A primeira, a Lei nº 667 de 08 de maio de 1965, se resumia a proibição de edificações em madeira dentro do perímetro urbano, delimitação do perímetro urbano e suburbano e a determinação de ruas centrais que exigiam no mínimo dois pavimentos de construção. Logo em seguida, em dezembro de 1965 foi instituído o Plano Básico de Urbanismo de Joinville (lei nº 795/1965) que apresentou o zoneamento para o uso do solo. Este plano atingia somente uma pequena porção da área que hoje compreende o bairro Comasa, respeitando os limites naturais do mangue. O que não ocorreu ao sudoeste da área de estudo, onde se instituiu a zona industrial adentrando sobre o mangue até a beira da Lagoa do Suguassu. Como pode ser observado na Figura 21, na porção da área de estudo atingida pelo plano constavam as zonas: ZPI - Residências do Distrito Industrial que previa 200hab/ha, na porção

sudoeste da área, logo na extrema com a zona industrial (em cor laranja), e; ZPR - Zona de Predominância Residencial que previa 100hab/ha (em amarelo).

Figura 21 – Plano Básico de Urbanismo de Joinville (lei nº 795/1965) com destaque à localização do atual bairro Comasa



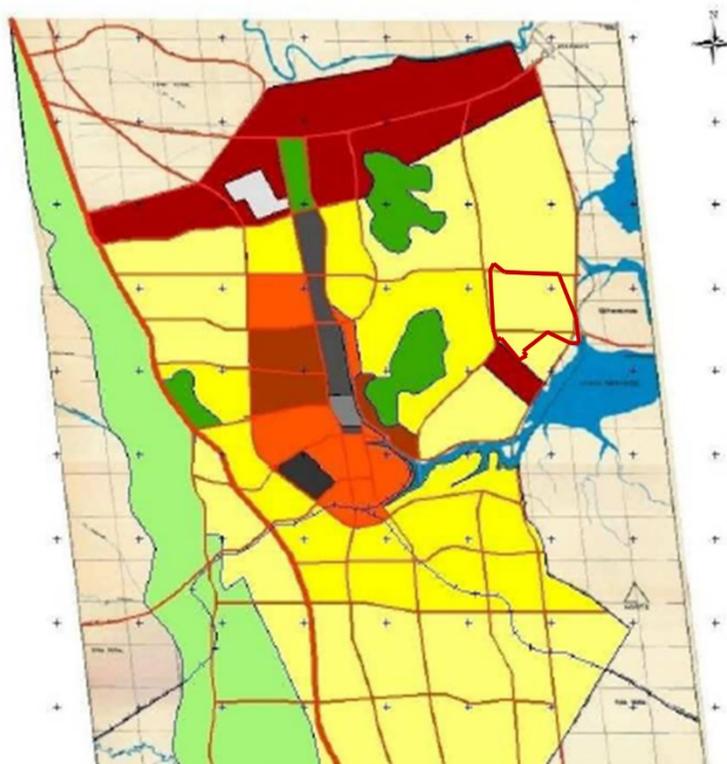
LEGENDA:

-  Limite atual do bairro Comasa
-  ZPI - Residências do Distrito Industrial
-  ZPR - Zona de Predominância Residencial

Fonte: Adaptado de Nascimento (2014)

A lei nº 1262/73, Lei de Uso e Ocupação do Solo, ficou conhecida como Plano Diretor de 73, estabeleceu novo zoneamento para o município. Segundo este, a área completa que hoje corresponde ao bairro Comasa e, inclusive, avançando além do que se avançou sobre o mangue até hoje, constava a zona Z4 – Uso misto de densidade demográfica média, como pode ser visto na Figura 22. A Lei nº 1411/75, Plano Diretor da Zona Industrial definiu o zoneamento do distrito industrial, houve a aumento da área da zona industrial estabelecida logo abaixo da área de estudo, passando a atingir uma área na porção sudoeste referente ao atual bairro Comasa.

Figura 22 - Lei nº 1262/73, Lei de Uso e Ocupação do Solo com destaque ao limite do atual bairro Comasa



LEGENDA:

-  Limite atual do bairro Comasa
-  Z4 – Uso misto de densidade média

Fonte: Adaptado de Nascimento (2014)

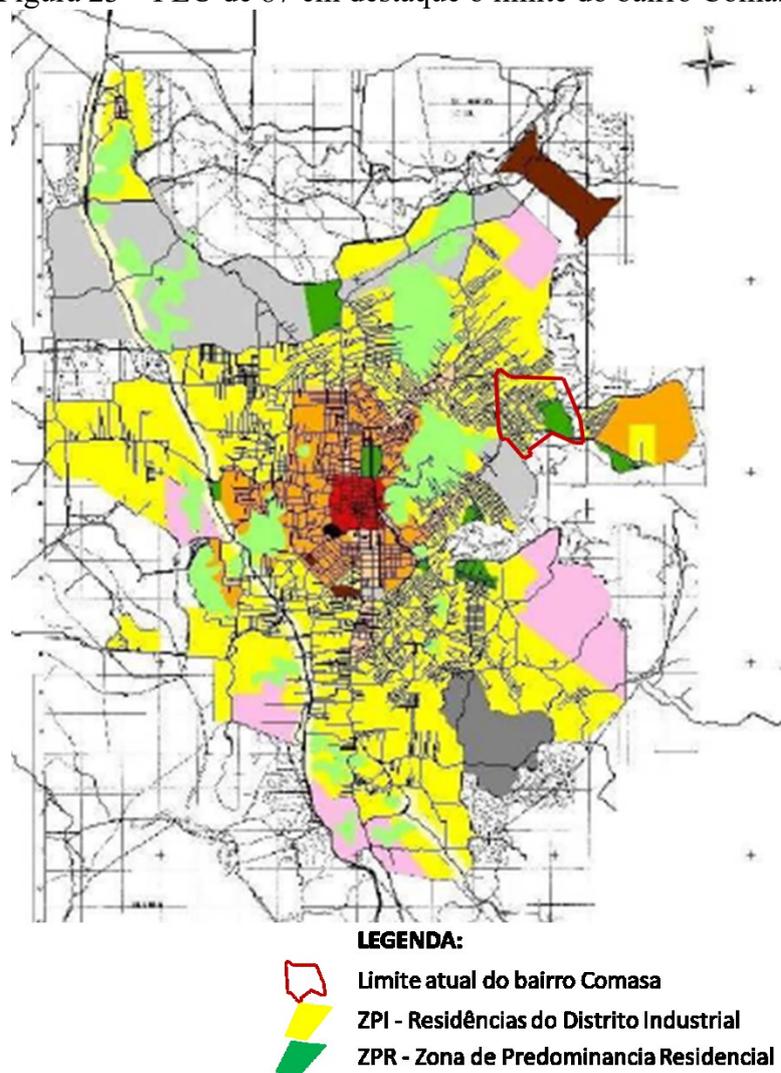
Segundo o Código Florestal de 65, a área de manguezal é considerada APP, não sendo permitida a sua ocupação. Embora não se tenha verificado a ocupação do mangue neste período da série histórica, o Plano Diretor de 73 passou a permitir, o que na esfera da legislação ambiental não seria permitido, considerando ainda que, diferente do atual Código Florestal de 2012, a legislação de 65, vigente na época, não menciona a possibilidade de regularização fundiária em APP.

Na fotografia aérea do ano de 1978 se observa o início de um processo de urbanização, enquanto na fotografia aérea de 1989 se percebe que ocupação se expandiu, observa-se o parcelamento do solo por toda a área, inclusive, invadindo a área do mangue, representado pela área em hachura no mapa do ano de 1989 da Figura 20. Além disto, se observa uma ocupação não urbanizada na área do mangue com pequenas habitações sobre palafitas com acesso por passarelas suspensas sobre palafitas (Figura 17). Durante os anos de 1978 a 1989 estava em vigência o Plano Diretor de 73, o plano mais permissivo em termos de ocupação do solo e

desconsiderava a existência do mangue. Em 1987 é concebido o Plano de Estruturação Urbana de Joinville (PEU), que não chegou a ser consolidado.

O PEU de 87, apresentado na Figura 23, traçou diretrizes de desenvolvimento para o município e apresentou um macrozoneamento considerando áreas de preservação e proteção. A área de estudo teve seu zoneamento previsto como Área Residencial Predominante (em amarelo) e uma porção ao sudeste como Área de Interesse Especial (em verde). A área zoneada apresentou uma diminuição considerável com relação ao estabelecido pelo PD de 73, houve um recuo no limite de zoneamento de ocupação no limite com o mangue. Contudo em outras áreas passou a prever a ocupação sobre o mangue como no bairro Ademar Garcia ao sul da Lagoa de Saguassu e, inclusive, criou o bairro de espinheiro, na península contígua à área de estudo.

Figura 23 – PEU de 87 em destaque o limite do bairro Comasa



Fonte: Adaptado de Nascimento (2014)

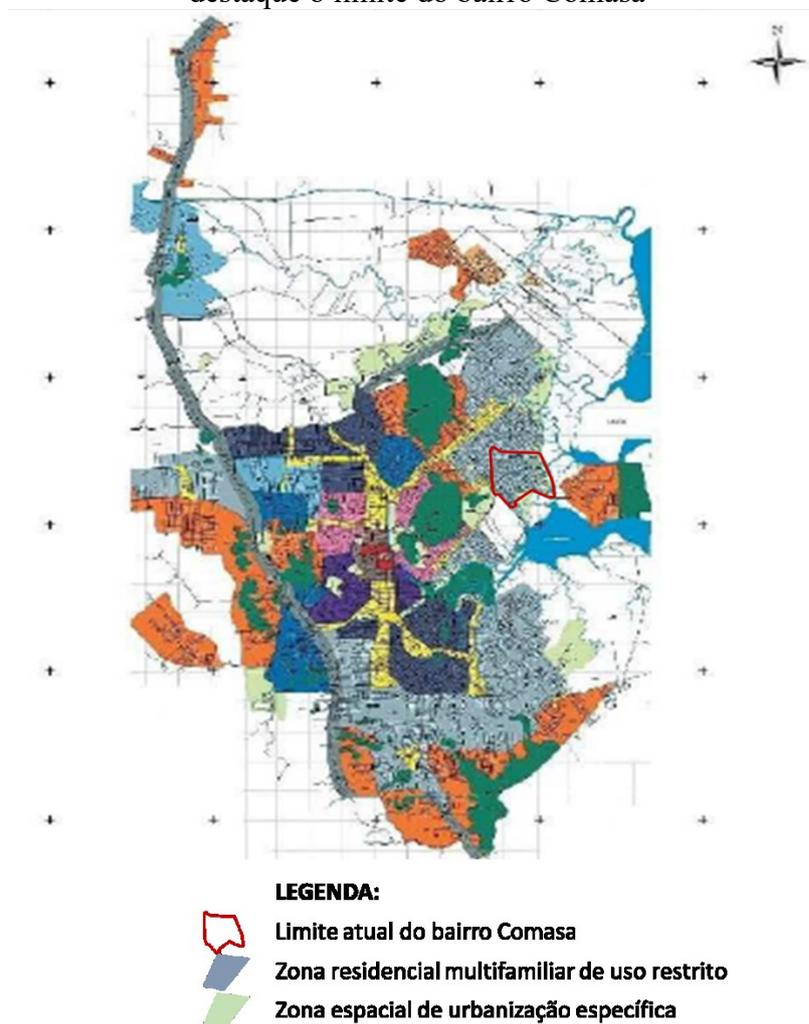
O Zoneamento previsto pelo PEU de 87 confere com a ocupação consolidada que é observada na fotografia aérea de 1989. A porção referente à Área de Interesse Especial coincide com a área não ocupada por edificações e seu entorno onde existe a presença de sambaqui. Na fotografia aérea de 1989 aparece a ocupação com habitações precárias sobre o mangue.

No ano de 1989 se inicia o Projeto Mangue (Figura 18), projeto que implanta o canal artificial e cria solo passível de ocupação mediante aterramento de parte do mangue sob a justificativa de barreira para o avanço das ocupações sobre o mangue. Na fotografia aérea do ano de 1996 se observa o aumento da área de avanço da ocupação urbana consolidada sobre o mangue, representado no mapa pela hachura alaranjada em tom mais escuro (Figura 20). Este acréscimo da consolidação urbana sobre o mangue foi o resultado das obras referentes ao Projeto Mangue, dando origem à configuração do limite atual do Bairro Comasa.

No final da década de 80, com a implantação do o Projeto Mangue se aterrou parte do manguezal além da área de zoneamento prevista pelo PEU de 87 e se permitiu a ocupação de uma área além da área de zoneamento prevista pelo PEU de 87, além de se iniciar o processo de retificação dos rios e ocupação de suas margens. Ao mesmo tempo o Código florestal considera área de manguezal APP e não pode ser ocupada, além da revisão do código florestal de 1989 trazer mudanças substanciais na questão de áreas de preservação às margens de rios. Relativo ao caso dos rios que permeiam a área, se passou a exigir 30 metros para os cursos d'água de menos de 10 metros de largura e 50 metros para os cursos d'água que tenham de 10 a 50 metros de largura.

No ano de 1996 se estabelece a Lei Complementar nº 027/96, de uso, ocupação e parcelamento do solo. A área de estudo foi classificada na sua grande maioria como Zona Residencial Multifamiliar de uso restrito e as faixas limítrofes ao mangue como Zona Especial de Urbanização específica (Figura 24). No primeiro zoneamento ficam permitidos além de residência, comércio, serviço, uso institucional e indústrias de pequeno porte, sendo admitido gabarito de até seis pavimentos. O segundo zoneamento se trata de uma Zona Especial, no caso, destinada ao desenvolvimento de assentamentos urbanos vinculados a programas de habitação popular ou programas de regularização fundiária que em função de suas características requeiram tratamento urbanístico específico. Este zoneamento passou a abarcar toda a configuração atual dos limites do bairro após a construção do canal artificial e aterramento da área.

Figura 24 - Lei Complementar nº 027/96, de uso, ocupação e parcelamento do solo em destaque o limite do bairro Comasa



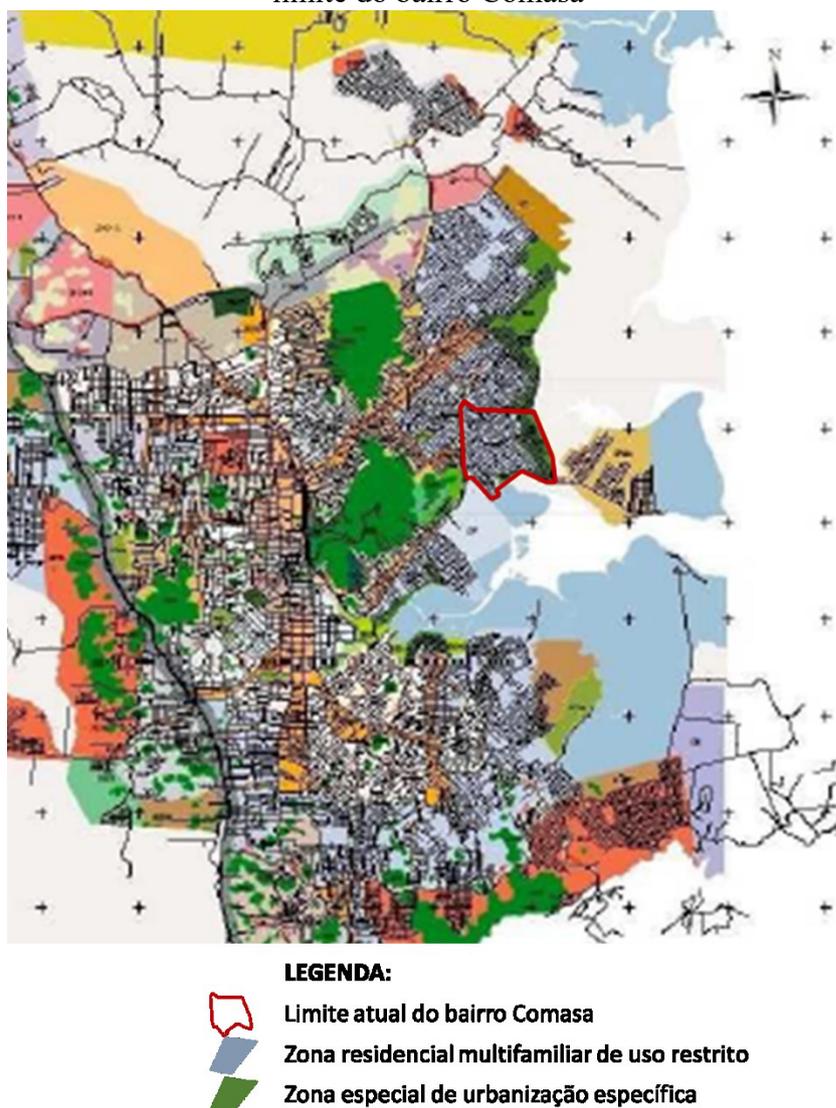
Fonte: Adaptado de Nascimento (2014)

Na fotografia aérea de 2010 se observa que o limite da ocupação urbana consolidada praticamente se manteve, embora, apresenta um forte aumento da área edificada. Segundo a fotointerpretação da imagem houve alguns pequenos avanços representados pela hachura sólida em vermelho na fotografia aérea de 2010 apresentada na Figura 20. A qualidade da imagem permitiu uma melhor identificação do limite natural com o mangue.

A Lei Complementar nº 312, de 19 de fevereiro de 2010, cujo zoneamento se apresenta na Figura 25, mantém o mesmo zoneamento da Lei Complementar nº 027/96 para a área analisada. Nesta época, está em vigor a Lei Federal nº 11.977, de 07 de julho de 2009, Lei do Programa Minha Casa, Minha Vida e Regularização Fundiária (BRASIL, 2009), que passa a admitir a regularização fundiária de interesse social em Áreas de Preservação Permanente, ocupadas até 31 de dezembro de 2007 e inseridas em área urbana consolidada. Em 2010 também

ficou estabelecido o Macrozoneamento de Joinville pela Lei Complementar nº 318, de 11 de outubro de 2010, de acordo com esta Lei, partes da área em questão se encontram na mancha classificada como Área Urbana de Proteção Ambiental (AUPA) que se caracterizam por áreas de fragilidades ambientais e que necessitam de grandes restrições de ocupação para efetiva proteção, recuperação e manutenção.

Figura 25 – A Lei Complementar nº 312, de 19 de fevereiro de 2010 solo em destaque o limite do bairro Comasa



Fonte: Adaptado de Nascimento (2014)

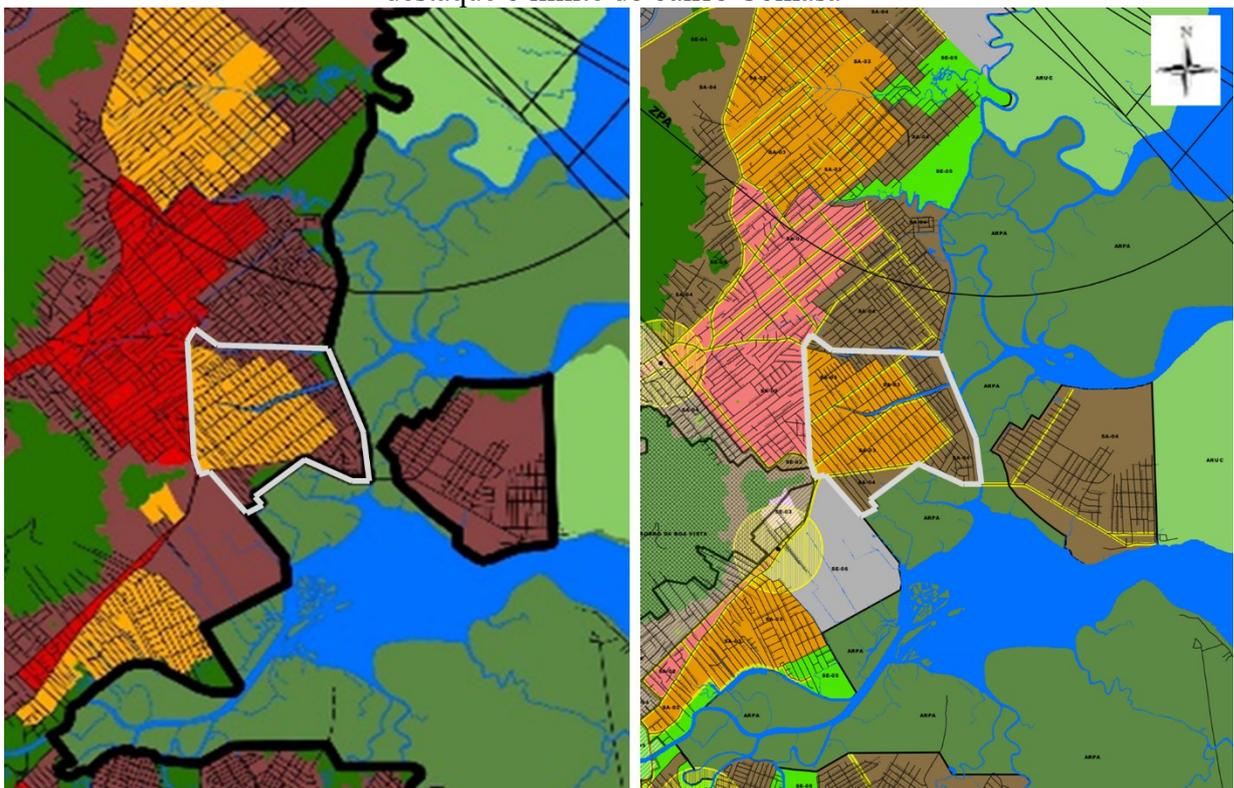
No ortofotomosaico do ano de 1017, obtido pelos dados do levantamento aéreo com o RPA e processados no software Photoscan (pela própria pesquisa) se verifica a manutenção da ocupação consolidada. Contudo, a partir de uma visualização aproximada da imagem e a

inspeção em campo, se constata o início de uma transformação na tipologia arquitetônica, tanto com relação à verticalização quanto ao surgimento de casas em fita.

A Lei Complementar nº470 de 09 de janeiro de 2017, conhecida como Lei de Ordenamento Territorial – LOT, delimita em seu Macrozoneamento três zonas na área referente ao bairro Comasa, delimita grande parte da área de estudo em Setor de Adensamento Secundário – SA03. Outra parte da área, referente às áreas limítrofes com a área de mangue ao leste e ao sul, e com a margem do rio Guaxanduva ao oeste, compreende a classificação de Setor de Adensamento Controlado – SA04 conforme o anexo pode ser visto na Figura 26 (esq.)

Em nenhum período da série histórica foi constatada a implantação do Eixo Ecológico Leste que viria a ser complemento do Projeto Mangue.

Figura 26 – Setores (esq.) e macrozoneamento (dir.) a LOT (Lei Comp. nº470/2017), em destaque o limite do bairro Comasa



LEGENDA:

-  Limite atual do bairro Comasa
-  Área Urbana de Adensamento Secundário – AUAS / AS-03
-  Área Urbana de Adensamento Controlado – AUAC / AS-04
-  Área Urbana de Preservação Ambiental – AUPA / SE-05

Fonte: Adaptado de Joinville (2017)

Duas áreas foram delimitadas como áreas urbanas de preservação ambiental pelo macrozoneamento. A área a nordeste se apresenta como mangue nas fotografias aéreas de 1957 e 1989, após esta data passa pelo aterramento com a execução do Projeto Mangue. A área a sul consta desde a fotografia de 1957 como uma área de transição entre o mangue e solo seco.

4.2.3 Análise e discussão da ocupação frente as legislações urbanísticas e ambientais

Mediante a interpretação da série histórica das imagens aéreas do Bairro Comasa foi possível identificar uma ocupação de 30% da área do bairro sobre manguezal.

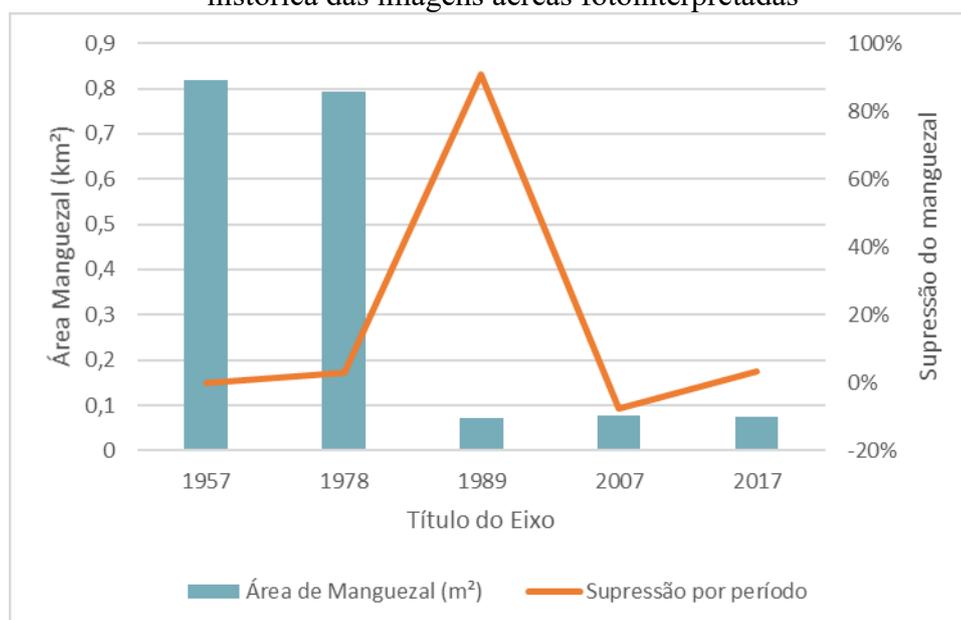
Segundo a lei ordinária municipal de 1965, o zoneamento urbano atingia somente uma parte da área de análise, deixando de fora a área de manguezal, assim sendo não desrespeitou o limite natural de APP, pois segundo o Código Florestal de 65, a área de manguezal é considerada APP, não sendo permitida a sua ocupação. Contudo, a divergência quanto à intocabilidade das APP ocorre quando a mesma legislação urbanística municipal instituiu a zona industrial ao sudoeste da área de estudo adentrando sobre o manguezal até a beira da Lagoa do Suguassu.

A partir da década de 70, ocorre uma expansão urbana no município com maior expressividade em decorrência do incremento da industrialização na década de 70. Apesar de não ter se verificado a ocupação do mangue neste período da série histórica, o Plano Diretor de 73 passou a permitir, o que na esfera da legislação ambiental não seria permitido, considerando ainda que, diferente do atual Código Florestal de 2012, a legislação de 65, vigente na época, não menciona a possibilidade de regularização fundiária em APP. Assim sendo, se deduz que neste momento houve necessidade de criação de solo destinado à moradia devido à implantação do polo industrial na proximidade.

Na década de 80, apesar da lei urbanística municipal se apresentar mais restritiva que a anterior, ainda assim considera o zoneamento residencial sobre boa parte do manguezal sem acatar as leis ambientais e urbanística em nível federal. Supõe-se que o PEU de 87 ao estabelecer o zoneamento para a área já ocupada no bairro do Comasa, deixou de fora a área do mangue que ainda não havia sido ocupada. Justo nesse momento se dá início ao processo de ocupação sobre o mangue no bairro Comasa, foi no final da década de 80, quando se inicia a implantação do Projeto Mangue, que houve o grande avanço da ocupação urbana sobre o manguezal, conforme pode ser observado no. Vê-se que as ações municipais contariam as

legislações ambiental e urbanística federais. Se por um lado, o projeto visava solucionar o problema habitacional e ainda alega proteção ao mangue por meio da criação do canal artificial como barreira às novas ocupações. Por outro lado, ignorou o PEU de 87 e desrespeitou tanto o Código Florestal de 65 como a Lei Federal de Parcelamento do Solo Urbano (Lei nº 6.766/79) ambos não permitem a ocupação em áreas de preservação ecológica.

Gráfico 2 – Áreas de manguezal existentes e supressão destes ao longo dos anos da série histórica das imagens aéreas fotointerpretadas



Na década de 90, se observa a consolidação da zona ocupada tal como se vê atualmente com a implantação do projeto mangue. Este projeto juntamente com a legislação urbanística municipal instituída pela Lei Complementar nº 027/96, de uso, ocupação e parcelamento do solo possibilitou a regularização das áreas ocupadas sobre o mangue, ficando clara a sobreposição à Lei federal do Código Florestal de 65 assim como à Lei federal de Parcelamento do Solo Urbano (Lei nº 6.766/79).

Nos anos 2000, em nível municipal se observou contradição nas leis de ordenamento territorial do próprio município no que diz respeito ao zoneamento do plano diretor e ao macrozoneamento do município. Em nível nacional, a Lei do Programa Minha Casa, Minha Vida e Regularização Fundiária torna factível a regularização fundiária em APP para habitação de interesse social. Posteriormente o novo Código Florestal de 2012 também flexibiliza quanto à ocupação em APP. Recentemente, as legislações urbanísticas do município se compatibilizam quanto à divergência anterior de zoneamento. Finalmente se torna desimpedida a ocupação

consolidada sobre o mangue em termos legais. Não se observou a implantação do projeto do Eixo Ecológico Leste proposto em conjunto ao Projeto Mangue.

5 MAPEAMENTO DA TAXA DE PERMEABILIDADE DO SOLO MEDIANTE O USO DE TÉCNICA DE CLASSIFICAÇÃO AUTOMÁTICA SUPERVISIONADA COM O USO DAS IMAGENS SATÉLITE MULTIESPECTRAIS VHR (WORLDVIEW-4)

Trata-se da produção de dois mapas. O primeiro compreende o mapeamento da superfície do solo em três classes (áreas permeáveis; áreas impermeáveis e água) para a área do bairro Comasa, Joinville mediante métodos computacionais supervisionados a partir das imagens multiespectrais VHR do satélite WorldView-4 (resolução de 1,2 m) em área urbana. Testaram-se distintos classificadores. O segundo, utiliza-se dos dados gerados pelo primeiro mapa e trata-se da classificação da taxa de permeabilidade por lote e está ordenado em duas categorias, de acordo com a taxa mínima exigida.

5.1 METODOLOGIA

O método de geoprocessamento da imagem satélite consta na utilização da técnica de classificação automática supervisionada pixel a pixel, de caráter quantitativo na segmentação e classificação realizadas pelos algoritmos de classificação. Também se constitui quantitativo na verificação da qualidade temática da classificação do solo urbano através da matriz de erro e o índice Kappa na classificação da cobertura do uso do solo na imagem satélite. Utiliza-se dos dados quantitativos gerados pela classificação para a produção do mapa ordenado relativo à taxa de permeabilidade por lote.

5.1.1 Classificação supervisionada

Foram utilizadas as 4 bandas MS das imagens *WorldView-4* (vermelho, verde, azul e infravermelho próximo) como variáveis discriminantes para a classificação. As amostras de treinamento e de avaliação foram selecionadas no modelo ortofotomosaico de imagens RPA gerado pelo projeto de pesquisa (resolução de 0,14 m) com o uso do Software ArcGIS. Selecionou-se as amostras seguindo a proporção de 2/3 para treinamento e 1/3 para avaliação, sendo que a quantidade de amostras total igual a 30 vezes a quantidade de variáveis discriminantes (bandas) utilizadas dividido pela quantidade de categorias a serem classificadas. A Figura 27 apresenta as amostras selecionadas.

Figura 27 – Seleção das amostras de treinamento e avaliação com base no modelo ortofotomosaico de imagens RPA



Testou-se quatro classificadores PIPED, MINDIST, MAXVER e Redes Neurais – *MLP (MultiLayer Perceptron)* mediante a utilização do software de classificação IDRISI Selva. As classificações foram feitas a partir de assinatura de treinamento com distintas quantidades de pixels, iniciando com 120, foi-se gradativamente aumentando para 240, 360, 480 e 6583 pixels (5% do total), testou-se a aplicação do filtro da moda. O classificador MAXVER foi testado, ainda, variando a probabilidade de cada classe, antes com mesma possibilidade de ocorrência e após análise dos resultados preliminares alterou-se para proporções prováveis para cada assinatura por classe observada.

A medida utilizada para comparar os classificadores utilizados foi o índice Kappa, calculado a partir da matriz de confusão (conforme explicitado no Capítulo 3). As amostras de

testes foram confrontadas com as amostras de referências extraídas do modelo ortofotomosaico RPA. O próprio software IDRISI Selva processa a matriz de erro.

5.1.2 Mapeamento da taxa de permeabilidade por lote

A partir do mapa de classificação da cobertura do solo (áreas permeáveis, impermeáveis e corpos d'água) gerado na etapa anterior da pesquisa, calcularam-se as taxas de permeabilidade por lote. Os cálculos foram realizados em ambiente SIG (*ArcGIS*) mediante a sobreposição dos *shapefiles* gerados pela classificação da imagem *WorldView-4* e os *shapefiles* de quadra, no qual constam os lotes, disponibilizado na página da internet da prefeitura de Joinville, SIMGeo. As categorias de classificação da taxa de permeabilidade por lote do mapa gerado foram definidas com base no valor aceito pela legislação urbanística de Joinville, Lei Complementar nº 470/2017. Estabeleceram-se duas classes: uma para os lotes com a taxa de permeabilidade igual ou superior a 20%, que significa a taxa exigida pela lei de ordenamento territorial vigente (LOT - Lei Comp. nº 470/ 2017), e outra para os lotes com taxa de permeabilidade inferior a 20%, estes em desacordo com a LOT. As análises dos resultados foram realizadas mediante a tabela de atributos do mapeamento das operações realizada em *ArcGIS* e exportada para o software *Excel*.

5.2 RESULTADOS

5.2.1 Classificação supervisionada da superfície

Os resultados das classificações indicados pelo índice *Kappa* para os métodos testados estão apresentados na Tabela 6. As classificações realizadas com os métodos MINDIST e PIPED foram baixos, de 0,36 a 0,37 para o MINDIST e de 0,11 a 0,14 para o PIPED, sendo que o aumento da quantidade de pixels nas assinaturas teve pouca interferência nos resultados. Já as classificações realizadas com os métodos MAXVER e Redes Neurais obtiveram um bom resultado indicados pelos índices *Kappa*, 0,89 e 0,92 e os valores de exatidão global 94% e 96% respectivamente. Observou-se que na classificação gerada pelo método Redes Neurais houve classificação de superfície impermeável como água e na classificação pelo MAXVER como permeável, por isso, alterou-se a probabilidade de ocorrência por classe de 33% para ocorrências diferenciadas como: água 20%, área impermeável 60% e superfície permeável 20%

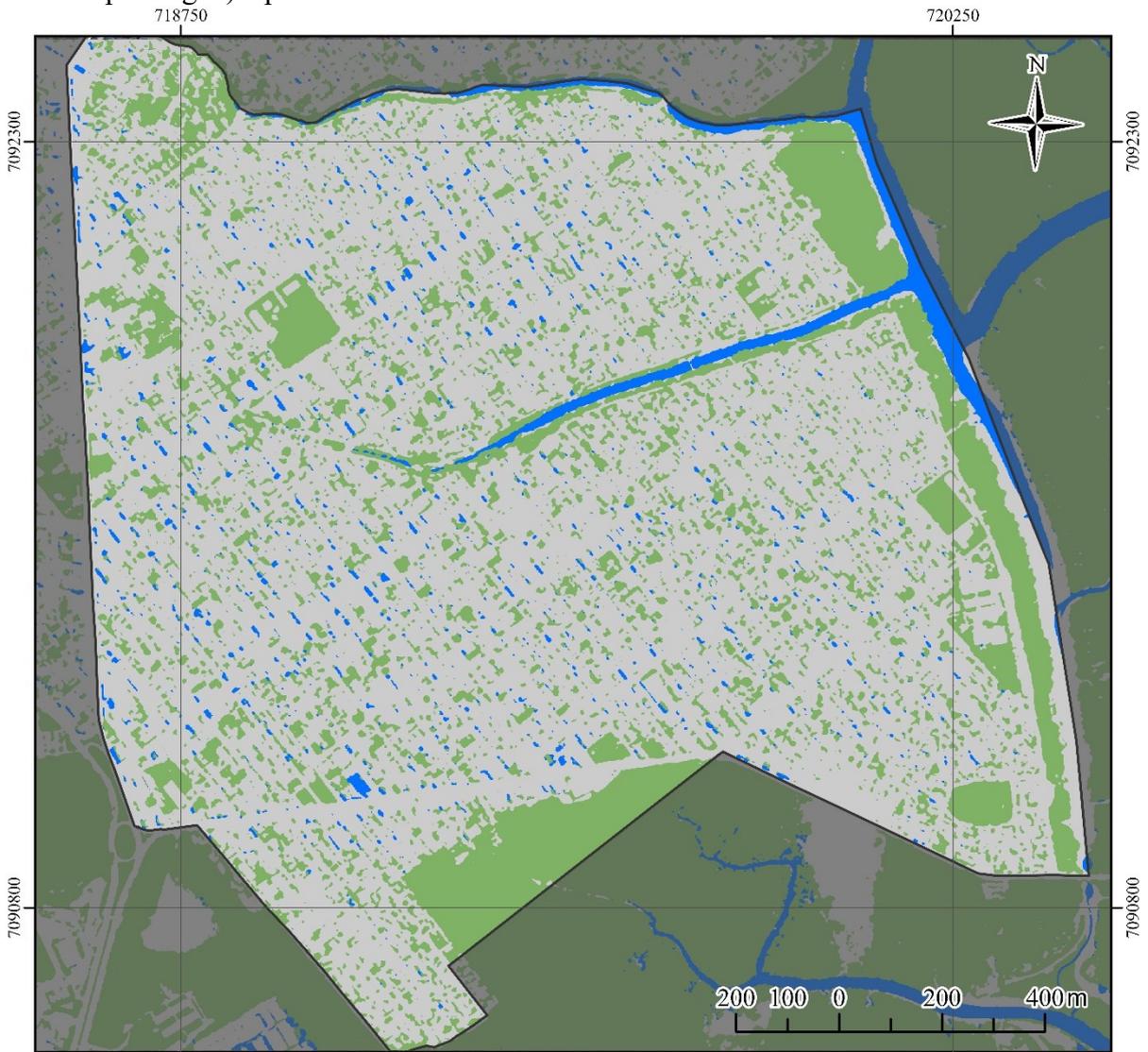
ou água 10%, área impermeável 70% e permeável 20%. Na classificação MAXVER, obteve-se melhor resultado para a assinatura de treinamento com 120 pixels, com aplicação do filtro da moda e probabilidade de ocorrência de água 10%, superfície impermeável 70% e permeável 20%. Observa-se que não houve melhora nos resultados com o aumento da quantidade de pixels por assinatura. A classificação com o método de Redes Neurais MLP obteve o melhor resultado independentemente da quantidade de pixels utilizadas por assinatura, obtendo os melhores resultados com a aplicação do filtro da moda, sendo que à medida que se aumenta a quantidade de pixel por assinatura (testou-se até 480) aumenta o valor do índice *Kappa*. O treinamento com 6583 pixels para a classificação pelo método de Redes Neurais MLP não foi concluído, após uma hora de processamento não se observou evolução no processamento.

Tabela 6 – Valores de κ para as classificações pelos métodos testados

Método classificador	κ	Método classificador	κ
<i>MLP_480_moda</i>	0,9207	<i>Mindist_360</i>	0,3758
<i>MLP_360_moda</i>	0,9153	<i>Mindist_360_moda</i>	0,3756
<i>MLP_120_moda</i>	0,9149	<i>Mindist_120</i>	0,3631
<i>MLP_480</i>	0,9127	<i>Mindist_240</i>	0,3631
<i>MLP_360</i>	0,9091	<i>Mindist_480</i>	0,3631
<i>MLP_120</i>	0,9046	<i>Mindist_6583</i>	0,3631
<i>Maxver_a01i07p02_120_moda</i>	0,8938	<i>Mindist_240_moda</i>	0,3615
<i>Maxver_a02i06p02_120_moda</i>	0,889	<i>Mindist_480_moda</i>	0,3615
<i>Maxver_a02i06p02_120</i>	0,8576	<i>Mindist_6583_moda</i>	0,3615
<i>Maxver_a01i07p02_120</i>	0,8527	<i>Piped_120</i>	0,1448
<i>Maxver_120_moda</i>	0,8358	<i>Piped_240</i>	0,1448
<i>Maxver_240_moda</i>	0,8358	<i>Piped_360</i>	0,1443
<i>Maxver_480_moda</i>	0,8358	<i>Piped_120_moda</i>	0,1167
<i>Maxver_6583_moda</i>	0,8358	<i>Piped_240_moda</i>	0,1167
<i>Maxver_120</i>	0,8291	<i>Piped_360_moda</i>	0,1153
<i>Maxver_240</i>	0,8291		
<i>Maxver_480</i>	0,8291		
<i>Maxver_6583</i>	0,8291		

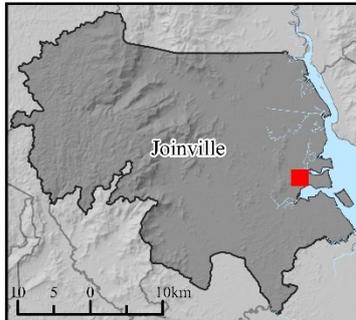
O mapa temático resultante que obteve a melhor acurácia temática está apresentado na Figura 28. A Figura 29 apresenta a matriz de erro gerada para a classificação utilizando o método de redes neurais MPL com 480 pixel de treinamento, sendo a classe 1 referente à corpo d'água; 2, superfície impermeabilizada, e 3, superfície permeável.

Figura 28 – Mapa de classificação da cobertura do solo (áreas impermeáveis, permeáveis e corpo d’água) a partir de dados satélite WorldView-4 utilizando redes neurais MLP



CLASSIFICAÇÃO SUPERVISIONADA DAS ÁREAS PERMEÁVEIS
 BAIRRO COMASA, IMAGEM WORLDVIEW 4, SET/2017

Localização do bairro em Joinville-SC



Legenda

- Água
- Impermeável
- Permeável

Referências cartográficas

Projeção Universal Transversa de Mercator (UTM)
 Origem da coordenada UTM: Equador e Meridiano Central, 51°W Gr., Fuso 22, Hemisfério Sul.
 Sistema de referência SIRGAS2000

Projeto de tese de doutorado

Mariana de Sá Rodrigues da Silva

Orientação

Prof. Dr. Carlos Loch

Apoio

Vinicius Neto Garcia; Ricardo Augusto Eger
 Luis Henrique Tiegs; Gabriel P. N. Rosolem



A matriz de erro resultou em uma acurácia geral de 95,82% (1 - 0,0418); acurácia do produtor (capacidade do classificador em distinguir corretamente a classe) de 100% para a

classe água, de 97,54 para áreas impermeáveis e 94,38% para áreas permeáveis, e; acurácia do usuário (confiabilidade por classe mapeada) de 99,85% para água, 84,8% para áreas impermeáveis e 99,2% para áreas permeáveis.

Figura 29 – Matriz de erro gerada pelo IDRISI Selva para a classificação utilizando Redes Neurais – MLP utilizando 480 pixels de treinamento e filtro da moda

```

Error Matrix Analysis of AMOSTRAS1_2_SR (columns : truth) against MLP_480_MODA (rows : mapped)
-----
      1      2      3      Total      ErrorC
-----
1 | 18336      27      0 | 18363 | 0.0015
2 |      0 26906  4822 | 31728 | 0.1520
3 |      0      652 80925 | 81577 | 0.0080
-----
Total | 18336 27585 85747 | 131668
ErrorO | 0.0000 0.0246 0.0562 |          0.0418

ErrorO = Errors of Omission (expressed as proportions)
ErrorC = Errors of Commission (expressed as proportions)

90% Confidence Interval = +/- 0.0009 (0.0409 - 0.0427)
95% Confidence Interval = +/- 0.0011 (0.0407 - 0.0429)
99% Confidence Interval = +/- 0.0014 (0.0404 - 0.0432)

KAPPA INDEX OF AGREEMENT (KIA)
-----

Using MLP_480_MODA as the reference image ...

Category      KIA
-----
1      0.9983
2      0.8077
3      0.9771

AMOSTRAS1_2_SR

Category      KIA
-----
1      1.0000
2      0.9676
3      0.8522

Overall Kappa =          0.9207

```

5.2.1.1 Discussão dos resultados

O valor da acurácia geral da classificação da ocupação da superfície urbana utilizando dados multiespectrais (4 bandas) VHR (1,2 metros de resolução espacial) e o classificador de redes neurais, foi muito bom (acima de 95%). Contudo a classificação se limitou em somente três categorias de análise (Superfícies permeáveis, impermeáveis e corpos d'água), sabe-se que

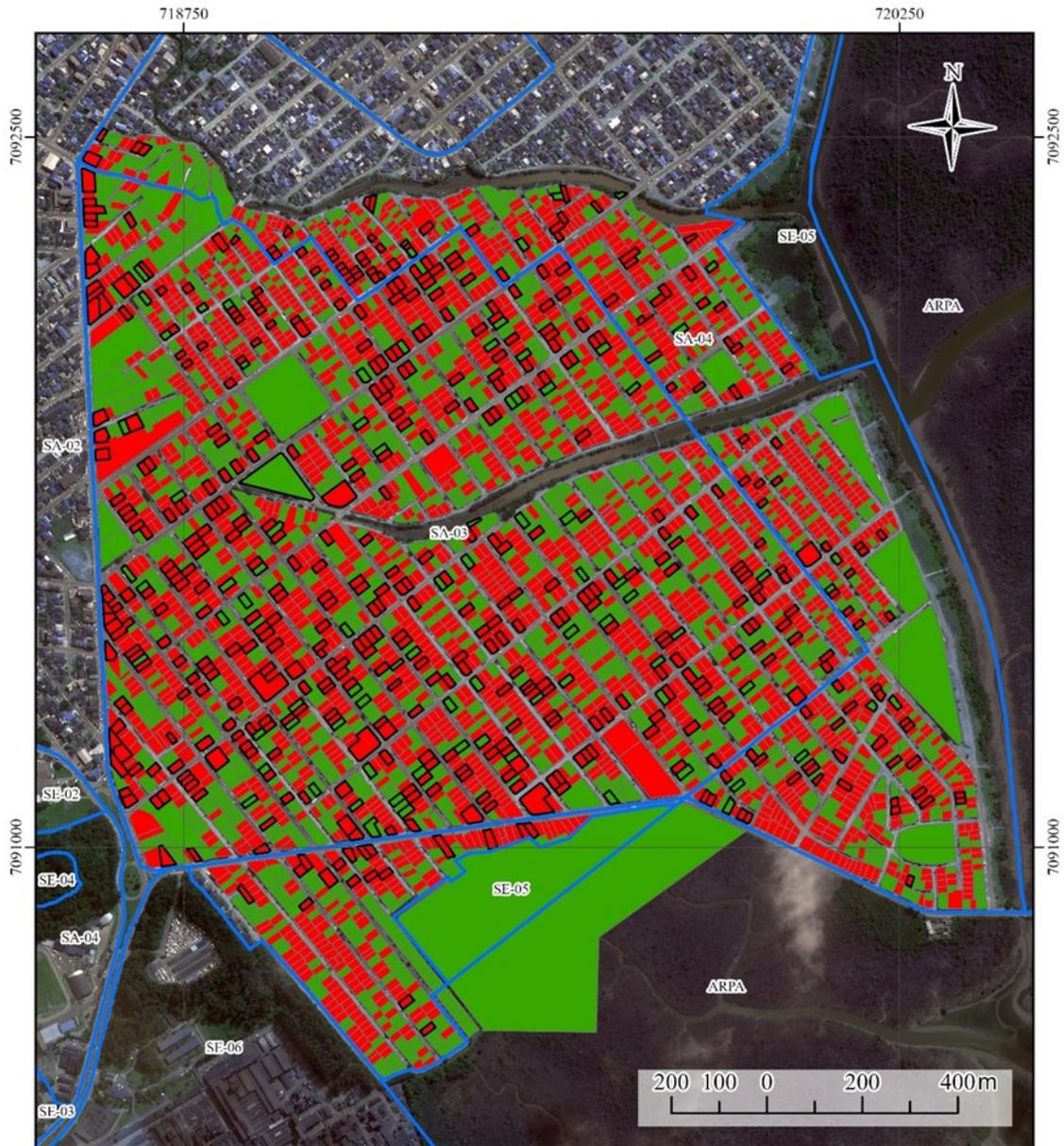
a tendência é de a acurácia diminuir à medida que se aumenta a quantidade de categorias de classificação. Analisando os valores obtidos pela matriz de erro, pode-se dizer que o classificador possui uma excelente capacidade de distinguir as classes (entre 94% e 100%). A categoria áreas impermeáveis é a que possui menor índice de confiabilidade (84,8%).

Conforme apresentado no referencial teórico os resultados comprovaram que para a classificação de feições urbanas requer classificadores mais complexos, como o de redes neurais. Apesar de ter resultado em excelente acurácia temática, se restringiu a apenas 3 classes, e sabe-se que com o aumento de classes, aumenta a dificuldade do classificador. Ademais, pode-se perceber que houve muita ocorrência de classificação de áreas com corpo d'água quando presumisse não ser na realidade. Inclusive, conforme observado no procedimento seguinte, aplicação da classificação para o mapeamento da taxa de ocupação, percebeu-se também elevada ocorrência de taxas de corpos d'água entre as taxas classificadas por lote, o que representam erros deduzíveis. Não só com relação à classificação errônea de corpos d'água, outros erros também foram observados.

5.2.2 Mapeamento da taxa de permeabilidade por lote

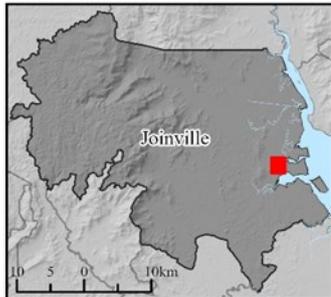
O mapa temático do índice de permeabilidade do solo a partir da classificação automática supervisionada da cobertura permeável e impermeável urbana sobre imagem satélite WorldView-4 se encontra apresentado na Figura 30. Estabeleceram-se duas classes: uma para os lotes com a taxa de permeabilidade $\geq 20\%$ (taxa exigida pela lei de ordenamento territorial vigente, LOT - Lei Complementar nº 470, de 09 de janeiro de 2017) e outra para os lotes com taxa de permeabilidade inferior a 20%. Segundo a classificação gerada, 1.592 lotes (64% dos 4.431 lotes classificados) possuem taxa de permeabilidade abaixo de 20%, que é o limite mínimo da taxa de permeabilidade do solo permitida pela lei de ordenamento territorial. Os resultados das taxas de permeabilidade, impermeabilidade e corpo d'água por lote apresentou uma quantidade de lotes com taxa de corpo d'água, sendo que perceptivelmente isto não representa a realidade, correspondendo à erros na classificação. Se identificaram 572 lotes (aprox. 13%) com taxa de corpo d'água que se encontram destacados no mapa da figura. Considerou-se aqueles com taxa de corpo d'água igual ou superior a 4%, estipulou-se este valor em função do erro assumido pelo resultado da acurácia geral obtido através da matriz de erros.

Figura 30 – Mapa taxa de permeabilidade por lotes – Bairro Comasa, 2017



MAPA DA TAXA DE PERMEABILIDADE DOS LOTES
BAIRRO COMASA, SET/2017

Localização do bairro em Joinville-SC



Legenda

- Taxa de permeabilidade < 20%
- Taxa de permeabilidade ≥ 20%
- Taxa de corpo d'água ≥ 4%
- + Zoneamento

Referências cartográficas
 Projeção Universal Transversa de Mercator (UTM)
 Origem da coordenada UTM: Equador e Meridiano Central, 51°W Gr., Fuso 22, Hemisfério Sul.
 Sistema de referência SIRGAS2000

Projeto de tese de doutorado
 Mariana de Sá Rodrigues da Silva

Orientação
 Prof. Dr. Carlos Loch

Apoio
 Gabriel Felipe Nascimento Rosolem

5.2.2.1 Discussão dos resultados

Selecionaram-se 35 exemplos dentre os lotes que apresentaram classificação de corpo d'água igual ou superior a 4%, nos quais se verificou visualmente a ocorrência dos erros da classificação como corpo d'água. A sua grande maioria, 33 lotes tiveram áreas sombreadas classificadas como água, outros dois foram campos de futebol que foram classificados como água. Também se verificou alguns telhados sendo classificados como água. As Figura 31 e Figura 32 apresentam algumas destas situações: no caso (1) se classificou um lote que consta em um campo de futebol como sendo majoritariamente água, no (2) se identificou corpo d'água onde havia sombra sobre área pavimentada; no (3) não se classificou corretamente as áreas permeáveis como tal, tanto em área onde se observa a ocorrência de grama como em área com cobertura em brita que aparentemente é impermeável por apresentar partes de solo exposto; e, no (4) não foi detectado a piscina com sendo corpo d'água e houve área a mais classificada como permeável quando é impermeável.

Figura 31 – Localização dos lotes selecionados com amostras de erros ocorridos na classificação semiautomática.

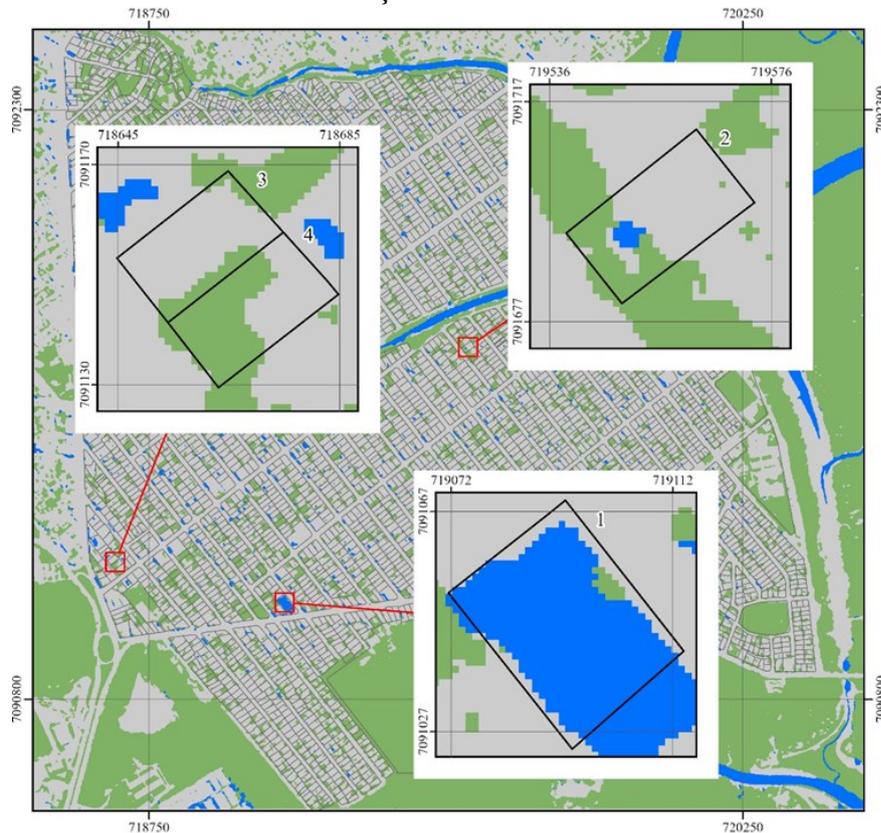
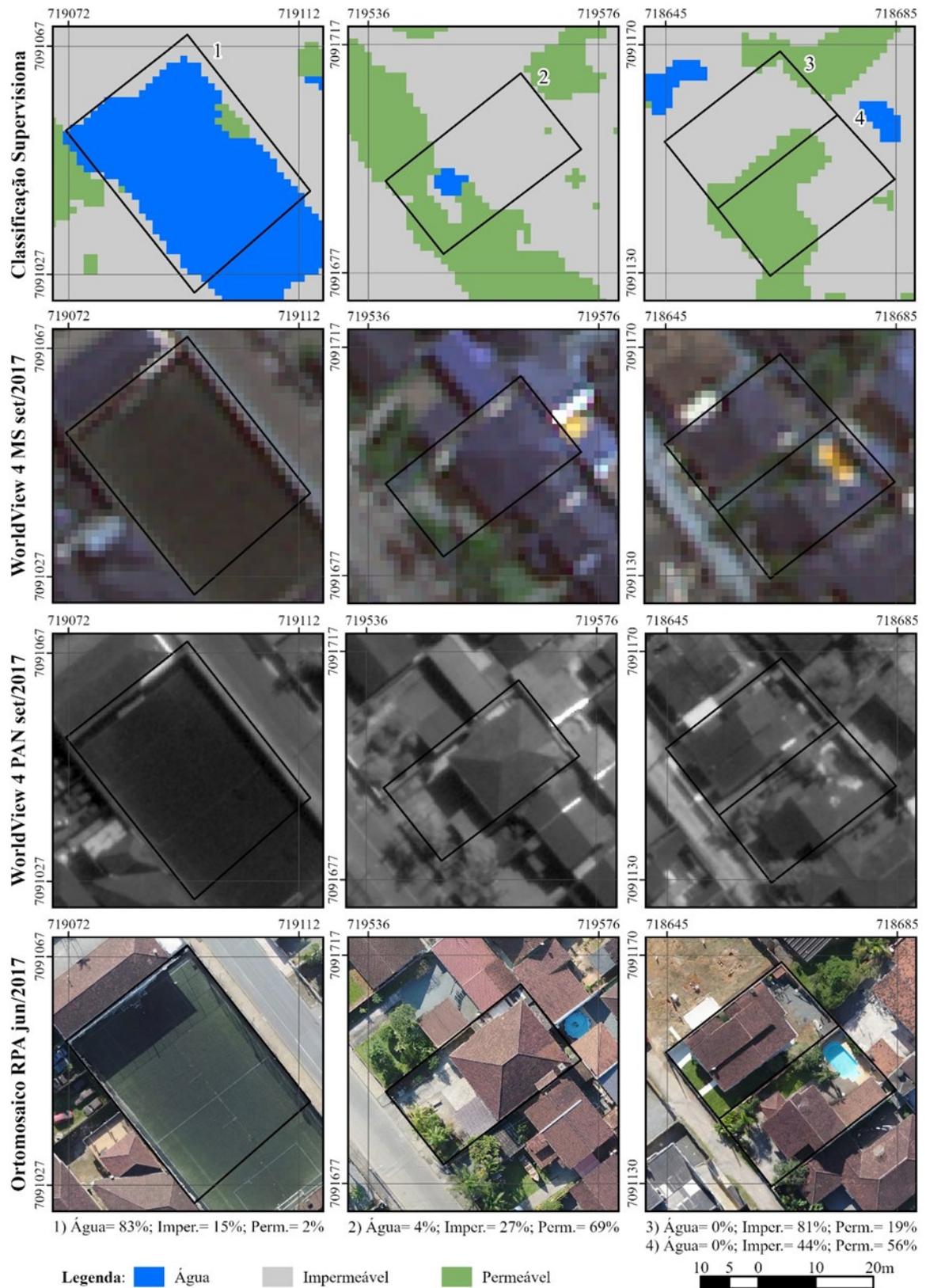


Figura 32 – Apresentação das amostras de erros ocorridos na classificação semiautomática.



No lote 1 correspondente a um campo de futebol de grama sintética resultou em um pixel escuro e houve o erro de classificação para corpo d'água e pequena confusão para área permeável. No lote 3 a sombra foi classificada tanto como corpo d'água como área permeável; O lote 3 foi classificado como sendo praticamente todo impermeável, a parte permeável de gramínea e os fundos com brita e solo exposto foram classificados como permeável. No lote 4, a parte sombreada da cobertura foi classificada como área permeável e a piscina como área impermeável.

Assim sendo, percebeu-se que houve muita confusão com áreas sombreadas, classificadas como água ou área permeável; a ocorrência de piscina, sendo classificada como área impermeável, e; a extrapolação na classificação de massa arbustiva sobre áreas impermeáveis sombreadas. Outro aspecto observado é quanto a classificação de massa vegetal sobre área impermeável que computa para áreas permeáveis, quando na verdade não são, apesar de promoverem benefícios à qualidade ambiental do espaço urbano.

6 GERAÇÃO DE ORTOFOTOMOSAICO COM DADOS RPA EM ESCALA COMPATÍVEL AO CADASTRO IMOBILIÁRIO URBANO

Realizaram-se quatro projetos de mapeamento para a produção de ortofotomosaico com o uso de RPA com a finalidade de produzir informações em nível de cadastro imobiliário. No total foram cinco levantamentos aéreos: três com o *DJI Phantom-4-Pro* e dois com o *Matrice-210-RTK*. Primeiramente, executou-se o projeto do bairro Comasa no total de sua área, equivalente à aproximadamente 2,8 km, como os resultados alcançados não alcançaram a qualidade compatível à escala de georreferenciamento do imóvel urbano, realizou-se um segundo projeto cobrindo uma área menor, equivalente à 1,0 km². Os estes dois projetos encontram-se publicados em Silva et al (2018; 2018b).

O terceiro projeto se trata de aprimorar o estudo a respeito da quantidade PCT para o georreferenciamento de ortofotomosaico a partir de imagens RPA. A metodologia foi desenvolvida no período de doutorado sanduíche na Universidade de Jaén (UJA), Espanha, sob orientação do Prof. Francisco Javier Ariza López a fim de validar cientificamente uma proposição de quantidade de PCT para o mapeamento de área urbana na escala de qualidade em escala compatível ao cadastro imobiliário. A metodologia consiste na geração de um extenso número de modelos ortofotomosaicos georreferenciados (simulações) para dar maior validade aos resultados quanto a utilização de PCT no georreferenciamento. Selecionou-se um recorte referente a 1,0 km². Foram testados modelos georreferenciados com diferentes números de PCT (8, 12, 16, 20, 24 e 32). As simulações partem de conjuntos de PCT cujos elementos são selecionados em função da garantia de uma distribuição equilibrada. Para tal, se utilizou a estratégia de combinação de pontos por arranjo a partir de 12 grupos, sendo 4 localizados em regiões centrais da área levantada e 8 nas bordas desta. Para tal, faz-se necessário o levantamento das coordenadas de uma grande quantidade de PCT, no caso 125 dentre PCT de georreferenciamento e verificação. A partir de um ortofotomosaico gerado com orientação relativa, para cada quantidade de PCT testada, gerou-se 100 diferentes modelos ortofotomosaicos georreferenciados utilizando diferentes elementos, resultando em um total de 600 modelos. Os modelos foram avaliados quanto à qualidade posicional mediante os valores de EMQ, utilizando o estabelecido pelo ET-CQDG (2016) e *ASPRS Positional Accuracy Standards for Digital Geospatial* (ASPRS, 2015). Realizaram-se dois levantamentos aéreos, um com o *DJI Phantom-4-Pro* e outro com o *DJI Matrice-210-RTK*

Como houve problemas com o levantamento com o *Matrice210RTK* e o resultado encontrado não foi satisfatório, optou-se por realizar um novo levantamento com o equipamento utilizando um recorte de área equivalente a 0,24 Km², sendo este o quarto projeto de mapeamento. A opção por um recorte reduzido se deu devido ao grande consumo de trabalho, necessitando mais de uma equipe de trabalho para a fixação dos alvos. O levantamento aéreo foi realizado somente com o *Matrice*. Foram testados modelos georreferenciados com diferentes números de PCT (9, 13, 14, 18 e 23).

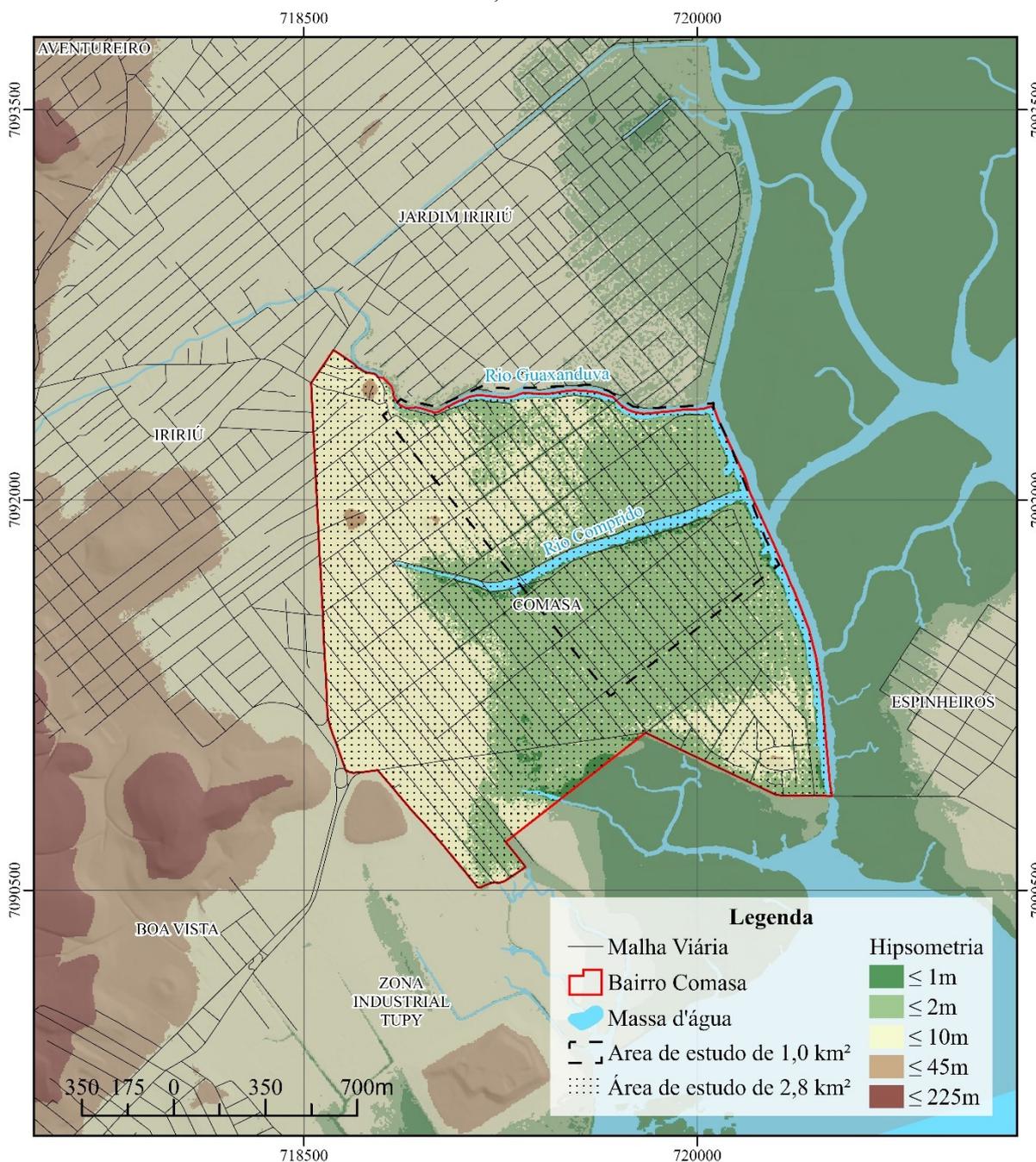
6.1 METODOLOGIA

6.1.1 Levantamento de campo do Bairro Comasa

O levantamento de campo se refere à captação de imagens aéreas e o levantamento dos PCT. Estes levantamentos foram realizados mediante contratação de prestação de serviços por empresa de engenharia especializada em levantamentos topográficos com o acompanhamento da pesquisadora. Após um primeiro processo, se verificou a necessidade de levantamento de PCT extras, para tal, alugou-se o equipamento GNSS e a própria equipe do LabFSG realizou o levantamento.

Num primeiro momento foi realizado o ortofotomosaico de toda a área do bairro Comasa, equivalente à 2,8 km². Como, os resultados da acurácia posicional não satisfizeram o erro máximo tolerável, realizou-se um novo levantamento, este cobriu uma área menor, equivalente a 1,0 Km². As áreas de 2,8 km² e 1,0 km² foram delimitadas conforme apresentado pela Figura 33.

Figura 33 – Mapa de delimitação das áreas de levantamento referentes às áreas de 2,8 km² e 1,0 km².



6.1.1.1 Levantamento dos PCT do bairro Comasa

a) Área de 2,8 km²

A captação das coordenadas dos pontos de controle terrestre foi realizada com equipamento GNSS método convencional com receptor Zenith 35. Primeiramente, os PCT foram materializados em forma de cruz através de pintura com tinta branca e levantados 11

pares de coordenadas que foram utilizados para o georreferenciamento e para a verificação da qualidade posicional dos modelos de ortofotomosaicos gerados. A verificação da qualidade não satisfatória levou a necessidade de acrescentar a quantidade de PCT, portanto foi realizado um novo levantamento de coordenadas, também com o método RTK convencional, neste caso, utilizando feições existentes foto identificáveis, uma vez que as imagens já haviam sido registradas, conforme ilustrado pela Figura 34. No total foram levantados 47 pares de PCT.

Figura 34 - Levantamento das coordenadas em campo utilizando feições demarcadas com pintura em forma de x com tinta branca sobre o solo pavimentado e feições existentes.



Obs: Levantamento realizado pela empresa de engenharia e levantamentos topográficos contratada (esq.) e levantamento para complementação de PCT realizado pela equipe de pesquisa do LabFSG.

b) Área de 01 Km²

Foram levantados 30 pares de PCT através do método RTK NTRIP (Networked Transport of the Radio Technical Commission for Maritime Services via Internet Protocol) que se utiliza de uma estação de referência pertencente à rede de monitoramento contínuo nacional, no caso do Brasil, a RBMC. O levantamento realizado fez uso da Estação de Araquari. Na ocasião do levantamento referente à área de 2,8 km² esta estação estava indisponível. A Figura 35 apresenta o levantamento dos PCT realizado em campo.

Figura 35 - Levantamento coordenadas com o método RTK convencional e NTRIP dos PCT materializados em solo em tinta ou placas de PVC de cor branca e forma de cruz.



Obs: Levantamento realizado pela empresa de engenharia e levantamentos topográficos contratada com apoio da equipe de pesquisa do LabFSG.

6.1.1.2 Levantamento dos dados aéreos do bairro Comasa

Os levantamentos aéreos de ambas áreas foram realizados com o equipamento RPA da DJI, Phantom 4 Pro (Figura 36), que consta em um modelo compacto de quatro rotores que pesa 1388 gramas com os sensores que já vem acoplados sem permitir alterações destes. O equipamento vem com uma câmera fotográfica própria CMOS, 20 MP (5472 x 3648), f/2.8", e sensor de localização GPS/GLONASS. O tempo máximo de voo por bateria é estimado em 30 minutos.

Os levantamentos aéreos foram realizados de modo automático assistido com plano de voo mediante o uso do software *DroneDeploy* (Figura 36). Estabeleceu-se 120 metros de altura de voo para facilitar o levantamento quanto a solicitação autorização de voo, uma vez que a ANAC não exige autorização de voo para as classes de RPA pequenas até esta altura do voo. A sobreposição das fotos tiradas foi de 80% no alinhamento longitudinal e 60% no alinhamento lateral. A superfície da área é plana, portanto o relevo não teve influência nos testes.

Figura 36 – Equipamento Pantom 4 Pro e plano de voo para recobrimento da área de 2,8 km²



6.1.2 Geoprocessamento das imagens do bairro Comasa

Após pesquisa a respeito dos softwares de fotogrametria comerciais específicos para processamento de imagens RPA, se optou pelo uso do *Agisoft PhotoScan™*. O primeiro procedimento no software é o alinhamento das fotos; em seguida, é gerado uma nuvem esparsa de pontos; para o georreferenciamento utilizando PCT os marcos são posicionados manualmente no centro dos alvos de cada foto que aparecem (cujas coordenadas foram medidas em campo e informada ao *software*) e os valores da coordenadas das fotos medidas pelo GPS a bordo são desabilitadas; após é criado a nuvem densa de pontos para a construção do DEM; e, a partir deste, o modelo ortofotomosaico é gerado.

Foi adquirido pelo LabFSG um hardware com as seguintes especificações:

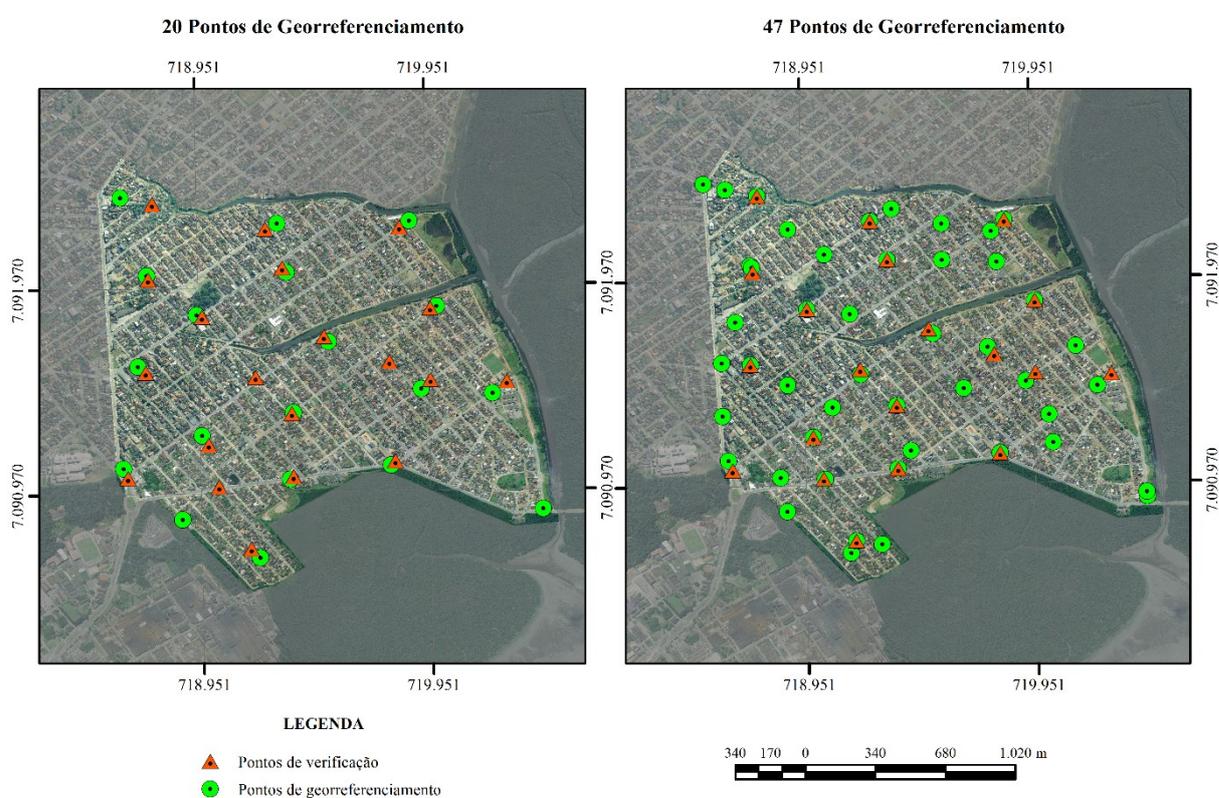
- Placa de vídeo dedicada Geforce Zotac GTX Entusiasta Nvidia GTX 1080ti blower 11gb ddr5 352bit 11.010 mhz 1480mhz 3584 cuda cores hdmi dp
- Placa mãe Aorus Slot AM4 Max 64GB DDR4
- Processador Ryzen 1800X Octa core, 20MB cache 3.6ghz
- HD Seagate Sata 3.5 6gb/s 1tb
- Memória Ram kingstom hyperx (32gb=4x8) 2400mhz, ddr4
- Fonte ATX 750w semi modular 80 plus bronze s/ cabo preto

6.1.2.1 Georreferenciamento com PCT dos modelos ortofotomosaicos do bairro Comasa

a) Área de 2,8 Km²

Foram realizados dois modelos de ortofotomosaicos georreferenciados com 47 PCT e com 20 PCT considerando uma boa distribuição e o recobrimento das bordas. A Figura 37 apresenta os mapas de localização dos PCT.

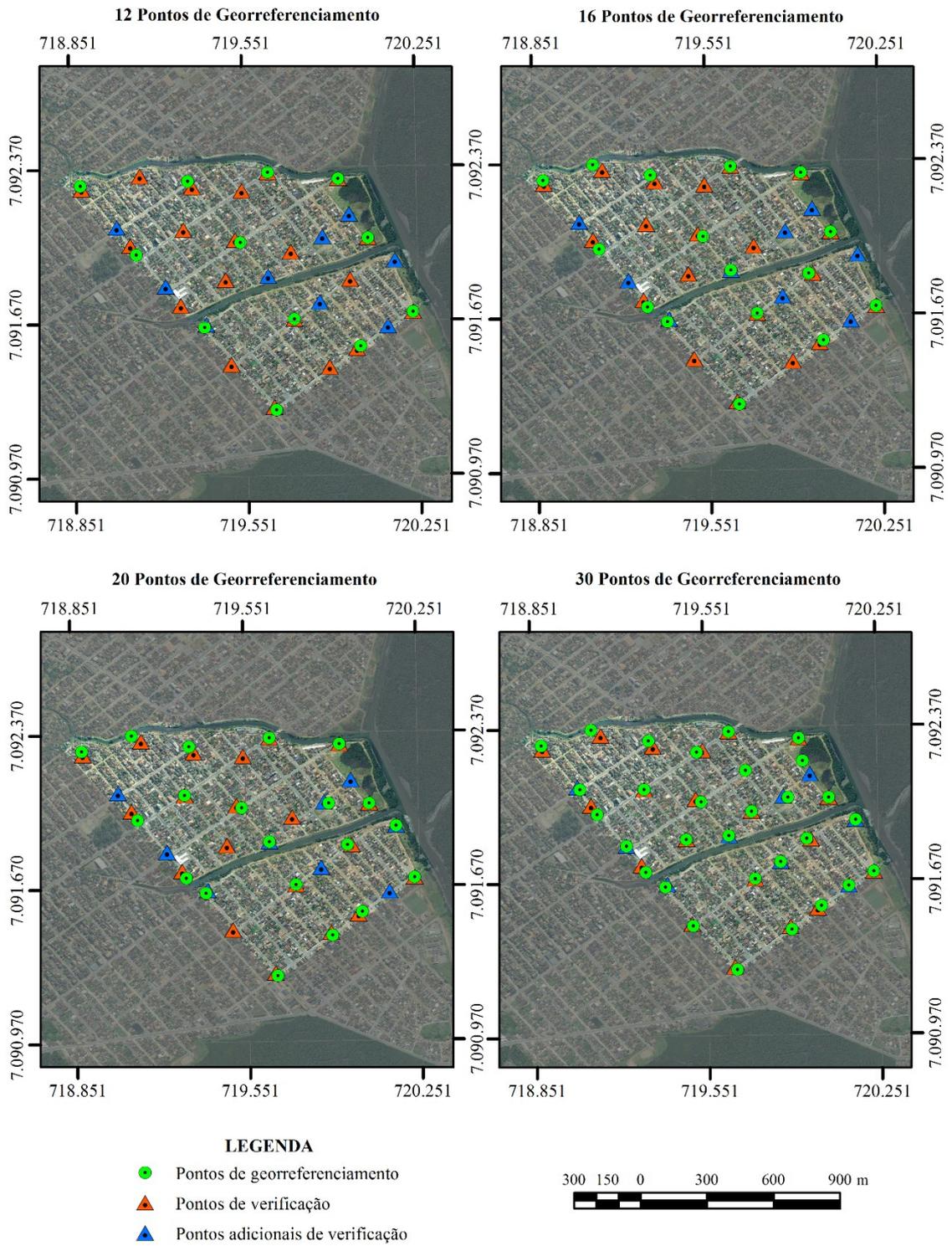
Figura 37 - Mapas de localização dos PCT para georreferenciamento e verificação dos modelos de ortofotomosaico



a) Área de 1,0 Km²

Foram realizados quatro modelos de ortofotomosaicos georreferenciados com 12, 16, 20 e 30 PCT considerando uma boa distribuição e o recobrimento das bordas. A Figura 38 apresenta os mapas de localização dos PCT.

Figura 38 - Mapas de localização dos PCT na área de 1,0 km² do bairro Comasa



6.1.3 Verificação da acurácia posicional dos modelos ortofotomosaicos do bairro Comasa

A verificação da acurácia posicional dos modelos de ortofotomosaicos gerados se restringiu as coordenadas planimétricas e se utiliza da medição das diferenças entre as coordenadas levantadas em campo (real) e seu posicionamento no modelo gerado para o cálculo do EMQ. As diferenças entre os pontos nos ortofotomosaicos e suas coordenadas levantadas em campo foram medidas utilizando a software *ArcMap* 10.5 através da leitura do vetor de arrastamento entre o ponto no modelo ortofotomosaico gerado e sua real coordenada. Com os valores dos erros obtidos se calcula o EMQ.

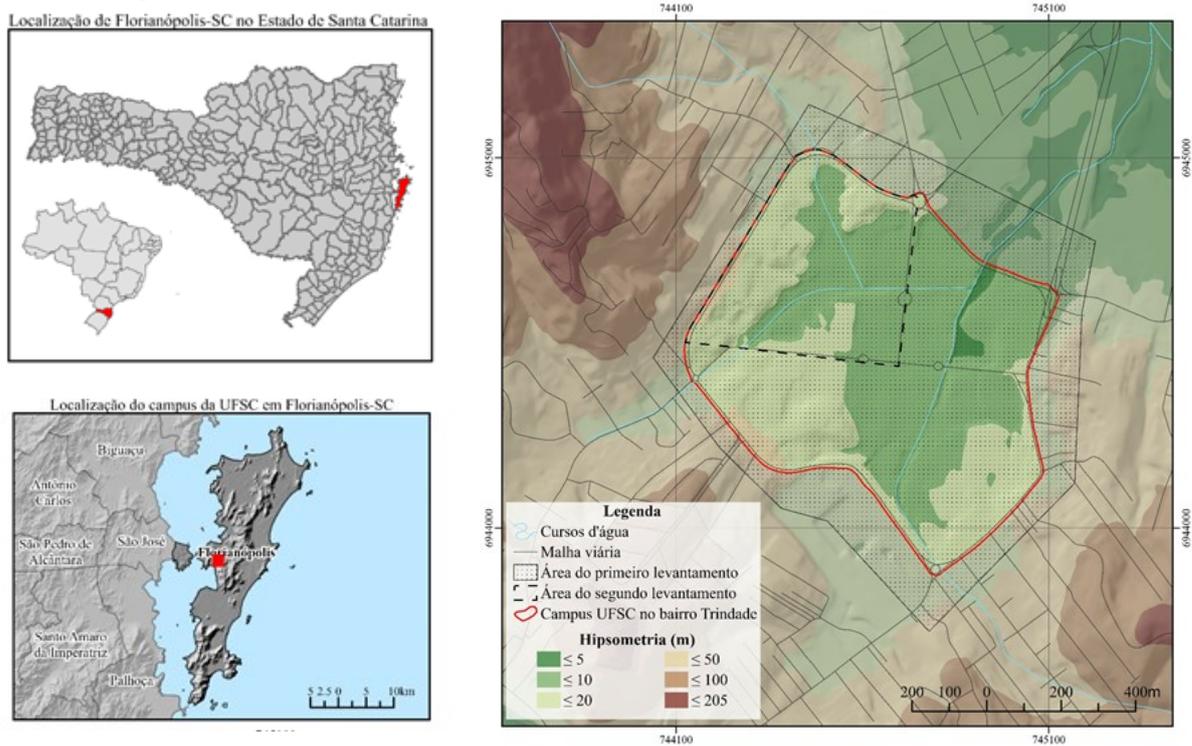
Num primeiro momento foram utilizados 20 pontos de verificação conforme a *ASPRS Positional Accuracy Standards for Digital Geospatial Data (ASPRS, 2015)*. Num segundo momento, que contempla apenas a área de 1,0 Km², seguiu-se os procedimentos de inspeção por amostragem descritos na publicação ET-CQDG. Como se trata de lote isolado, se especifica aplicar as tabelas da ISO 2859-2 (1985) disponibilizadas no anexo A da ET-CQDG. Conforme descrito na ET-CQDG o lote deve ser seccionado em quadrículas de 40m x 40m. A área mapeada de 1,0 Km² resultou em 625 quadrículas. Adotou-se o Limite de Qualidade Aceitável – LQA de 4% colocado pela ET-CQDG para ortoimagem uma vez que esta não menciona o LQA para o caso específico de carta ortoimagem de grande escala e nem carta topográfica em grande escala. Assim em função do tamanho do lote (625 quadrículas) e do LQA de 4% encontrou-se o valor de Qualidade Limite – QL equivalente a 20% e o tamanho da amostra e limite de aceitação encontrados foram de 32 pontos de verificação, podendo ser descartados até 3 pontos. Utilizou-se 29 pontos verificação (este foi o número que ficou passível de reconhecimento no modelo ortofotomosaico) dentro do limite de aceitação para o tamanho da amostra.

Como o nível de exatidão para aplicação do ortofotomosaico como base de dados para o georreferenciamento imobiliário do solo urbano não são contemplados pela ET-CQDG nas tabelas de Padrão de Exatidão Cartográfica - PEC utilizadas para verificar os valores dos EMQ. Inclusive a escala a qual se é possível chegar com o ortofotomosaico de imagens RPA, também não está contemplada na ET-CQDG. Portanto, se considera também com referência a *ASPRS Positional Accuracy Standards for Digital Geospatial Data (ASPRS, 2015)*.

6.1.4 Área de estudo: campus UFSC- Trindade

A área levantada corresponde a uma porção de 1 km² dentro do Campus Trindade da UFSC, encontra situada em vale de relevo suave, variando entre 4,0 e 20,0 m de altitude em relação ao nível do mar. A área é composta por edifícios de distintas dimensões e alturas, espaçados entre eles com áreas verdes de espécies gramíneas e arbóreas, áreas pavimentadas, áreas de solo exposto, campos e massas florestais. O segundo levantamento com o Matrice210RTK uma área reduzida, equivalente à 0,24 km² ao redor da mesma base de levantamento de campo já utilizada, terraço de cobertura do prédio do EFI, UFSC. A Figura 39 apresenta o mapa de localização das áreas levantadas.

Figura 39 – Delimitação das áreas levantadas na UFSC, 1,0 km² e 0,24 km²

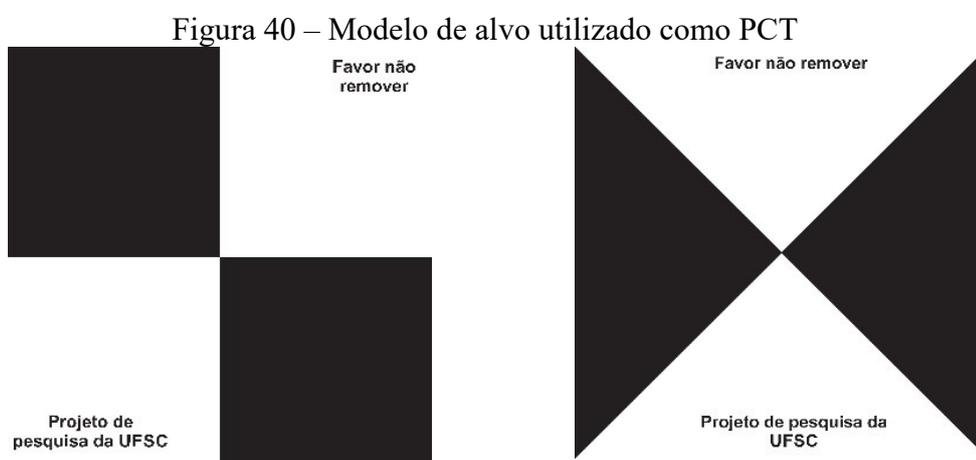


6.1.5 Levantamento de campo do campus UFSC- Trindade

6.1.5.1 Levantamento PCT

Consta na materialização e levantamento das coordenadas do PCT para o georreferenciamento dos ortofotomosaicos e os pontos de verificação para a avaliação da qualidade posicional dos modelos. Para a tal se antecedeu a etapa de planejamento: projeto, execução e implantação dos PCT.

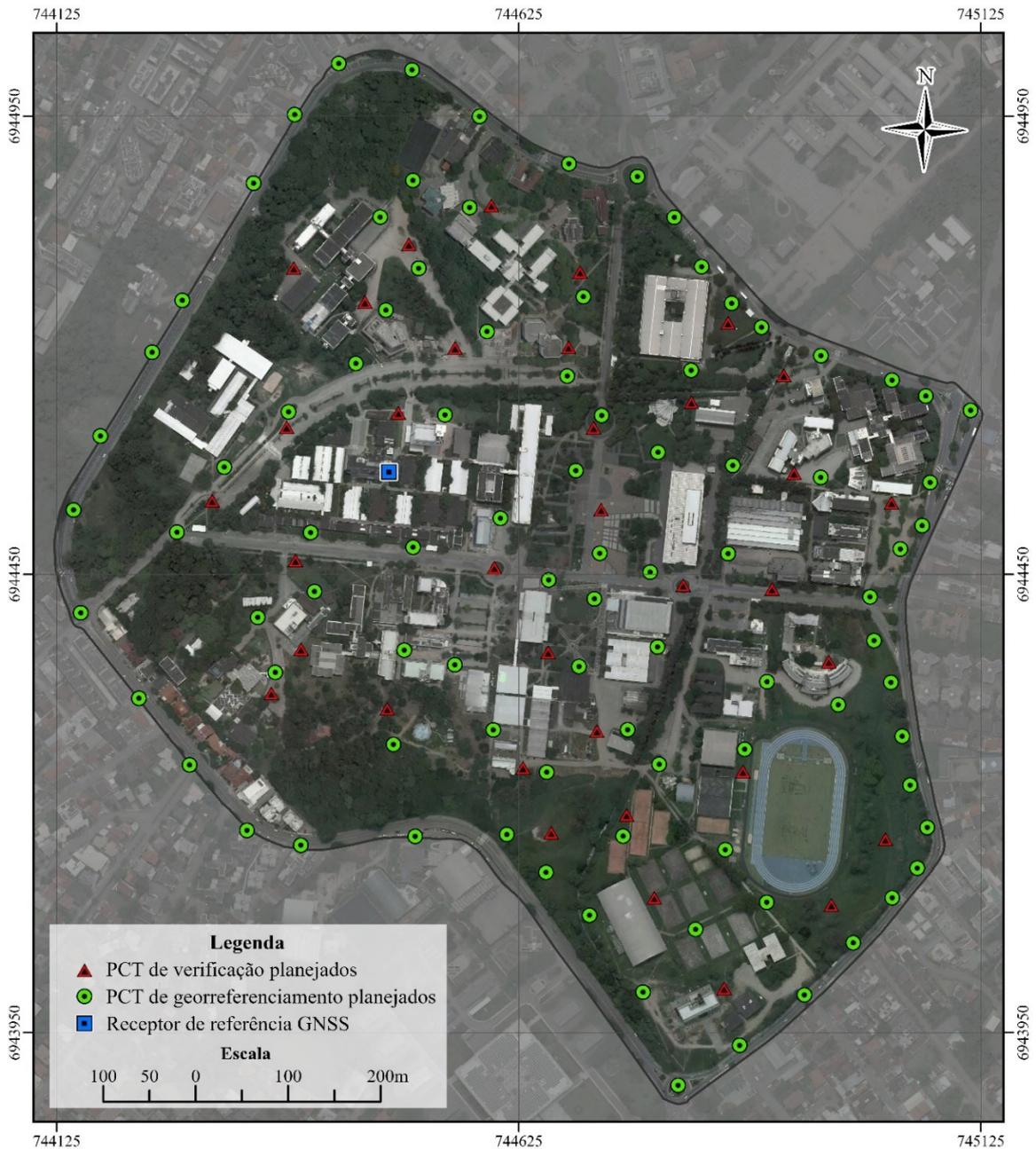
Testes com modelos de alvo diferentes foram realizados a partir das imagens de voos a 120m metros de altura. A solução levou em consideração: a confecção dos alvos (impressão em lona), o trabalho de campo de fixação das lonas e o seu tamanho para reconhecimento mais acurado do centro do alvo nas fotografias. Chegou-se aos modelos de alvos em xadrez, um ortogonal e outro em diagonal nas dimensões de 40 cm x 40 cm conforme ilustrado Figura 40.



a) Área de 1,0 km²

O plano de implantação dos PCT constava na locação de 125 alvos (Figura 41) executados em impressão preta sobre lona vinílica branca. Dentre eles, 86 alvos foram planejados para os PCT de georreferenciamento dos modelos ortofotomosaicos e 39 para os PCT de verificação da qualidade posicional. Dentre estas quantidades constam pontos extras, caso ocorra obstruções ou outro possível infortúnio na aquisição e reconhecimento de alguns PCT. Os PCT de georreferenciamento foram alocados de acordo a garantir bom recobrimento das bordas da área levantada e boa distribuição. Idealizou-se a separação dos PCT em grupos em função de sua localização e proximidade a fim de garantir a geração de um grande número combinações de PCT para o georreferenciamento dos modelos de ortofotomosaico a serem avaliados em termos de qualidade posicional. A Figura 41 apresenta o levantamento de campo realizado para a medição das coordenados dos PCT.

Figura 41 – Plano de locação dos PCT na área levantada de 1,0 km² no Campus da UFSC



Previamente à realização do voo, executou-se a fixação dos alvos em lona no solo mediante a utilização de pregos quando em superfície não pavimentada e fita adesiva resistente quando em superfície pavimentada.

A medição das coordenadas foi realizada com o levantamento GNSS pelo método RTK convencional. Os equipamentos foram adquiridos pelo LabFSG com recursos financeiros do projeto de pesquisa, são estes: o receptor base Zenith 15 e o rover Zenith 35 (Figura 42). Os

valores das coordenadas obtidos em campo foram pós processados pelo *software Leica System 1200™* utilizando os dados para posicionamento em tempo real a partir de uma estação da RBMC do IBGE. Considera-se que a acurácia dos valores das coordenadas dos pontos de verificação deve ser maior que a acurácia exigida à escala do produto final, segundo a ASPRS (2015), o equivalente a um quarto do EMQ tolerável para a escala do produto na planimetria e metade do EMQ para a altimetria. As coordenadas foram coletadas em dois dias: os valores obtidos em um dia foram utilizados para os PCT de georreferenciamento e os obtidos em outro para os pontos de verificação, visando garantir maior grau de independência entre os PCT de georreferenciamento e os pontos de verificação.

Figura 42 – Levantamento das coordenadas dos PCT pelo método RTK (à esquerda, base instalada no terraço do prédio e à direita, medição com o rover)



Os valores das coordenadas altimétricas elipsoidais, obtidas com os Sistemas de Navegação Global por Satélite (GNSS) foram convertidas às altitudes ortométricas, relacionadas à ondulação geoidal por meio da plataforma MAPGEO2015, que utiliza o modelo geopotencial global EIGEN-6C4. A plataforma é disponibilizada pelo IBGE através do portal MapGeo *On-Line*.

b) Área de 0,24 km²

Foram planejados 63 PCT, a serem designados para georreferenciamento ou para a verificação da acurácia posicional dos modelos ortofotomosaico. Neste levantamento optou-se

por utilizar somente o modelo xadrez ortogonal, sem diferenciar entre os PCT de georreferenciamento e de verificação, visto que, após experiência anterior, além da falha na implantação dos modelos conforme a designação prevista entre outras circunstâncias, na etapa do geoprocessamento, percebeu-se que há maior dificuldade na demarcação das coordenadas medidas no centro exato do alvo em xadrez em diagonal na foto em que aparece.

6.1.5.2 Levantamento dados aéreos

O levantamento aéreo para captação de imagens aéreas foi realizado com o equipamento RPA modelo DJI Phantom 4 Pro anteriormente descrito no item 3.2.3.2 e o equipamento DJI Matrice 210 com sistema GNSS/RTK acoplado. O DJI Matrice210RTK possui peso de 4,42 kg, sendo o peso máximo de decolagem de 6,14 kg dependendo dos sensores acoplados, uma vez que possui três gimbals compatíveis com diversas câmeras. Neste levantamento aéreo, utilizou-se a câmera ZenmuseX5S com 20.8MP e a multiespectral RedEdge (Figura 43).

Conforme metodologia da experiência anterior, os levantamentos aéreos (automático assistido) foram realizados com plano de voo através do software *DroneDeploy*. Estabeleceu-se a altura de voo de 100 m, visto que a base de controle terrestre foi alocada sobre a cobertura de um edifício de 5 pavimentos, ficando assim, próximo à altura de 120 m considerando o nível médio da variação de altitude da área a ser levantada. Estabeleceu-se uma sobreposição das imagens de 80% no alinhamento longitudinal e 60% no alinhamento lateral. Para o recobrimento da área de 1 km² houve necessidade de 2 voos. A Figura 43 apresenta os dois planos de voo realizados pelo software *DroneDeploy*, as instalações da base RTK do *Matrice 210* e da base RTK para medição das coordenadas dos PCT por GNSS e decolagem do *Matrice210* na cobertura do edifício da UFSC utilizada como ponto base do levantamento de campo).

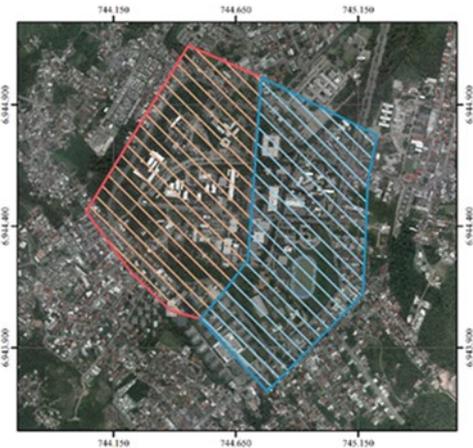
Figura 43 - Equipamento *Matrice 210* RTK com câmeras *ZenmuseX5S* e multiespectral *RedEdge* (a,b), planos de voos realizados pelo software *DroneDeploy* (c), instalações da base RTK do *Matrice 210* e da base RTK para medição das coordenadas dos PCT por GNSS (d) e decolagem do *Matrice210* na cobertura do edifício do EFI, UFSC (e).



a



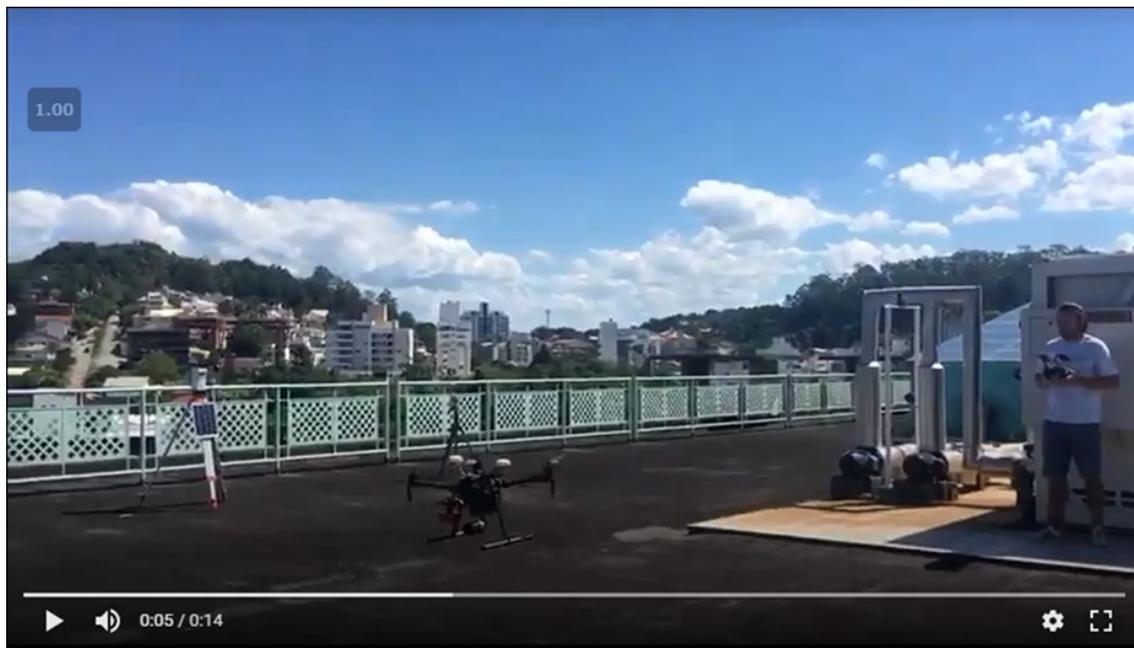
b



c



d



e

6.1.6 Geoprocessamento das imagens levantamento campus UFSC - Trindade

Nesta etapa da pesquisa se utilizou a versão atualizada do *Agisoft PhotoScan*TM, o *Agisoft MetaShape*TM que segue as mesmas etapas, contudo nesta versão quando se informa as coordenadas dos PCT é requisitado a acurácia dos pontos de controle levantados.

Conforme já mencionado, planejou-se a geração de um número extenso de modelos georreferenciados utilizando distintos conjuntos de PCT, sendo que todos os conjuntos possuem características similares quanto localização possibilitando a distribuição equilibrada para o recobrimento da área levantada.

6.1.6.1 Georreferenciamento com PCT

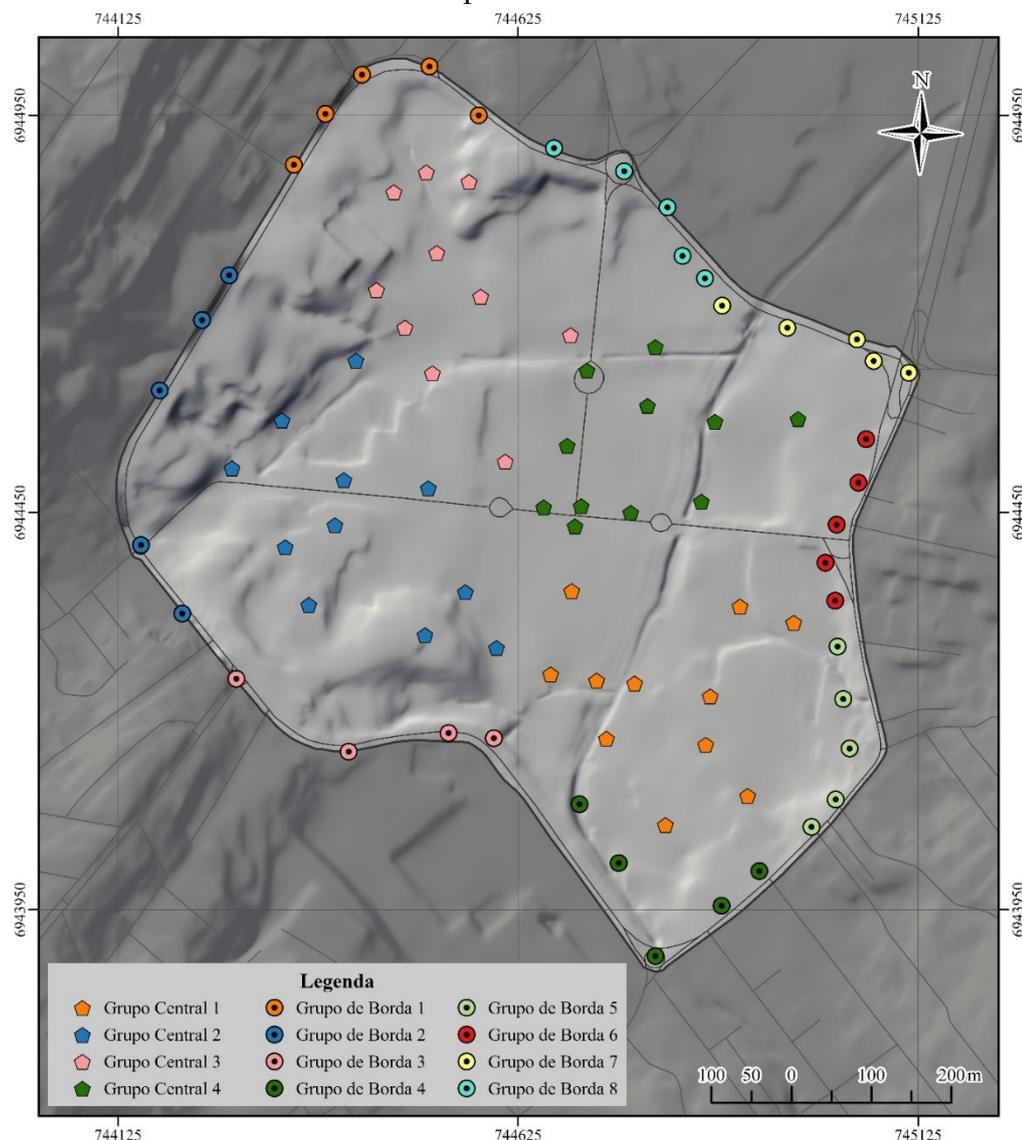
a) Área de 1,0 km²

Após o processo de seleção dos PCT a serem utilizados no georreferenciamento dos modelos ortofotomosaicos (a exclusão dos que possuem acurácia baixa - medições com até 0,018 m e o critério de localização considerando a formação dos 12 grupos e melhor distribuição entre eles) ficaram definidos os grupos que estão identificados na Figura 44. Estas configurações estabelecidas para cada quantidade de PCT a serem testadas levaram em consideração sua localização em um grupo e a distância entre os pontos. Primeiramente, se estabeleceu a distância de 100 m que significa aproximadamente a medida relativa a 10% da diagonal da área levantada. Contudo, a mediada que se aumentou a quantidade de PCT, essa medida teve que ser reduzida. Utilizando uma linguagem de programação desenvolvida no software R dentro dos critérios preestabelecidos e apresentados no Quadro 9, gerou-se 100 diferentes combinações para cada uma das sete configurações de quantidade de PCT, resultando na geração de 700 modelos ortofotomosaico georreferenciados a serem avaliados.

Quadro 9 – Critérios para combinação dos conjuntos PCT para o georreferenciamento dos ortofotomosaicos da área levantada de 1,0 km² no Campus da UFSC

Qtd de PCT	Condição de combinação (8 grupos localizados nas bordas e 4 centrais)	Distância mínima entre PCT	Qtd de Ortofotomosaicos gerados
08	01 PCT de cada grupo de borda	100 m	100
12	01 PCT de cada grupo de borda + 01 PCT de cada grupo central	100 m	100
16	01 PCT de cada grupo de borda + 02 PCT de cada grupo central	100 m	100
20	02 PCT de cada grupo de borda + 01 PCT de cada grupo central	100 m	100
24	02 PCT de cada grupo de borda + 02 PCT de cada grupo central	80 m	100
32	03 PCT de cada grupo de borda + 02 PCT de cada grupo central	40 m	100

Figura 44 – Mapa de identificação dos grupos de PCT da área levantada de 1,0 km² no Campus da UFSC



- **Georreferenciamento parcial do levantamento Matrice210RTK**

Como ocorreu um problema no levantamento das imagens com o sistema Matrice-210-RTK, relativo ao desfoque em faixas intercaladas que comprometeu metade do ortofotomosaico, houve a tentativa de se aplicar a metodologia para testar o georreferenciamento com PCT para parte do mosaico com boa qualidade das imagens, compreendendo aproximadamente metade da área original, ou seja, aproximadamente 0,5 Km². Assim, estabeleceram-se novos grupos e conjuntos de PCT dentro desta área para o georreferenciamento do extenso número de amostras de ortofotomosaicos. Como os ortofotomosaico georreferenciados com os primeiros conjuntos PCT não teve um resultado de

acurácia posicional satisfatório, ficando muito aquém do ortofotomosaico realizado com as imagens do Phantom4Pro, optou-se por não prosseguir com os testes e se decidiu pelo outro levantamento com o MatriceRTK210.

b) Área de 0,24 km² (segundo teste MatriceRTK210)

Após a definição dos PCT a serem utilizados para o georreferenciamento, determinou-se os pontos para cada grupo conforme ilustrado na Figura 45. Realizaram-se as combinações dos conjuntos de PCT segundo os critérios apresentados na Tabela 7.

Figura 45 - Mapa de identificação dos grupos de PCT para da área levantada de 2,4 km² no Campus da UFSC

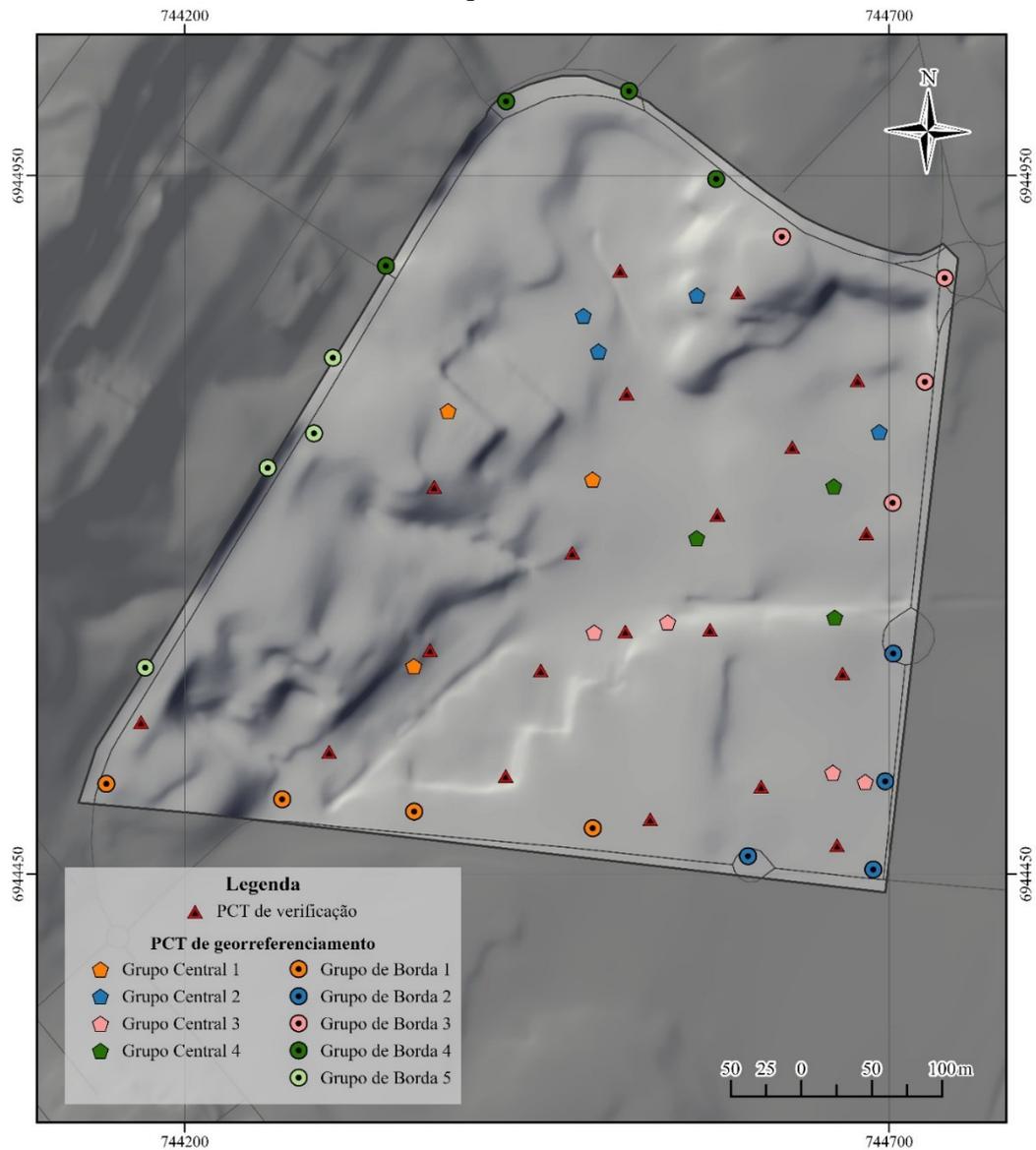


Tabela 7 - Critérios para combinação dos conjuntos PCT para o georreferenciamento dos ortofotomosaicos da área levantada 0,24 km² no Campus da UFSC

Qtd de PCT	Condição de combinação (5 grupos localizados nas bordas e 4 centrais)	Distância mínima entre PCT	Qtd de conjunto de PCT (ortofotomosaicos)
09	01 PCT de cada grupo de borda + 01 PCT de cada grupo central	70 m	100
13	01 PCT de cada grupo de borda + 02 PCT de cada grupo central	70 m	100
14	02 PCT de cada grupo de borda + 01 PCT de cada grupo central	70 m	100
18	02 PCT de cada grupo de borda + 02 PCT de cada grupo central	70 m	100
23	03 PCT de cada grupo de borda + 02 PCT de cada grupo central	50 m	100

6.1.7 Verificação da acurácia posicional dos modelos ortofotomosaicos do campus UFSC -

A verificação da acurácia posicional dos modelos de ortofotomosaicos gerados. A metodologia segue os procedimentos e parâmetros já descritos no item de verificação do estudo anterior (item 3.2.3.3) que considera a ET-CQDG (DSG,2016) e a *ASPRS Positional Accuracy Standards for Digital Geospatial Data (ASPRS, 2015)*.

Utilizaram-se 20 pontos de verificação conforme a *ASPRS Positional Accuracy Standards for Digital Geospatial Data (ASPRS, 2015)* e 32 pontos de verificação conforme os procedimentos de inspeção por amostragem descritos na publicação ET-CQDG para a avaliação dos ortofotomosaicos gerados para o levantamento da área de 1,0 km². Para a área de 0,24 km², utilizaram-se 20 pontos de verificação, esta quantidade atende ambas normas.

As Figura 46 e Figura 47 apresentam o esquema da metodologia para o estudo da quantidade de PCT adequada para o georreferenciamento de modelos ortofotomosaico em escala compatível ao cadastro imobiliário urbano.

Figura 46 – Esquema de metodologia para o estudo da quantidade de PCT de georreferenciamento da área levantada de 1,0 km² no Campus da UFSC

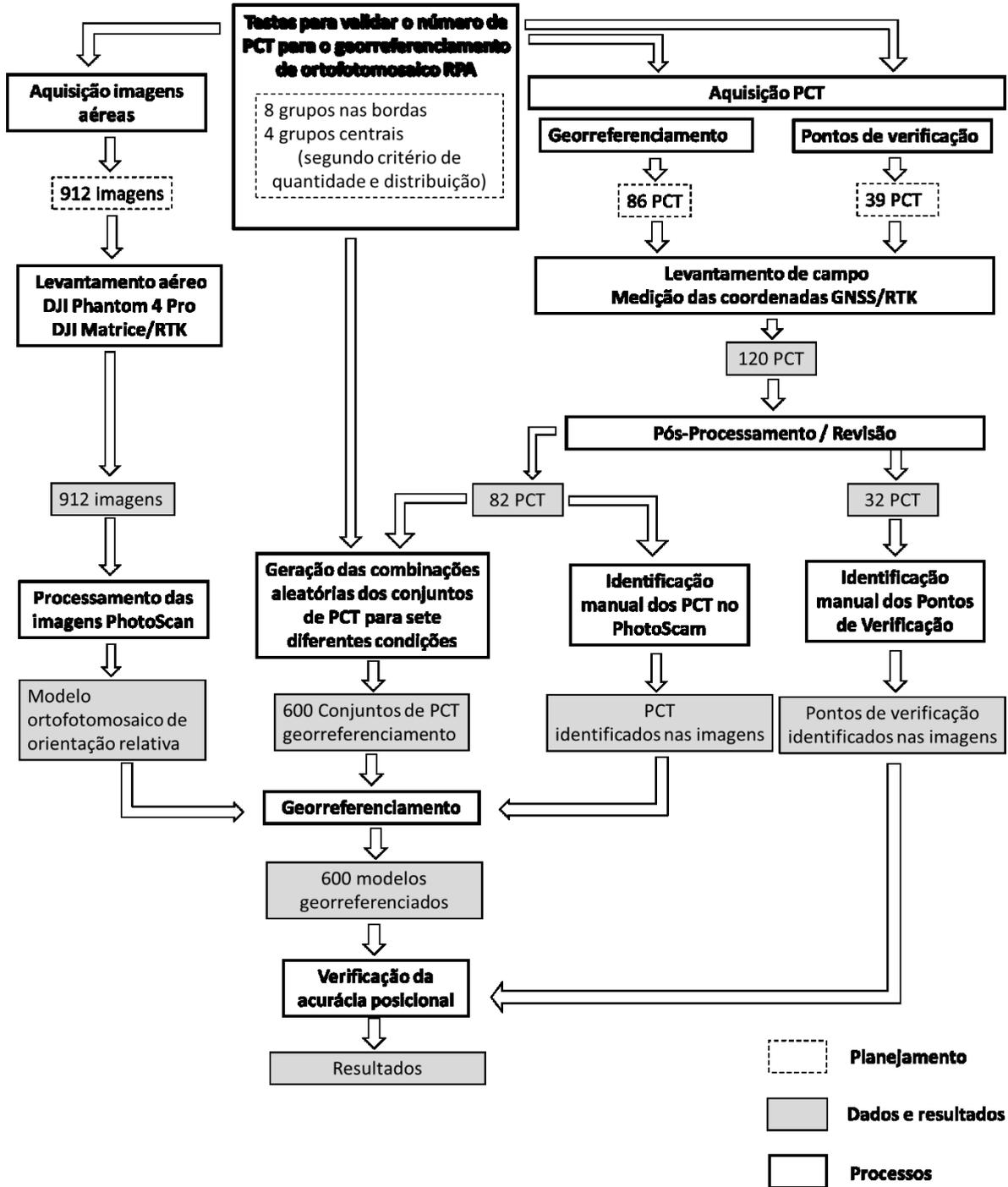
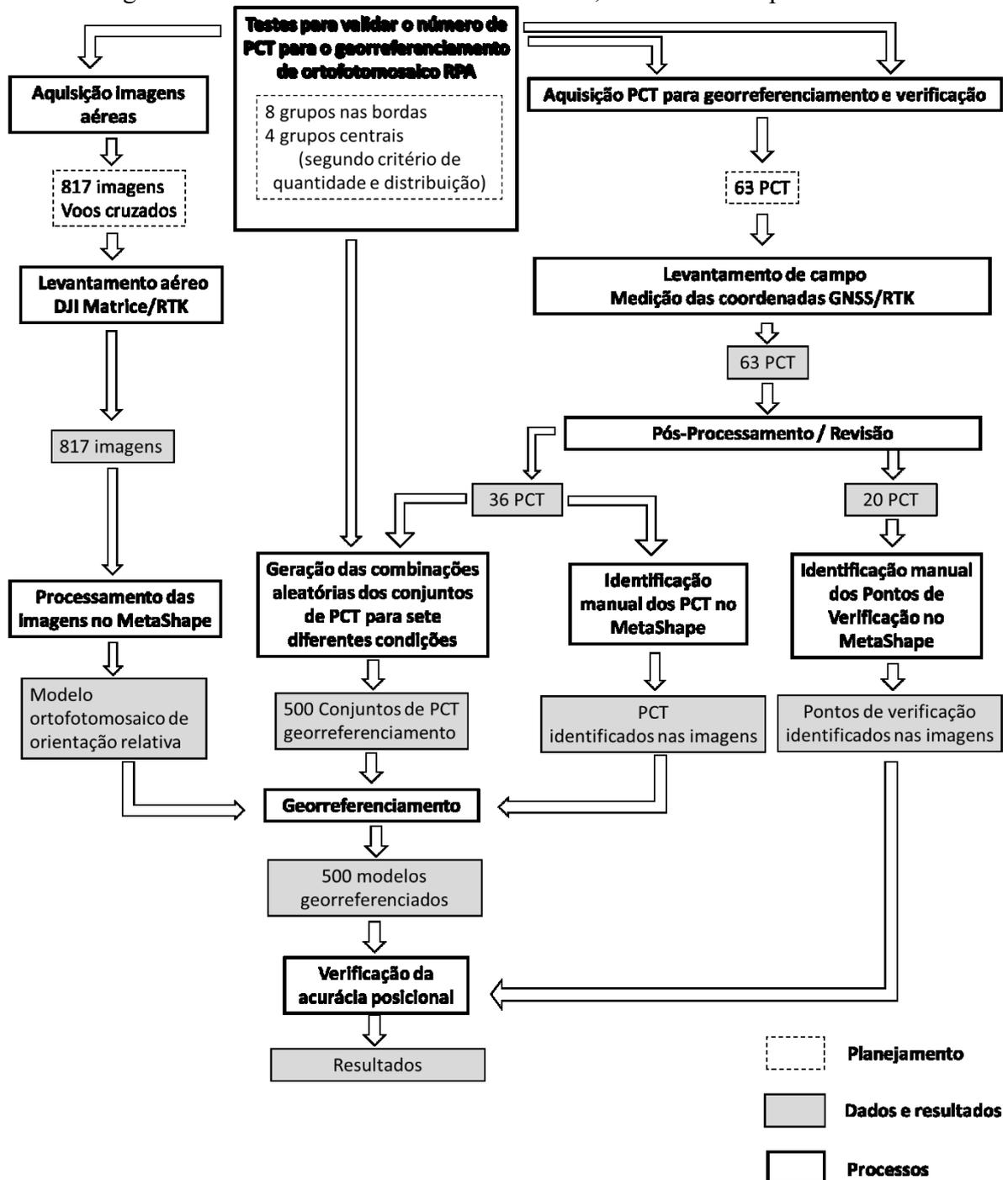


Figura 47 – Esquema de metodologia para o estudo da quantidade de PCT de georreferenciamento da área levantada de 0,24 km² no Campus da UFSC



6.2 RESULTADOS

Neste item são apresentados os resultados referentes aos levantamentos de campo, georreferenciamento e avaliação da qualidade dos modelos ortofotomosaico

6.2.1 Área de 2,8 km², bairro Comasa Joinville

Trata-se do primeiro projeto de produção de modelo ortofotomosaico com a finalidade de produzir informações em nível de cadastro imobiliário.

6.2.1.1 Levantamento de Campo

Uma primeira experiência ocorreu no dia 16 de junho de 2017, quando se procedeu com a equipe da empresa de levantamento topográfico a implantação dos PCT que foram materializados mediante a demarcação em forma de cruz no solo com giz e a utilização de feições existentes, tal trabalho se realizou por todo o dia. Assim, o levantamento aéreo deveria ser realizado no dia seguinte. Contudo, não houve a possibilidade de dar continuidade ao levantamento devido às condições climáticas de chuva, o que também ocasionou o desaparecimento das demarcações dos PCT materializados com giz.

Realizou-se o novo levantamento de campo nos dias 27 e 28 de junho de 2017. No dia 27, os PCT foram materializados, desta vez em tinta branca e se iniciou o levantamento aéreo. As linhas de voo foram estabelecidas pelo plano de voo através do *software Dronedeploy* no sentido oeste-leste obedecendo às condições de vento para maior autonomia e segurança dos voos. Com a altura do voo estabelecida em 120 metros e sobreposição das imagens de 80% longitudinal e 60% lateral. O tempo total do plano de voo foi aproximadamente 75 minutos, a serem divididos em cinco voos visando maior segurança, necessitando de tempo extra para a recarga das baterias, uma vez que se dispunha de duas unidades. Às 11 horas da manhã se iniciou o levantamento aéreo, as condições meteorológicas eram de céu encoberto com condição de luminosidade razoável. Constantemente a plataforma aérea perdia contato com o equipamento de controle e a câmera deixava de registrar as fotografias, o que acabou por demandar um maior número de voos e maior consumo de bateria, o que consumiu maior tempo devido a necessidade de recargar as baterias. A partir das 13 horas e 30 minutos o céu não estava mais encoberto, aumentando a luminosidade. Devido as alterações das condições de

luminosidade no decorrer do levantamento, optou-se por realizar outros voos no dia seguinte. Assim, no dia 28 de junho, realizaram-se voos para substituir as imagens captadas no início do dia anterior, quando a condição meteorológica era de céu encoberto e no final da tarde, quando há muita área sombreada devido à inclinação do sol. Neste dia, também foi realizado o levantamento das coordenadas dos PCT com método GNSS/RTK convencional.

6.2.1.2 Geoprocessamento das imagens RPA

Foram utilizadas 2.014 fotos no processamento do modelo ortofotomosaico com o uso do software *Agisoft PhotoScan*TM. O GSD resultante foi de 0,03 m que foi o valor limite mais baixo que o *Agisoft PhotoScan*TM permitiu para realizar o processamento das imagens.

6.2.1.3 Qualidade posicional planimétrica dos modelos ortofotomosaicos RPA

Os valores dos EMQh para os modelos ortofotomosaicos georreferenciados com 47 PCT e com 20 PCT resultaram em 0,144 m e 0,142 m respectivamente. A Tabela 8 apresenta os valores dos vetores de deslocamento dos PCT de verificação.

Tabela 8 - Valores dos vetores de deslocamento dos pontos de verificação para os modelos ortofotomosaicos georreferenciados com 47 PCT e 20 PCT e os respectivos EMQ para a área de 2,8 km², bairro Comasa, Joinville

Pontos de verificação	Vetores de deslocamento / RMSE	
	Georreferenciamento com 20 PCT	Georreferenciamento com 47 PCT
	comprimento (m)	comprimento(m)
Pto00	0,118878188	0,181683729
Pto03	0,116825	0,095441789
Pto04	0,129984009	0,104269567
Pto06	0,109009929	0,114144862
Pto08	0,085660072	0,083275528
Pto31	0,095458119	0,092534645
Pto41	0,077458212	0,066950676
Pto46	0,055924214	0,05459539
Pto56	0,055965198	0,046045088
Pto59	0,060032195	0,053116388
Pto02	0,356140869	0,361298828
Pto03	0,276954529	0,277837635
Pto06	0,198366609	0,200507213

Pto08	0,194154241	0,190976768
Pto11	0,07971364	0,080260195
Pto14	0,024693408	0,024829285
Pto15	0,054585242	0,053938139
Pto17	0,006326748	0,004197014
Pto22	0,146424406	0,153370086
PtoA12	0,067288363	0,077138628
	EMQ =	EMQ =
	0,142374333778524	0,144531151267215

6.2.2 Área de 1,0 Km², bairro Comasa, Joinville

Trata-se do segundo projeto de produção de modelo ortofotomosaico com a finalidade de produzir informações em nível de cadastro imobiliário, no qual se reduziu a área levantada, visto que não se atingiu a qualidade posicional exigida para o nível cadastral na etapa anterior.

6.2.2.1 Levantamento RPA

O levantamento aéreo com o Phantom 4 Pro foi realizado no dia 23 de março de 2018. Foram planejados 3 planos de voo mediante o software Dronedeploy para o recobrimento da área equivalente a 1 km². O levantamento foi realizado na maior parte do tempo em céu aberto e com velocidade de vento variando entre 12 m/s a 9 m/s.

6.2.2.2 Geoprocessamento das imagens RPA

Foram utilizadas 614 fotos no processamento do modelo ortofotomosaico com o uso do software *Agisoft PhotoScan*TM. O GSD resultante foi de 0,01 m.

6.2.2.3 Qualidade posicional planimétrica dos modelos ortofotomosaicos RPA

Os valores dos EMQh calculados para os modelos georreferenciados com 30, 20, 16 e 12 PCT foram de: 0,025 m, 0,023 m, 0,025 m e 0,026 m, para o conjunto de 20 PCT de verificação conforme os padrões de avaliação para acurácia posicional norte-americanos (ASPRS Positional Accuracy Standards for Digital Geospatial Data, 2015) respectivamente, e; 0,024 m, 0,024 m, 0,025 m e 0,025m, para o conjunto de 29 PCT de verificação segundo ISO

2859-2 (1985) adotado por ET-CQDG (DGE,2016), respectivamente. A Tabela 9 apresenta os valores dos vetores de deslocamento dos 20 PCT de verificação para os ortofotomosaicos georreferenciados com 30, 20, 15 e 12 PCT e a Tabela 10 os valores dos vetores de deslocamento dos 29 PCT de verificação. O apresenta as curvas para os valores encontrados, em ambos métodos de verificação o modelo ortofotomosaico georreferenciado com 20 PCT foi o que apresentou melhor resultado.

Tabela 9 - Valores dos vetores de deslocamento horizontais dos PCT de verificação (20 PCT – ASPRS) para os modelos ortofotomosaicos georreferenciados com 30, 20, 16 e 12 PCT e os respectivos EMQh para a área de 1,0 km², bairro Comasa, Joinville

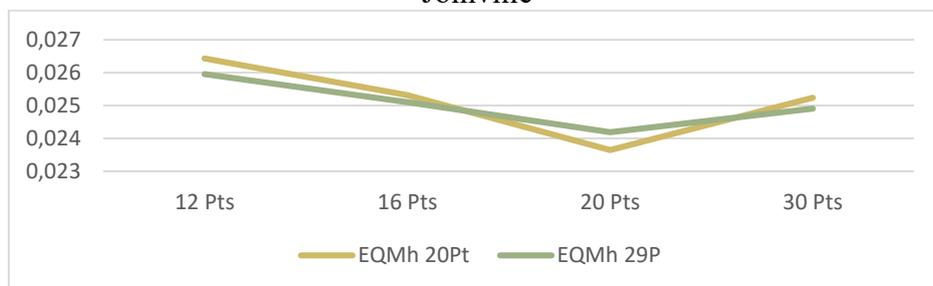
Pontos de verificação	12 PCT Comp. (m)	16 PCT Comp. (m)	20 PCT Comp. (m)	30 PCT Comp. (m)
A02	0,032194514	0,01943627	0,028763517	0,04321238
A06	0,049337788	0,024474251	0,031957639	0,021355372
A10	0,01637984	0,04244845	0,01199136	0,018335119
A12	0,021054087	0,011311281	0,015354777	0,010122754
A16	0,027755978	0,023310382	0,020459981	0,026274728
A17	0,03424967	0,02665702	0,027566263	0,017203544
A19	0,01411938	0,017196871	0,011626303	0,026738672
A21	0,028814891	0,017593932	0,022017203	0,033235925
A26	0,029546732	0,022807026	0,026412243	0,027116955
A28	0,035899568	0,034275774	0,024900571	0,024861634
A29	0,02445309	0,035457032	0,020798419	0,014576263
A31	0,024757547	0,02127598	0,015103927	0,038158683
A35	0,012420796	0,02241442	0,007561376	0,015911461
A39	0,026641381	0,011392912	0,045249603	0,031250968
A43	0,01803719	0,039265664	0,031033408	0,006391203
A47	0,021372505	0,018462645	0,011873542	0,014912157
A49	0,010741945	0,035572666	0,00621178	0,017929653
A52	0,023649131	0,006840364	0,023258822	0,03020147
A53	0,012515254	0,022296776	0,014992546	0,024256755
A55	0,03102619	0,018009577	0,034126881	0,028851902
	EMQh = 0,02642738673	EMQh = 0,02531723038	EMQh = 0,02364604829	EMQh = 0,02523622269

Tabela 10 - Valores dos vetores de deslocamento horizontais dos PCT de verificação (29 PCT – ET-CQDG) para os modelos ortofotomosaicos georreferenciados com 30, 20, 16 e 12 PCT e os respectivos EMQh para a área de 1,0 km², bairro Comasa, Joinville

Pontos de verificação	12 PCT Comp. (m)	16 PCT Comp. (m)	20 PCT Comp. (m)	30 PCT Comp. (m)
0	0,032194514	0,01943627	0,028763517	0,04321238
1	0,049337788	0,024474251	0,031957639	0,021355372

2	0,01637984	0,04244845	0,01199136	0,018335119
3	0,021054087	0,011311281	0,015354777	0,010122754
4	0,027755978	0,023310382	0,020459981	0,026274728
5	0,03424967	0,02665702	0,027566263	0,017203544
6	0,01411938	0,017196871	0,011626303	0,026738672
7	0,028814891	0,017593932	0,022017203	0,033235925
8	0,029546732	0,022807026	0,026412243	0,027116955
9	0,035899568	0,034275774	0,024900571	0,024861634
10	0,02445309	0,035457032	0,020798419	0,014576263
11	0,024757547	0,02127598	0,015103927	0,038158683
12	0,012420796	0,02241442	0,007561376	0,015911461
13	0,026641381	0,011392912	0,045249603	0,031250968
14	0,01803719	0,039265664	0,031033408	0,006391203
15	0,021372505	0,018462645	0,011873542	0,014912157
16	0,010741945	0,035572666	0,00621178	0,017929653
17	0,023649131	0,006840364	0,023258822	0,03020147
18	0,012515254	0,022296776	0,014992546	0,024256755
19	0,03102619	0,018009577	0,034126881	0,028851902
20	0,020099947	0,008150875	0,023027956	0,016310063
21	0,01620655	0,01885075	0,013444136	0,019075441
22	0,009036177	0,034821366	0,025779907	0,019772365
23	0,028883913	0,032216181	0,037930404	0,043563471
24	0,020647934	0,026341127	0,027582296	0,023277055
25	0,042058078	0,011501388	0,019892871	0,013676973
26	0,025166748	0,027864199	0,03209452	0,022074011
27	0,0173788	0,027933522	0,026576106	0,023364177
28	0,029392674	0,019997905	0,009187559	0,023895184
<hr/>				
	EMQh =	EMQh =	EMQh =	EMQh =
	0,02596102167	0,02510267796	0,02419342380	0,02490600200

Gráfico 3 – Curvas dos valores EMQh verificados com 20 e 29 Pontos de verificação para os ortofotomosaicos gerados com 12, 16, 20 e 30 PCT para a área de 1,0 km², bairro Comasa, Joinville



6.2.3 Discussão dos resultados mapeamento bairro Comasa

Com relação ao levantamento de campo constatou-se que para o recobrimento da área de 2,8 km² houve uma série de dificuldades e consumiu dois dias de trabalho.

Como pode ser visto na Tabela 11, no caso de ambas áreas levantadas a diferença do resultado dos EQM para as distintas quantidades de PCT no georreferenciamento dos modelos ortofotomosaicos e para as quantidades de pontos de verificação estipulados pelos métodos apresentados pelas especificações *ASPRS Positional Accuracy Standards for Digital Geospatial Data* (ASPRS, 2015) e a ET-CQDG (DSG, 2016) de avaliação foi na casa dos milímetros. O que significa que tanto a redução da quantidade dos PCT para o georreferenciamento e dos pontos de verificação até as quantidades testadas neste trabalho é aplicável e significativa, uma vez que o levantamento de campo consome tempo de trabalho e custo.

Tabela 11 – Resultados dos EMQ dos ortofotomosaicos a partir do levantamento do bairro Comasa com o Phantom4Pro

Área levantada (km ²)	Qtd PCT utilizados no georreferenciamento do ortofotomosaico	EMQh (metros) (20 Pontos - ASPRS)	EMQh (metros) (29 Pontos ET-CQDG/ISO 2859)
2,8	47	0,144	-----
	20	0,142	-----
1,0	30	0,025	0,024
	20	0,023	0,024
	16	0,025	0,025
	12	0,025	0,025

Com relação aos modelos ortofotomosaicos gerados com 47 e 20 PCT referente à área levantada de 2,8 km², os valores dos EMQ 0,144 m e 0,142 m, respectivamente, representam um produto com padrão cartográfico digital equivalente a 0,23 m (a uma probabilidade de 90%) e contemplam o estabelecido pela PEC (PCD) para escala 1/1.000 dentro da classe A. Contudo, não contemplam o erro posicional máximo de 0,08 m estabelecido pelo decreto 9.310 de 15 de março de 2018. Ou seja, o produto gerado serve para gerar informação espacial de apoio à gestão e planejamento urbano, contudo não é suficiente para atender a necessidade de acurácia posicional para a planta cadastral física compatível ao valor de erro máximo admissível estabelecido pelo decreto em concordância com o código civil.

Já os valores encontrados nos cálculos dos EMQh para os modelos ortofotomosaicos referente a área de 1,0 km² georreferenciados com as quantidades de PCT variando entre 30 e

12 pontos foram entre 0,024 m e 0,026 m verificados com 20 e com 29 PCT segundo as respectivas especificações *ASPRS Positional Accuracy Standards for Digital Geospatial Data* (ASPRS, 2015) e a ET-CQDG que aplica a ISO 2859-2. O que representam produtos de qualidade PEC (PCD) equivalente a 0,04 m (a 90% de probabilidade). Assim sendo, contemplam a acurácia posicional necessária para o georreferenciamento da ocupação do solo urbano em nível de registro imobiliário que tolera um erro posicional máximo de 0,08 m estabelecido pelo Código Civil e pelo decreto 9.310 de 15 de março de 2018. Com relação a quantidade de pontos de verificação estabelecidas em cada método de amostragem também se verifica que não houve uma alteração significativa.

Aplicando-se a tabela de acurácia horizontal da ASPRS (2015), conforme demonstrado na Tabela 12, tem-se que: para o levantamento feito com o Phantom4Pro da área de 2,8 km², a classe de acurácia planimétrica é equivalente a 20 cm (19,79 cm) sendo o nível de confiança a 95% menor ou igual a 50 cm (48,44) e corresponde a um produto cartográfico em escala 1:600 classe 2; para o levantamento feito com o Phantom4Pro da área de 1,0 km² a classe de acurácia planimétrica é equivalente a 3,25 cm, sendo o nível de confiança a 95% menor ou igual a 08 cm (7,95) e corresponde a um produto cartográfico em escala 1:100 classe 1. As

Figura 48

Figura 49 apresentam os modelos ortofotomosaicos gerados para os levantamentos com o Phantom4Pro para as áreas de 2,8 km e 1,0 km respectivamente.

Tabela 12 – Aplicação da tabela de acurácia horizontal da ASPRS (2015) ortofotomosaicos a partir do levantamento do bairro Comasa com o Phantom4Pro

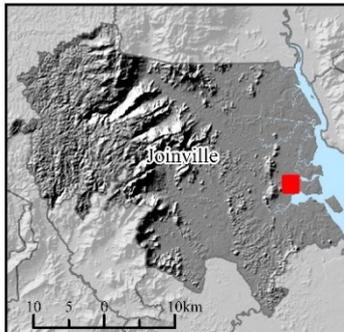
Equipamento e área levantada	Classe de acurácia planimétrica	EMQh (cm)	Acurácia planimétrica Nível de confiança de 95%
Phantom4 Pro 2,8 km ²	X=19,79 cm	$X \leq 1.414 * 14(19,79)$	$\leq 2.448 * 19,79 (48,44)$
Phantom4 Pro 1 km ²	X=3,25 cm	$X \leq 1.414 * 2,3(3,25)$	$\leq 2.448 * 3,25 (7,95)$

Figura 48 – Ortofotomosaico Phantom4Pro georreferenciado – área de cobertura de 2,8 km², bairro Comasa, Joinville.



ORTOFOTOMOSAICO BAIRRO COMASA, JOINVILLE-SC
 ÁREA DE 2,8 km²

Localização do bairro em Joinville-SC



Referências cartográficas
 Projeção Universal Transversa de Mercator (UTM)
 Origem da coordenada UTM: Equador e Meridiano Central, 51°W Gr., Fuso 22, Hemisfério Sul.
 Sistema de referência SIRGAS2000
 Voo realizado em 7 de junho de 2017
 GSD 0,03m
 Compatível com a escala 1:400 classe 2 ou 1:600 classe 1 ASPRS

Apoio no levantamento de campo
 Terrascan Engenharia; Arthur Berbert
 Ricardo A. Eger, Vinicius Neto Garcia
 Leticia Pinto da Silva, Kauê W. Pacheco

Projeto de tese de doutorado
 Mariana de Sá Rodrigues da Silva

Orientação
 Prof. Dr. Carlos Loch

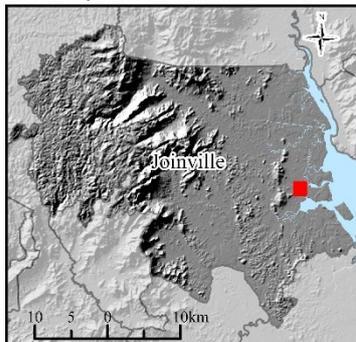
Apoio no processamento
 Ricardo Augusto Eger
 Vinicius Neto Garcia



Figura 49 - Ortofotomosaico Phantom4Pro georreferenciado – área de cobertura de 1,0 km², bairro Comasa, Joinville.



Localização do bairro em Joinville-SC



ORTOFOTOMOSAICO BAIRRO COMASA, JOINVILLE-SC ÁREA DE 1,0 km²

Referências cartográficas

Projeção Universal Transversa de Mercator (UTM)
Origem da coordenada UTM: Equador e Meridiano
Central, 51°W Gr., Fuso 22, Hemisfério Sul.
Sistema de referência SIRGAS2000

Voo realizado em 23 de março de 2018
GSD 0,01m
Compatível com a escala 1:100 Classe 1 ASPRS

Apoio no levantamento de campo
Terrascan Engenharia
Ricardo A. Eger

Projeto de tese de doutorado
Mariana de Sá Rodrigues da Silva

Orientação
Prof. Dr. Carlos Loch

Apoio no processamento
Ricardo Augusto Eger
Vinicius Neto Garcia



6.2.4 Phantom4Pro – Mapeamento UFSC, área de 1,0 Km²

Apesar de se ter realizado o levantamento aéreo com os equipamentos Phantom4Pro e Matrice210RTK, somente se procedeu os estudos com as imagens Phantom4Pro, visto que as imagens do Matrice apresentaram problemas.

O levantamento aéreo com o Phantom 4 Pro foi realizado no dia 01 de março de 2019, com condições climáticas de céu aberto e vento fraco. O levantamento foi realizado durante o período das 12h00 às 15h00.

Foram processadas 912 fotos para a execução do modelo ortofotomosaico de orientação relativa com GSD de 0,01 m através do software *Agisoft PhotoScan*TM.

O georreferenciamento automatizado resultou em 100 modelos para cada quantidade de PCT de georreferenciamento testadas, resultando em 600 modelos.

6.2.4.1 Verificação da qualidade posicional dos modelos ortofotomosaicos RPA

Os valores dos EMQh, EMQx, EMQy e EMQz encontrados para os modelos georreferenciados com 08, 12, 16, 20, 24, 32 PCT utilizando 20 PCT de verificação conforme os padrões de avaliação para acurácia posicional norte-americanos (ASPRS Positional Accuracy Standards for Digital Geospatial Data, 2015) e 29 PCT de verificação segundo a ISO 2859-2 (1985) e adotada pela ET-CQDG (DSG, 2016) foram: entre 0,04 m e 0,02 m na planimetria, nos dois métodos de verificação, apresentando maior deslocamento no eixo y, e; entre 0,55 m e 0,30 m na altimetria, sendo que, a verificação utilizando 20 pontos de verificação resultou em valores de EMQ maiores (em média 0,1 m a cima). Os valores médios encontrados para cada quantidade de PCT utilizados no georreferenciamento do ortofotomosaico estão apresentados na Tabela 13 e ilustrado no Gráfico 4 e Gráfico 5.

Tabela 13 – Valores médios do EMQh, EMQx, EMQy e EMQz para 20 e 32 Pontos de Verificação para os ortofotomosaicos a partir do levantamento área de 1,0 km² da UFSC

20 Pontos de Verificação	32 Pontos de Verificação
--------------------------	--------------------------

	EQMh	EQMx	EQMy	EQMz	EQMh	EQMx	EQMy	EQMz
08 PCT	0,042681	0,022839	0,035918	0,530343	0,044985	0,02162711	0,039322	0,306403
12 PCT	0,038853	0,020628	0,032753	0,420911	0,038853	0,02062801	0,032753	0,393401
16 PCT	0,036293	0,019191	0,030709	0,489149	0,036293	0,01919103	0,030709	0,335922
20 PCT	0,038054	0,020768	0,031829	0,432087	0,039878	0,01976242	0,034591	0,340191
24 PCT	0,038212	0,019122	0,033037	0,387422	0,038212	0,0191222	0,033037	0,401122
32 PCT	0,03758	0,020396	0,031532	0,411094	0,039379	0,01936723	0,034263	0,353697

Gráfico 4 – Valores médios EMQh, EMQx e EMQy para as verificações feitas com 20 e 32 Pontos de Verificação para os ortofotomosaicos a partir do levantamento área de 1,0 km² da UFSC.

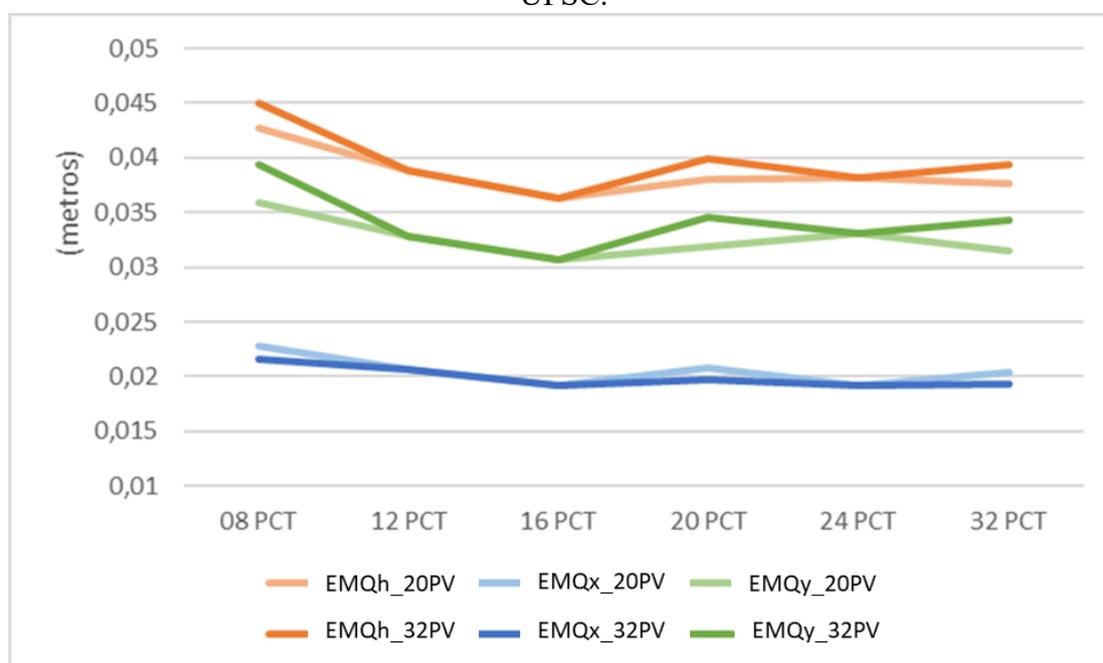
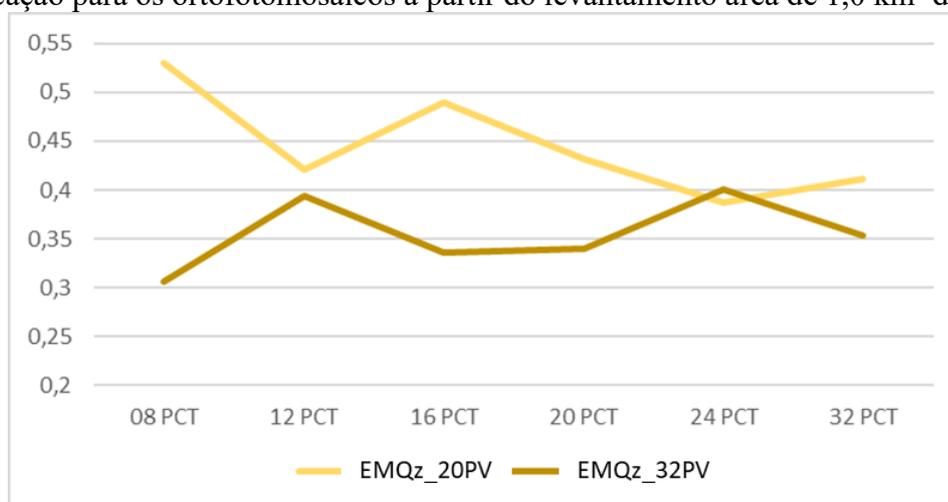


Gráfico 5 – Valores médios do EMQz para as verificações feitas com 20 e 32 Pontos de Verificação para os ortofotomosaicos a partir do levantamento área de 1,0 km² da UFSC.



6.2.5 Matrice210RTK – Levantamento UFSC, área de 0,24 Km² junho 2019

O levantamento aéreo com o Matrice210RTK foi realizado no dia 08 de junho de 2019, com condições climáticas de céu aberto e vento fraco. O levantamento foi realizado durante o período das 10h30 às 14h00.

Foram processadas 817 fotos para a execução do modelo ortofotomosaico de orientação relativa com GSD de 0,01 m através do software *Agisoft PhotoScan™*, neste modelo se trabalhou com faixas cruzadas, ou seja, o dobro de imagens recobrando a área.

O georreferenciamento automatizado resultou em 100 modelos para cada quantidade de PCT de georreferenciamento testadas, resultando em 500 modelos.

6.2.5.1 Verificação da qualidade posicional dos modelos ortofotomosaicos RPA

Os valores dos EQMh, EQMx, EQMy e EQMz encontrados para os modelos georreferenciados com 09, 13, 14, 18 e 23 PCT utilizando 20 PCT de verificação conforme os padrões de avaliação para acurácia posicional norte-americanos (ASPRS Positional Accuracy Standards for Digital Geospatial Data, 2015) e que, neste caso, em função da área levantada, coincide com a quantidade da ISO 2859-2 (1985), adotada pela ET-CQDG (DSG, 2016) foram: entre 0,35 m e 0,36m na planimetria, e; entre 1,05 m e 5,20 m na altimetria. Os valores encontrados estão apresentados na Tabela 14 e ilustrado no Gráfico 6 e no Gráfico 7.

Tabela 14 – Valores médios EMQh, EMQx, EMQy e EMQz para os ortofotomosaicos a partir do levantamento área de 0,24 km² da UFSC

	EMQh	EMQx	EMQy	EMQz
09 PCT	0,365506	0,240034	0,271488	1,112576
13 PCT	0,361337	0,237813	0,270426	1,057918
14 PCT	0,354285	0,246965	0,252572	1,190271
18 PCT	0,353379	0,245789	0,253166	1,134835
23 PCT	0,349879	0,243639	0,25081	5,203176

Gráfico 6 - Valores médios EMQh, EMQx e EMQy para os ortofotomosaicos a partir do levantamento área de 0,24 km² da UFSC

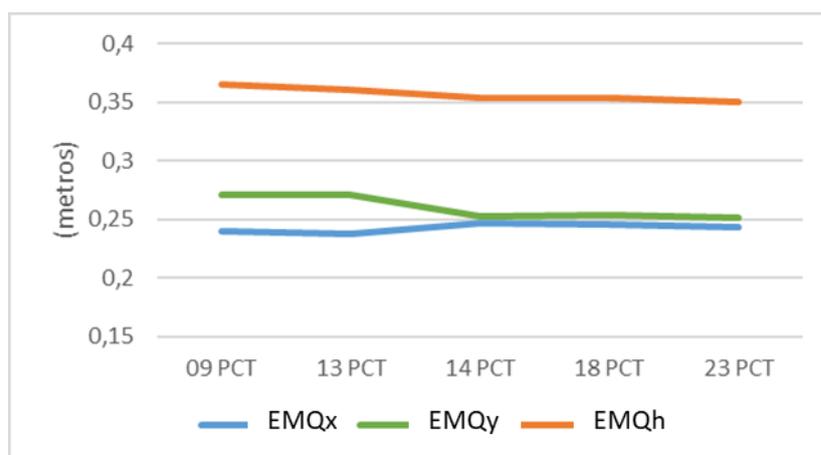
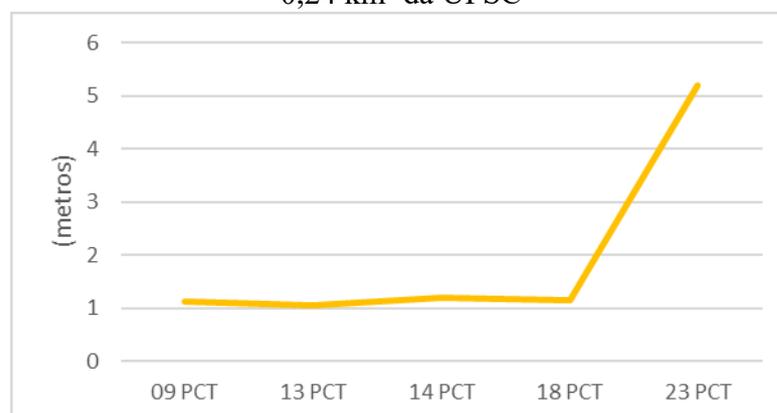


Gráfico 7 - Valores médios EMQz para os ortofotomosaicos a partir do levantamento área de 0,24 km² da UFSC

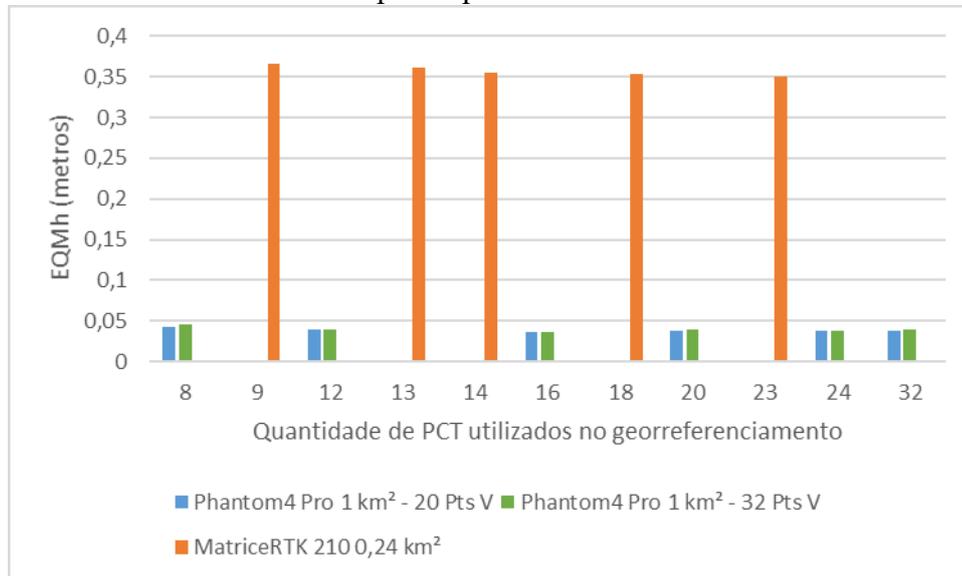


6.2.6 Discussão dos resultados mapeamento campus UFSC, Trindade

Com relação à metodologia de avaliação da qualidade posicional do ortofotomosaico gerado a partir de dados RPA percebe-se que entre os métodos de amostragem adotados não houve diferenças consideráveis, portanto, se julga pertinente utilizar 20 PCT para a verificação da acurácia posicional visto que o trabalho de campo de materialização e medição das coordenadas é dispendioso.

Com relação à acurácia posicional dos ortofotomosaicos georreferenciados com as diversas quantidades de PCT, percebe-se que os modelos gerados a partir dos dados do Phantom4Pro obtiveram resultado relativos aos erros na ordem dos centímetros (EQM de 0,036 m, utilizando 16 PCT para o georreferenciamento). Já os modelos gerados a partir dos dados do Matrice210RTK com Câmera Zenmuse5XS obtiveram resultado na ordem dos decímetros (EQM de 0,35 m) conforme pode ser observado no Gráfico 8.

Gráfico 8 – Valores dos EMQ por equipamentos RPA, área levantada e método de avaliação para a planimetria



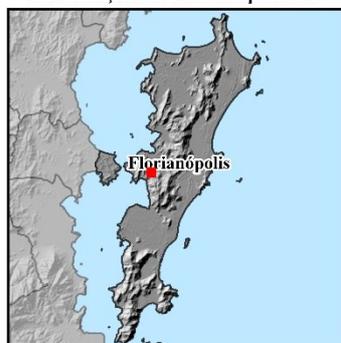
Com relação aos ortofotomosaicos georreferenciados com 20 PCT referente à área levantada de 1,0 km² com o Phantom4Pro, o valor do EMQ encontrado de 0,038 m contempla o estabelecido pela PEC (PCD) para escala 1/1.000 dentro da classe A conforme a ET-CQDG e o padrão de exatidão cartográfica a 90% de probabilidade equivalente a 0,06 m, ou seja atende o erro posicional máximo de 0,08 m estabelecido pelo decreto 9.310 de 15 de março de 2018. O ortofotomosaico se apresenta na Figura 50

Com relação ao levantamento realizado com o Matrice210RTK para a área de 1,0 km², supõe-se que o erro ocorrido relativo ao desfoque em faixa intercaladas esteja relacionado ao conector de fixação do sensor que se constatou problema de encaixe da câmera, isso possa ter ocasionado algum deslocamento em função da resistência com o ar devido ao sentido da movimentação do ar. A Figura 51 destaca este problema ocorrido.

Figura 50 - Ortofotomosaico Phantom4Pro georreferenciado – área de cobertura de 1,0 km², campus UFSC, Trindade, Florianópolis.



Localização em Florianópolis-SC



ORTOFOTOMOSAICO UFSC - PHANTOM 4 PRO

Referências cartográficas
 Projeção Universal Transversa de Mercator (UTM)
 Origem da coordenada UTM: Equador e Meridiano Central, 51°W Gr., Fuso 22, Hemisfério Sul.
 Sistema de referência SIRGAS2000

Voo realizado em 01 de março de 2018
 GSD 0,01m
 Compatível com a escala 1:100 classe 2 ASPRS

Apoio no levantamento de campo
 Ricardo Augusto Eger; Vinícius Neto Garcia;
 Arthur Berbert; Guilherme Volkan W. Pereira;
 Gabriel P. Nascimento Rosolem

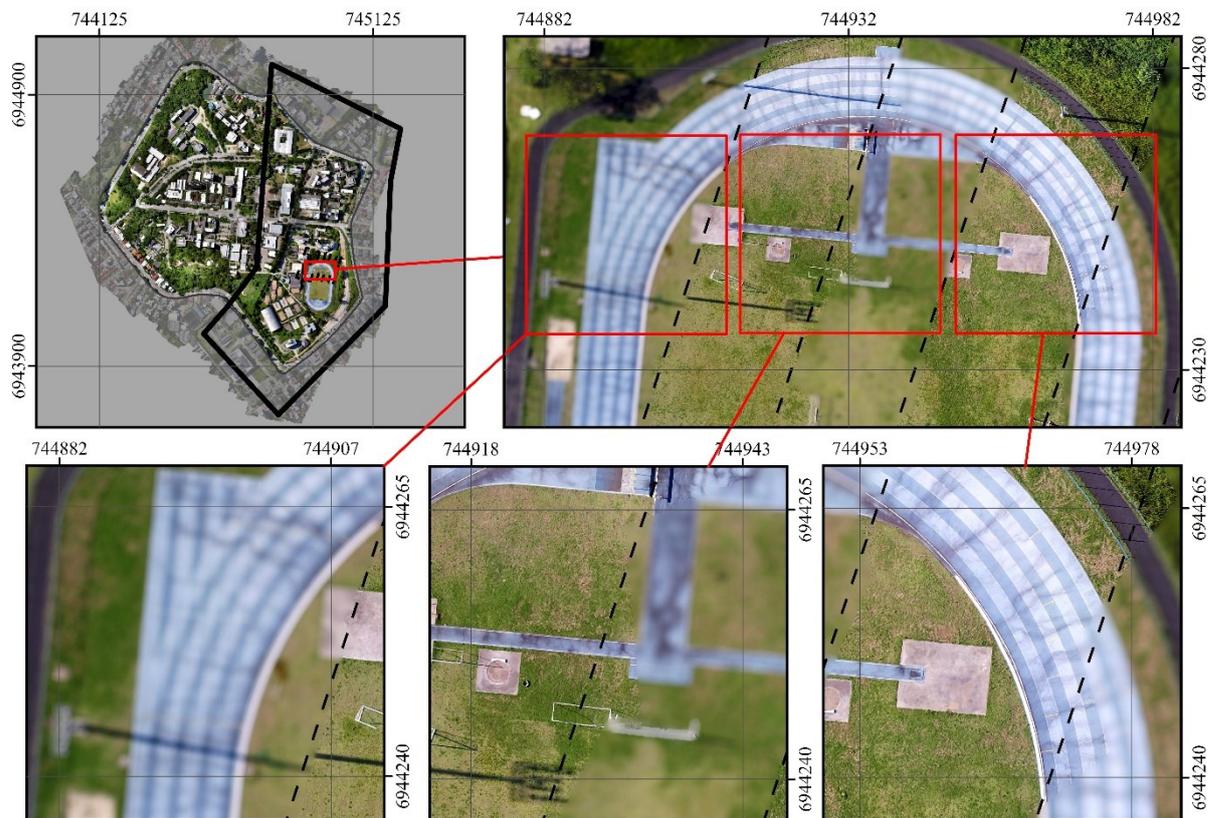
Projeto de tese de doutorado
 Mariana de Sá Rodrigues da Silva

Orientação
 Prof. Dr. Carlos Loch

Apoio no processamento
 Ricardo Augusto Eger
 Vinícius Neto Garcia

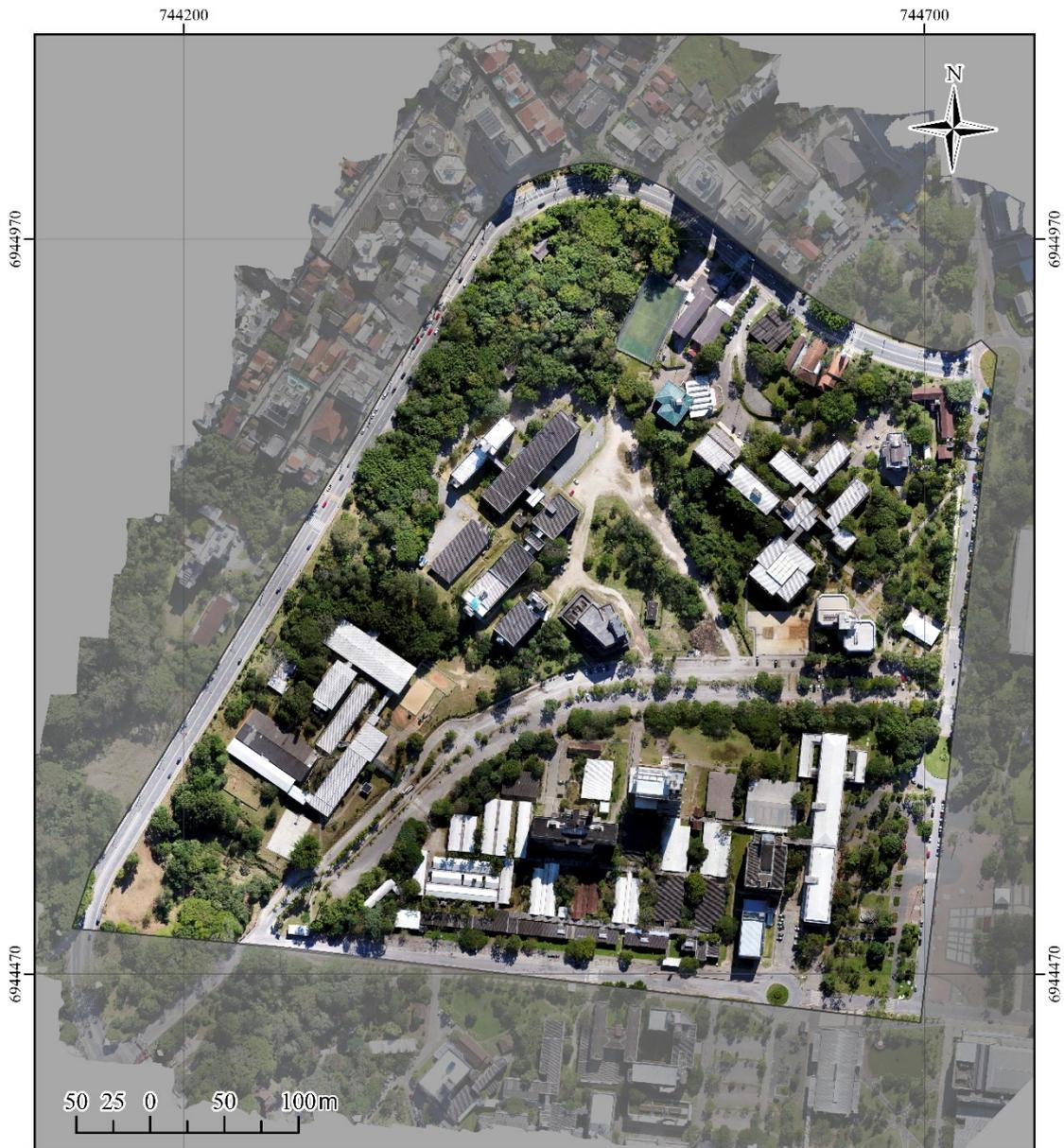


Figura 51 - Ortofotomosaico Matrice210RTK com problema nas imagens – área de cobertura de 1,0 km², campus UFSC, Trindade, Florianópolis

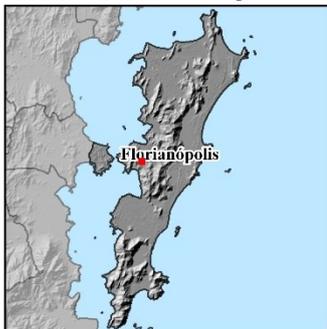


Com relação aos ortofotomosaicos georreferenciados com 18 PCT referente à área levantada de 0,24 km² com o Matrice-210, o valor do EMQ de 0,35 m contempla o estabelecido pela PEC (PCD) para escala 1/1.000 dentro da classe B conforme a ET-CQDG e o padrão de exatidão cartográfica a 90% de probabilidade equivalente a 0,57 m, ou seja não atende o erro posicional máximo de 0,08 m estabelecido pelo decreto 9.310 de 15 de março de 2018. Aplicando-se a tabela de acurácia horizontal da ASPRS (2015), conforme demonstrado na Tabela 15 Tabela 12 tem-se que: para o levantamento feito com o Phantom4Pro da área de 1,0 km², a classe de acurácia planimétrica é equivalente a 4,5cm sendo o nível de confiança a 95% menor ou igual a 11 cm e corresponde a um produto cartográfico em escala 1:100 classe 2; para o levantamento feito com o Matrice-210 da área de 0,24 km² a classe de acurácia planimétrica é equivalente a 25 cm, sendo o nível de confiança a 95% menor ou igual a 61,2 cm e corresponde a um produto cartográfico em escala 1:400 classe 3. A Figura 52 apresenta o ortofotomosaico gerado pelo levantamento realizado com o Matrice-210-RTK para a área de 0,24 km².

Figura 52 - Ortofotomosaico Matrice210RTK georreferenciado – área de cobertura de 0,24 km², campus UFSC, Trindade, Florianópolis.



Localização em Florianópolis-SC



ORTOFOTOMOSAICO UFSC - MATRICE 210 RTK
 ÁREA DE 0,24 km²

Referências cartográficas
 Projeção Universal Transversa de Mercator (UTM)
 Origem da coordenada UTM: Equador e Meridiano
 Central, 51°W Gr., Fuso 22, Hemisfério Sul.
 Sistema de referência SIRGAS2000

Voo realizado em 08 de junho de 2019
 GSD 0,01m
 Compatível com a escala 1:600 classe 2 ASPRS

Apoio no levantamento de campo
 Ricardo Augusto Eger
 Luis Henrique Tieg

Projeto de tese de doutorado
 Mariana de Sá Rodrigues da Silva

Orientação
 Prof. Dr. Carlos Loch

Apoio no processamento
 Ricardo Augusto Eger
 Luis Henrique Tieg



Tabela 15 – Aplicação da tabela de acurácia horizontal da ASPRS (2015)

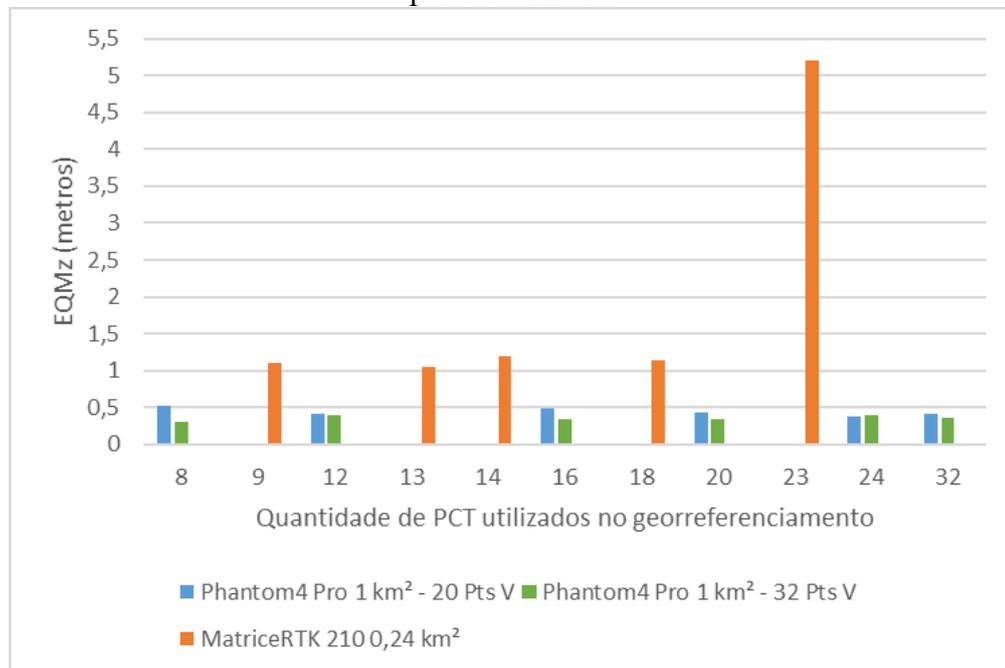
	Classe de acurácia planimétrica	Absolute Accuracy		
		EMQx and EMQy (cm)	EMQh (cm)	Acurácia planimétrica Nível de confiança de 95%
Phantom4 Pro 1 km ² - 20 Pts V	4,5 cm	3,2	$\leq 1.414 * 3,2(4,5)$	$\leq 2.448 * 4,5(11)$
Matrice210 0,24 km ² - 20Pts V	25 cm	25	$\leq 1.414 * 25(35,5)$	$\leq 2.448 * 25(61,2)$

- Adotaram-se os resultados para o modelo georreferenciado com 20 e 18 PCT respectivamente

Com relação à acurácia em termos altimétricos, os modelos gerados a partir dos dados do Phantom4Pro obtiveram resultado relativos aos erros na ordem dos decímetros (EMQ de 33 cm, utilizando 16 PCT para o georreferenciamento). Já os modelos gerados a partir dos dados do Matrice210 com Câmera Zenmuse5XS obtiveram resultado na ordem de metros (EMQ de 1,06 m) conforme pode ser observado no

Gráfico 9.

Gráfico 9 - Valores dos EMQ por equipamentos RPA, área levantada e método de avaliação para a altimetria



Com relação a quantidade de PCT para o georreferenciamento, observa-se que não houve diferença considerável entre as quantidades de 08 a 32 PCT para o georreferenciamento,

com exceção ao uso de maior quantidade de PCT para o georreferenciamento altimétrico, de um EMQ aproximados a 01 m com uso de 9, 13, 16 e 20 PCT, passou para 05 m com uso de 23 PCT.

7 APLICAÇÃO DE IMAGENS AÉREAS NO CONTROLE DOS REQUISITOS URBANÍSTICOS PARA A OCUPAÇÃO DO SOLO

Trata-se de apresentar a aplicação dos produtos cartográficos gerados nas etapas anteriores da pesquisa (série histórica, imagem satélite VHR e ortofotomosaico RPA) para o bairro Comasa, Joinville, a fim de se obter informações sobre a ocupação quanto aos índices urbanísticos e sua concordância à lei municipal de ordenamento territorial vigente. Os atuais índices urbanísticos de Joinville estão dispostos no anexo VII da Lei Complementar nº 470, de 09 de janeiro de 2017 (apresentados neste trabalho no anexo II) e assim servir como ferramenta para a regularização fundiária, atualização cadastral e aplicação do Termo de Compromisso e Ajustamento de Conduta - TAC estabelecido pela Lei Complementar nº 502, de 30 de maio de 2018, Joinville.

7.1 METODOLOGIA

Identificou-se alterações na ocupação do solo no período entre as imagens de 2017 (levantamento RPA realizado pela pesquisa) e de 2007 (aerolevantamento convencional executado pela empresa Aeroimagem). Para tal se utilizou o ambiente SIG ArcGIS mediante sobreposição da planta cadastral do município disponibilizada na internet pelo SIMGeo da prefeitura de Joinville e da imagem aérea de 2007 sobre o ortofotomosaico do bairro Comasa gerado a partir das imagens Phantom conforme apresentado Figura 53. Selecionaram-se três exemplos representativos de alteração nos padrões de ocupação cujas localizações constam na Figura 54.

Realizou-se a análise histórica no contexto da ocupação do bairro série histórica interpretada anteriormente no capítulo 4 para se conhecer o histórico das ocupações. Procedeu-se com a interpretação visual e vetorização dos limites lotes, edificações, áreas permeáveis. Nesta etapa se utilizou o auxílio da ferramenta *StreetView* do *GoogleEarth* para confirmar existência de beiras ou elementos de definição de limites das ocupações.

A partir dos *shapes* definidos, obteve-se as medidas de distância e áreas para se calcular os valores dos requisitos urbanístico: coeficiente de aproveitamento, quota de adensamento, gabarito, taxa de ocupação, recuo frontal, afastamentos laterais e fundos e taxa de permeabilidade

Figura 53 – Procedimento de sobreposição de imagens aéreas de diferentes datas para averificação de alteração da ocupação do solo em ambiente SIG



Figura 54 – Localização lotes amostrais que apresentam alteração representativa da ocupação entre o período de 2007 e 2017.



Verificou-se a conformidade das medições realizadas com os valores exigidos pela Lei Complementar nº 470/2017 que de acordo com o zoneamento do bairro que compreende as zonas: Área Urbana de Adensamento Secundário – AUAS, setor de adensamento SA-03; Área Urbana de Adensamento Controlado - AUAC, setor de adensamento SA-04; e, Área Urbana de Preservação Ambiental, AUPA, setor especial SE-05. Os índices urbanísticos permitidos para a ocupação do solo na área de estudo conforme o zoneamento da área se encontram dispostos na Tabela 16

Tabela 16 – Requisitos urbanísticos para a ocupação do solo para o zoneamento do bairro Comasa conforme Lei Complementar nº 470/2017

	AUAS/SA-03	AUAC/SA-04	AUPA/SE-05	ARPA
Coefficiente de aproveitamento do lote (CAL)	2	1,5	0,1	não edificante
Quota de adensamento - fração mínima do lote por unidade autônoma (m ²)	50m ²	50m ²	não se aplica	não se aplica
Gabarito máximo (m)	15m	9m	9m	não se aplica
Taxa de ocupação (%)	60%	60%	10%	5%
Embasamento (%)	70%	70%	não se aplica	não se aplica
Recuo frontal (m)	Deverá ser livre de construção e deverá garantir uma distância mínima de cinco metros entre a linha frontal do imóvel e o alinhamento predial, e respeitar o ângulo máximo de 76° em relação ao eixo da via existente sendo permitido o escalonamento do recuo frontal.			10m
Afastamentos laterais e de fundos	Deverão ser livre livres de construção e não poderão ser inferiores a um sexto da altura da edificação H/6, acrescidas de 0,5m, garantida uma distância mínima de 1,50m, sendo aplicados a partir da base da edificação.			5m
Taxa de permeabilidade	20%	20%	20%	80%

- Fica facultado a construção de embasamento junto às divisas laterais e de fundos, com até 9 m (nove metros) de altura, já considerada a definição de ponto máximo de telhado, muros ou platibandas, ocupando no máximo 50% das divisas laterais e 100% da divisa de fundos do lote, numa extensão máxima de 50% do perímetro do lote, respeitando o recuo frontal obrigatório.
- Fica facultado às edificações com até 9m de altura, já considerada a definição de ponto máximo de telhado, muros ou platibandas., ocupar as divisas laterais e/ou fundos do lote, numa extensão máxima de 35% do perímetro do lote, respeitando o recuo frontal obrigatório

Os resultados podem servir para os processos de regularização fundiária estabelecida pela REURB, no caso de Joinville, as medições obtidas servem como dados para efetivação do Lei Complementar nº 502, de 30 de maio de 2018 que dispõe sobre a celebração do TAC, a ser firmado entre o Executivo Municipal e pessoas físicas ou jurídicas, para regularização de imóveis que tenham sido construídos em desconformidade com a nova Lei de Ordenamento Territorial - Lei Complementar nº 470, de 09 de janeiro de 2017. Segundo a Lei 502/2018 em seu artigo 3º:

Art. 3º As compensações dar-se-ão em forma de recursos monetários, da seguinte forma:

I - Compensações para a concessão de aumento do potencial construtivo com acréscimo no índice da Taxa da Ocupação (TO) e no índice o Coeficiente de Aproveitamento do Lote (CAL) - 1/2 UPM (Meia Unidade Padrão Municipal) por metro quadrado edificado a mais do que o permitido por lei;

II - compensações para a concessão de aumento do potencial construtivo com o acréscimo na altura máxima permitida (gabarito), com acréscimo máximo de 3,00m (três metros): (a) até 1,00m (um metro) - 1/4 UPM (Um quarto Unidade Padrão Municipal) por metro quadrado construído em relação à área do último pavimento; (b) de 1,01m (um metro e um centímetro) até 2,00m (dois metros) - 1/2 UPM (Meia Unidade Padrão Municipal) por metro quadrado construído em relação a área do último pavimento; (c) de 2,01m (dois metros e um centímetro) até 3,00m (três metros) - 1 UPM (Uma Unidade Padrão Municipal) por metro quadrado construído em relação à área do último pavimento;

III - compensações para a concessão de redução de recuo frontal: (a) até 100% (cem por cento) do recuo, dentro do lote - 1 UPM (Uma Unidade Padrão Municipal) por área a mais edificada sobre o recuo frontal oficial, somente para as “Servidões” com denominação, que no passado, tenham sido um caminho particular, mesmo que o lote faça frente para outra rua. (b) até 60% (sessenta por cento), do recuo dentro do lote - 1 UPM (Uma Unidade Padrão Municipal) por área a mais edificada sobre o recuo frontal oficial, inclusive, mesmo para lotes que tenham duas ou mais frentes. (c) até 30% (trinta por cento) do recuo, dentro do lote - 1/2 UPM (Meia Unidade Padrão Municipal) por área a mais edificada sobre o recuo frontal oficial, inclusive, mesmo para lotes que tenham duas ou mais frentes;

IV - compensações para a concessão de redução de afastamento lateral, de fundos e acrescidos em até 50% (cinquenta por cento) do exigido para o uso e a zona em que se situam – 1 UPM (Uma Unidade Padrão Municipal) por área a mais edificada sobre o afastamento;

V - compensações para a concessão da edificação sobre as divisas laterais e/ou fundos: (a) 1 UPM (Uma Unidade Padrão Municipal) por metro linear edificado a mais sobre a divisa, no caso em que o zoneamento permita; (b) 2 UPM (Duas Unidades Padrão Municipal) por metro linear edificado a mais sobre a divisa, no caso onde o zoneamento não permita;

c) 1 UPM (Uma Unidade Padrão Municipal) por área a mais edificada sobre os afastamentos laterais que ultrapassem em até 35% (trinta e cinco por cento) a altura permitida para ocupação da divisa, conforme legislação vigente.

VI - compensações para a concessão de redução do número de vagas para estacionamentos que não atendam ao §2º, do art. 77, da Lei Complementar nº 470/1 - 05 (cinco) Unidades Padrão Municipal - UPM, por vaga.

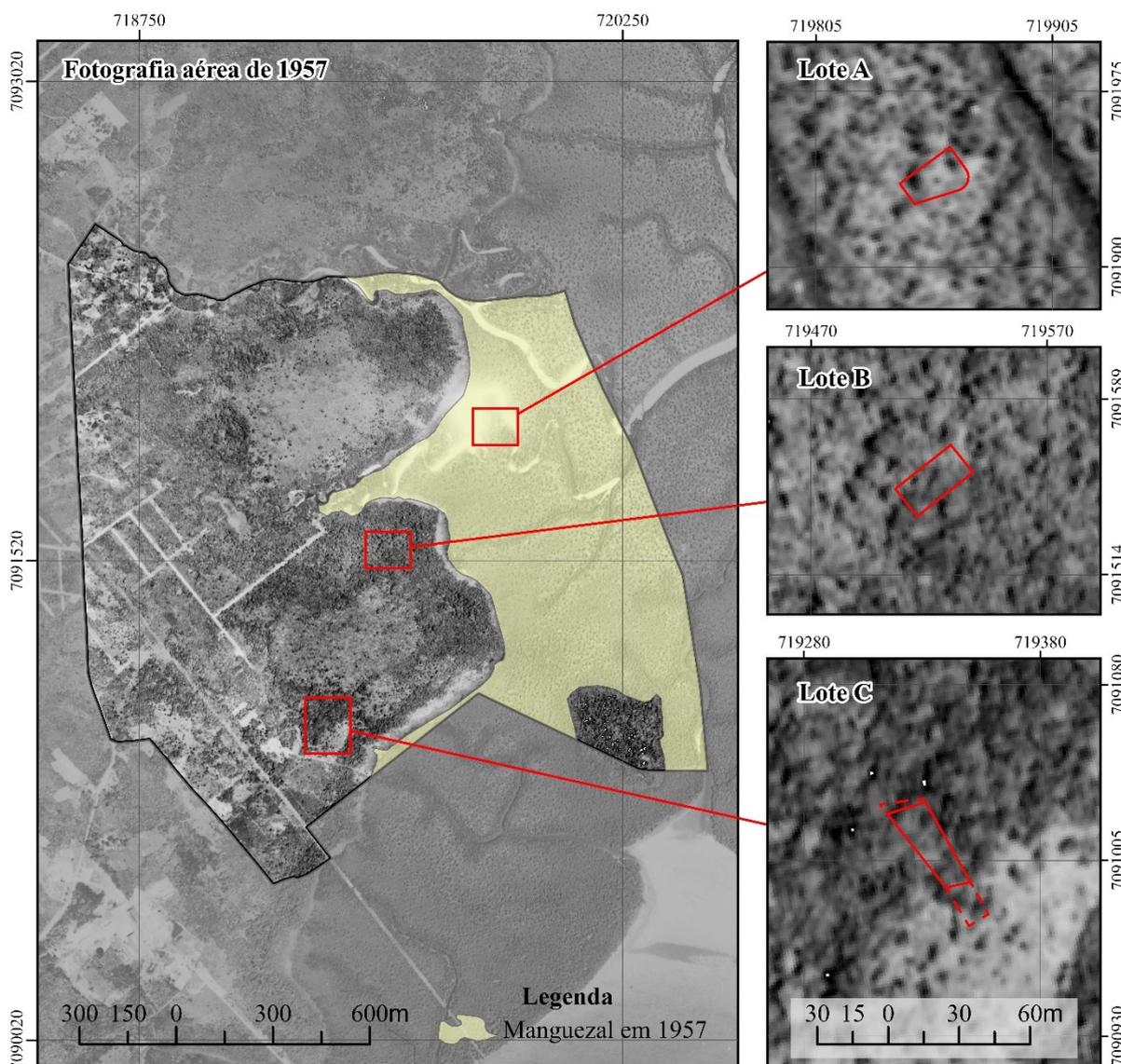
§1º Quando a edificação apresentar irregularidades distintas, as compensações serão computadas para cada caso. (JOINVILLE, 2018)

A UPM é a medida monetária usado no cálculo para cobrança de tributos, penalidades pecuniárias e outros casos estabelecidos na legislação do Município de Joinville (SC). O valor dado pela Tabela de Valores UPM para o mês de agosto de 2020 consta em R\$ 300,16 (SEFAZ, 2020)

7.2 VERIFICAÇÃO DO HISTÓRICO DAS OCUPAÇÕES NAS ÁREAS DOS LOTES AMOSTRAIS

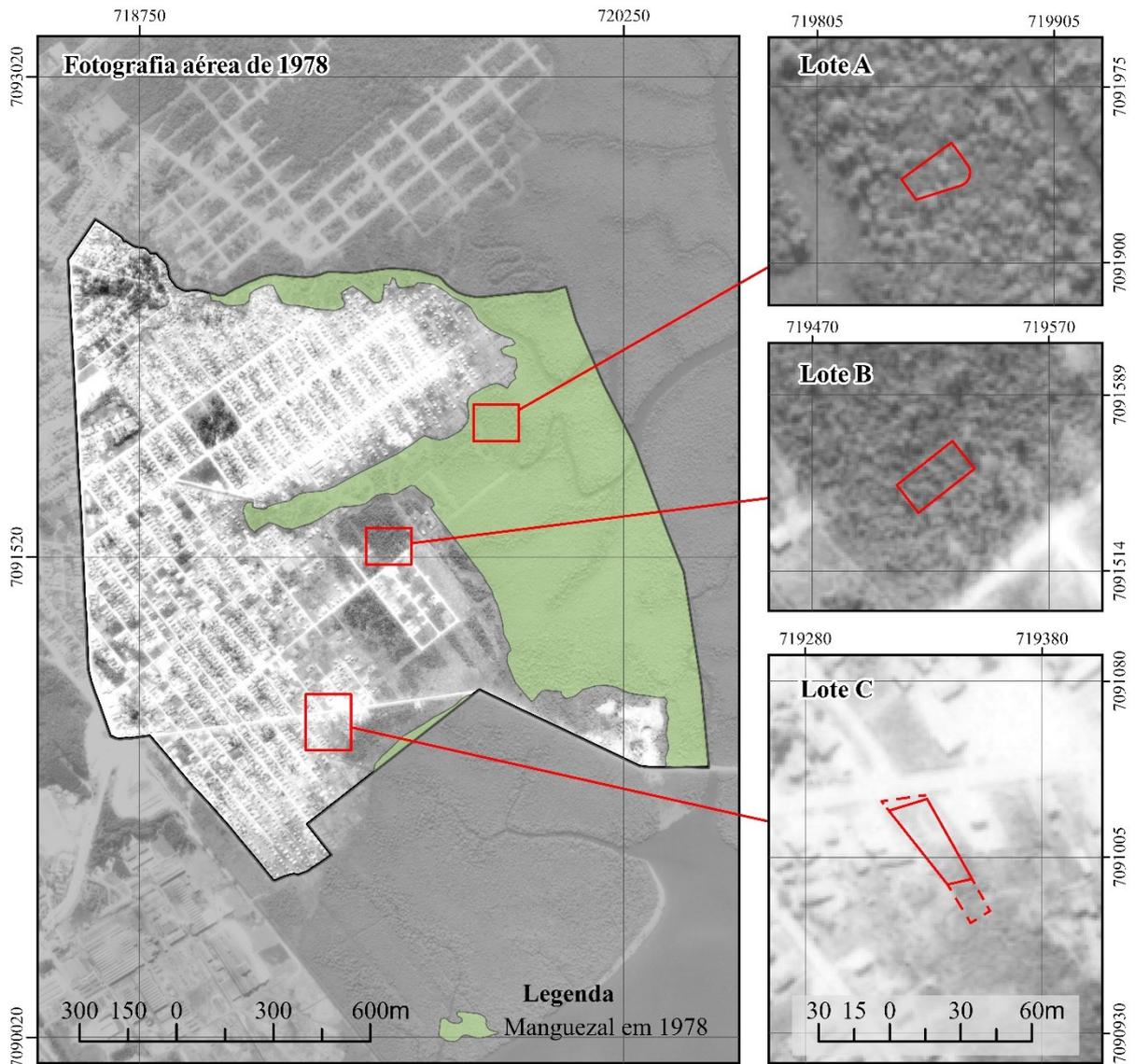
A identificação dos lotes nos anos de 1957, 1978, 1989, 2007 e 2017 estão apresentadas nas Figura 55, Figura 56, Figura 57, Figura 58 e Figura 59. Observa-se que o lote A originalmente era manguezal, os lotes B e C eram zonas vegetadas com espécies arbóreas típicas de transição de mangue e área seca (Figura 55).

Figura 55 – Situação da ocupação referente aos lotes no ano de 1957



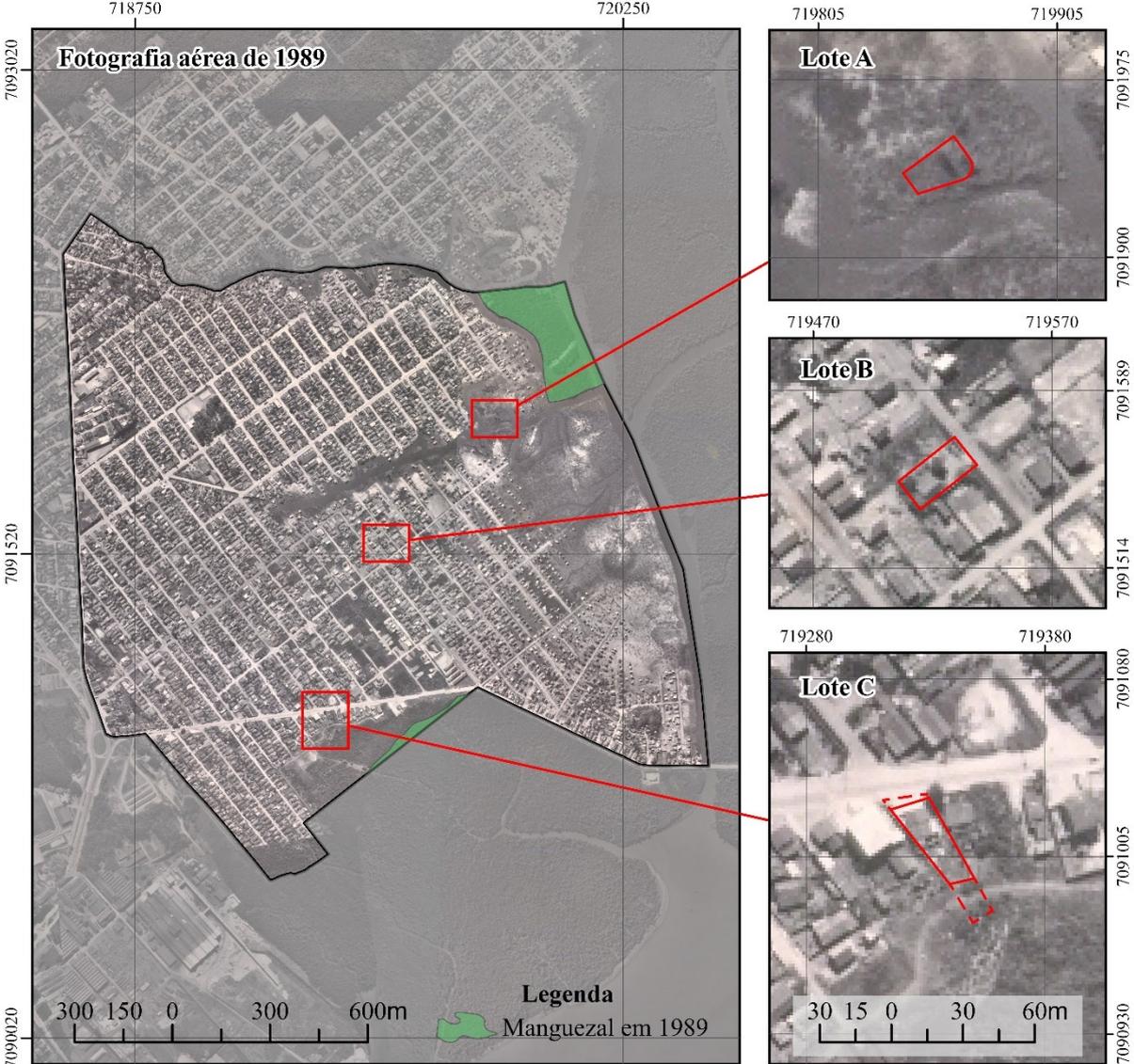
Na imagem de 1978 (Figura 56) se percebe que o lote C, apesar de não se encontrar ocupado ainda, já se encontra delimitado e inserido em uma área em processo de urbanização ao longo da via de ligação com o bairro Espinheiros surgida no período entre as imagens. O lote B ainda é uma massa vegetada, contudo com áreas adjacentes apresentando o surgimento de loteamento.

Figura 56 - Situação da ocupação referente aos lotes no ano de 1978



Na imagem do ano de 1989 (Figura 57), o lote A é uma área de mangue em processo de transformação após a construção do canal, ainda conserva uma característica de foz do rio Comprido. O lote B já está ocupado, pode-se observar a construção de uma ou duas unidades, a baixa resolução espacial dificulta o reconhecimento nítido das ocupações (imagem em escala 1:8.000). O lote C também já apresenta edificação.

Figura 57 - Situação da ocupação referente aos lotes no ano de 1989



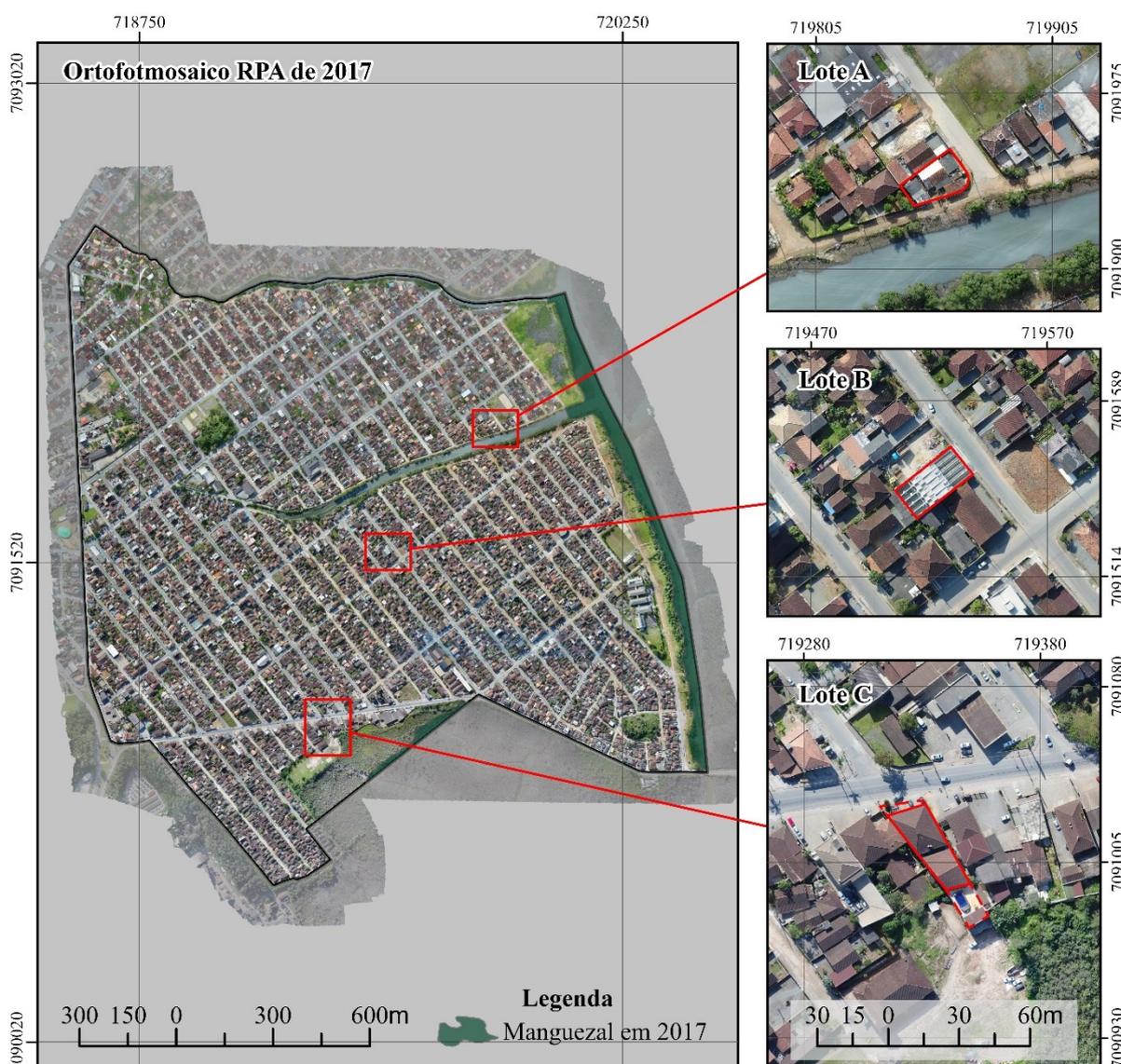
Na imagem de 2007 (Figura 58) se verifica a ocupação do lote A com uma unidade residencial com delimitação de lote em quadra à margem do rio Comprido retificado. No lote B pode-se constatar a presença de uma unidade, agora com maior nitidez devido a uma melhor qualidade espacial da imagem (produto na escala 1:1.000). Com relação ao lote C, apresenta uma edificação maior do que a que constava no período da imagem anterior e um acréscimo de outra edificação nos fundos do lote, ocupando praticamente todo o limite do lote.

Figura 58 - Situação da ocupação referente aos lotes no ano de 2007



Na imagem de 2017 (Figura 59) se percebem grandes alterações na ocupação dos lotes. O lote A passou a ser ocupado por outras edificações, ocupando praticamente toda a superfície do lote; o lote B sofre alteração, no lugar da pequena unidade habitacional isolada no lote surge o modelo casas em fita, passando a comportar 5 unidades habitacionais; no lote C, houve alteração em uma das construções existentes e acréscimo deste, avançando os fundos do lote sobre área não ocupada, assim como pode ser observado nos vizinhos próximos.

Figura 59 - Situação da ocupação referente aos lotes no ano de 2017



7.3 MEDIÇÕES DOS REQUISITOS URBANÍSTICOS NOS LOTES AMOSTRAIS

A Tabela 20 apresenta os valores dos requisitos urbanísticos calculados a partir das interpretações visuais da ocupação dos lotes amostrais realizadas sobre o ortofotomosaico RPA que se apresentam nas Figura 60, Figura 61, Figura 62, sobre as quais se realizaram as medições dos afastamentos, índices de aproveitamento, taxas de ocupação. Também se apresentam na coluna à esquerda, de cima para baixo respectivamente: o *shapefile* dos limites dos lotes e edificações da planta cadastral municipal sobre a ortofoto de dados de aeronave convencional de 2007; a fotointerpretação da ocupação realizada sobre a ortofoto de dados do Phantom4Pro; e, a ortofoto pancromática de dados satélite WorldView4, como referência de diferença entre as diferenças de escalas espaciais para a execução de fotointerpretação em nível de ocupação do lote.

A taxa de permeabilidade foi calculada pelas áreas fotointerpretadas sobre a imagem RPA e se comparou com a classificação automática supervisionada realizada sobre a imagem satélite WorldView-4 conforme apresentado na Figura 63.

Tabela 17 – Medições realizadas dos requisitos urbanístico de ocupação

Requisitos urbanísticos	Lotes amostrais		Lote amostral C AUAC/AS-04		
	Lote amostral A AUAC/AS-04	Lote amostral B AUAS/AS-03	Planta cadastral prefeitura	Foto - interpretação própria	Acréscimo avanço sobre AUPA/SE05
Área (m ²)	383,71	451,46	514,33	570,72	171
Perímetro (m)	79,16	90,24	106,55	132,25	44,29
Projeção construções (m ²)	261,43	189,23	481,07	481,07	44,83
Unidades n. pavtos	3 (estim.)	5,00	indet.	indet.	indet.
área construída estimada (m ²)	1,00	2,00	2	2	1
área permeável (m ²)	261,43	378,46	962,14	962,14	44,83
ocupação divisa (m ²)	55,83	166,20	0	0	0
	19,47	27,50	85,66	85,66	18,89

Figura 60 – Interpretação visual da ocupação do lote amostral A

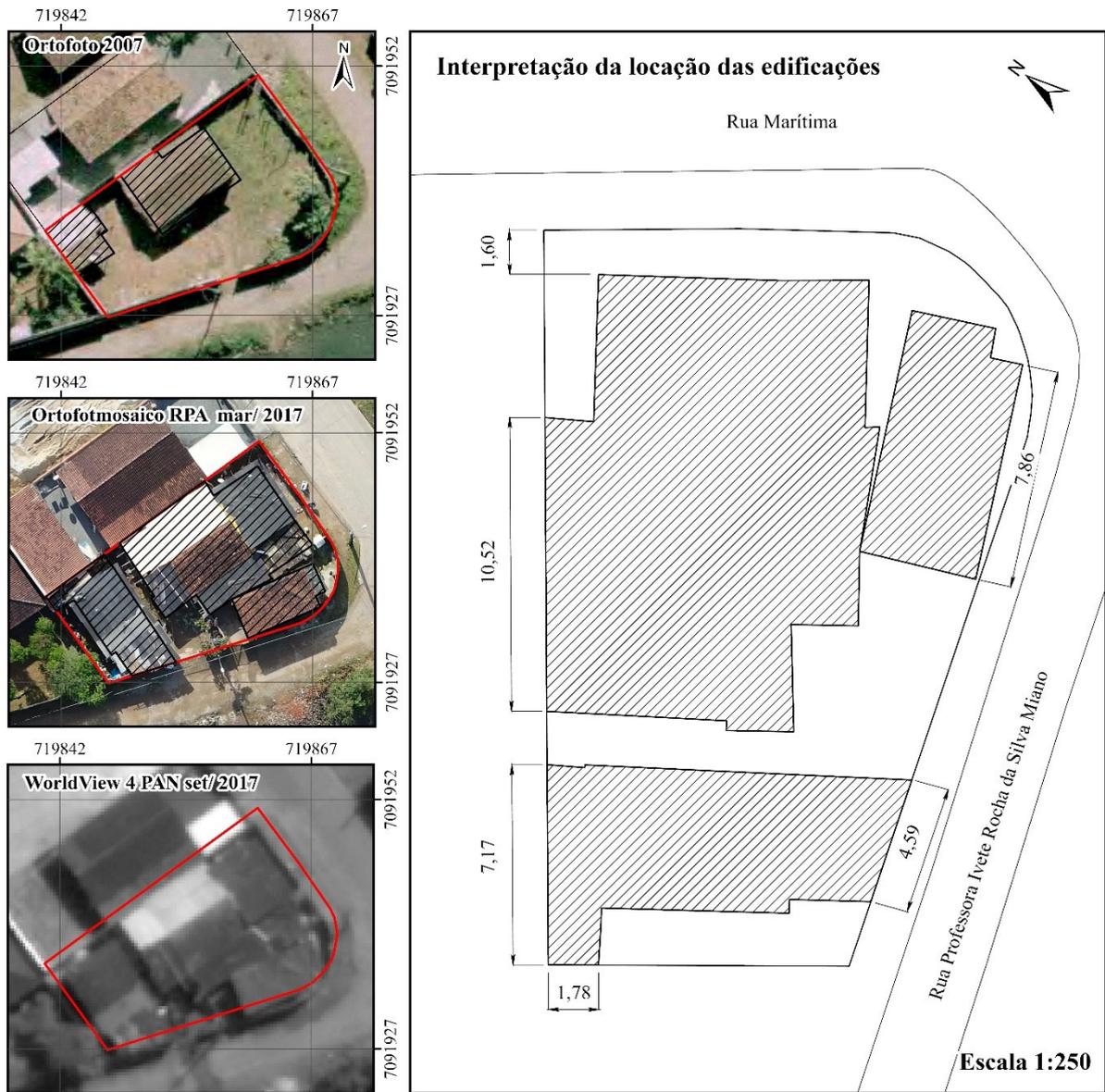


Figura 61 - Interpretação visual da ocupação do lote amostral B

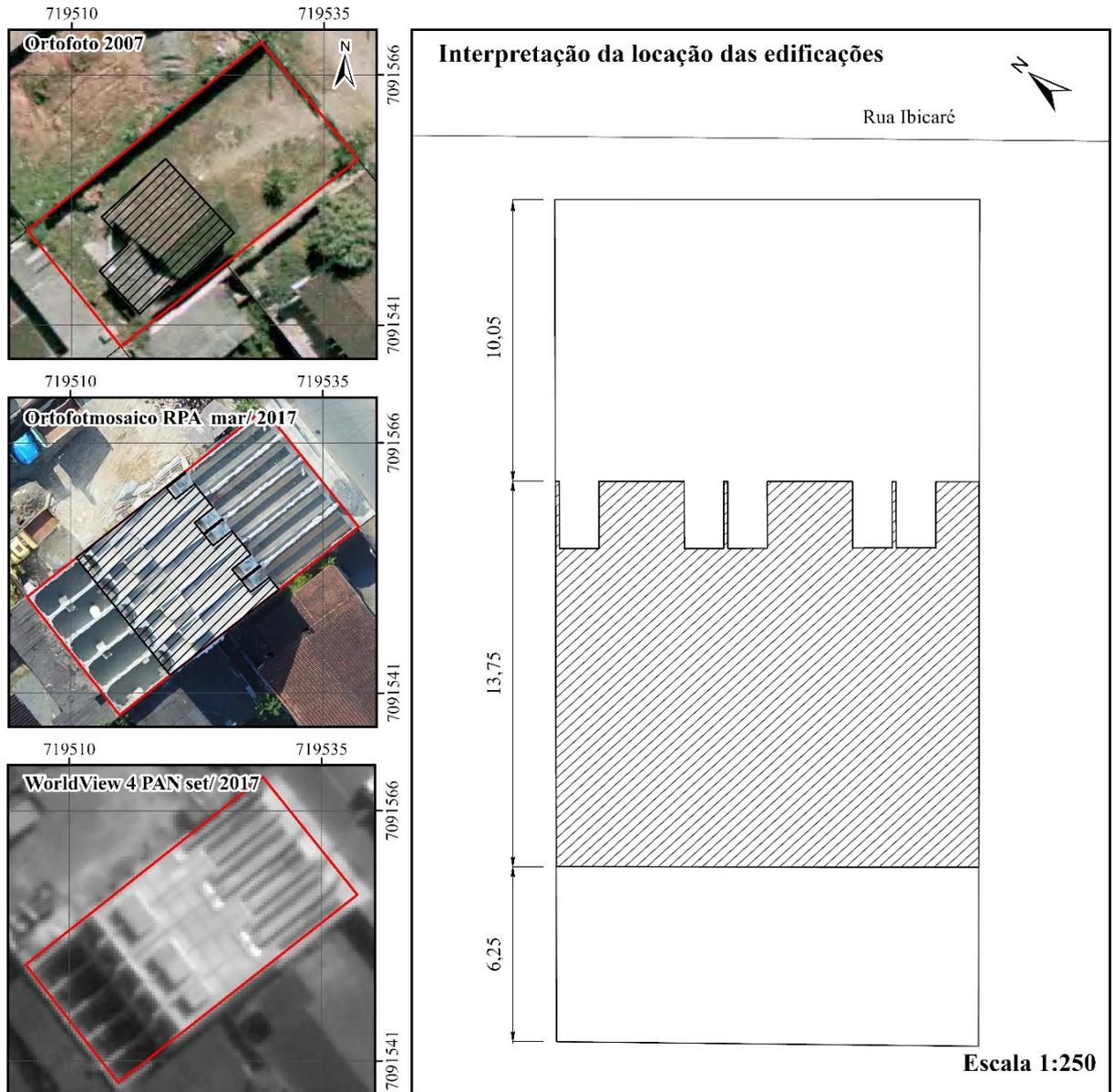


Figura 62 - Interpretação visual da ocupação do lote amostral C

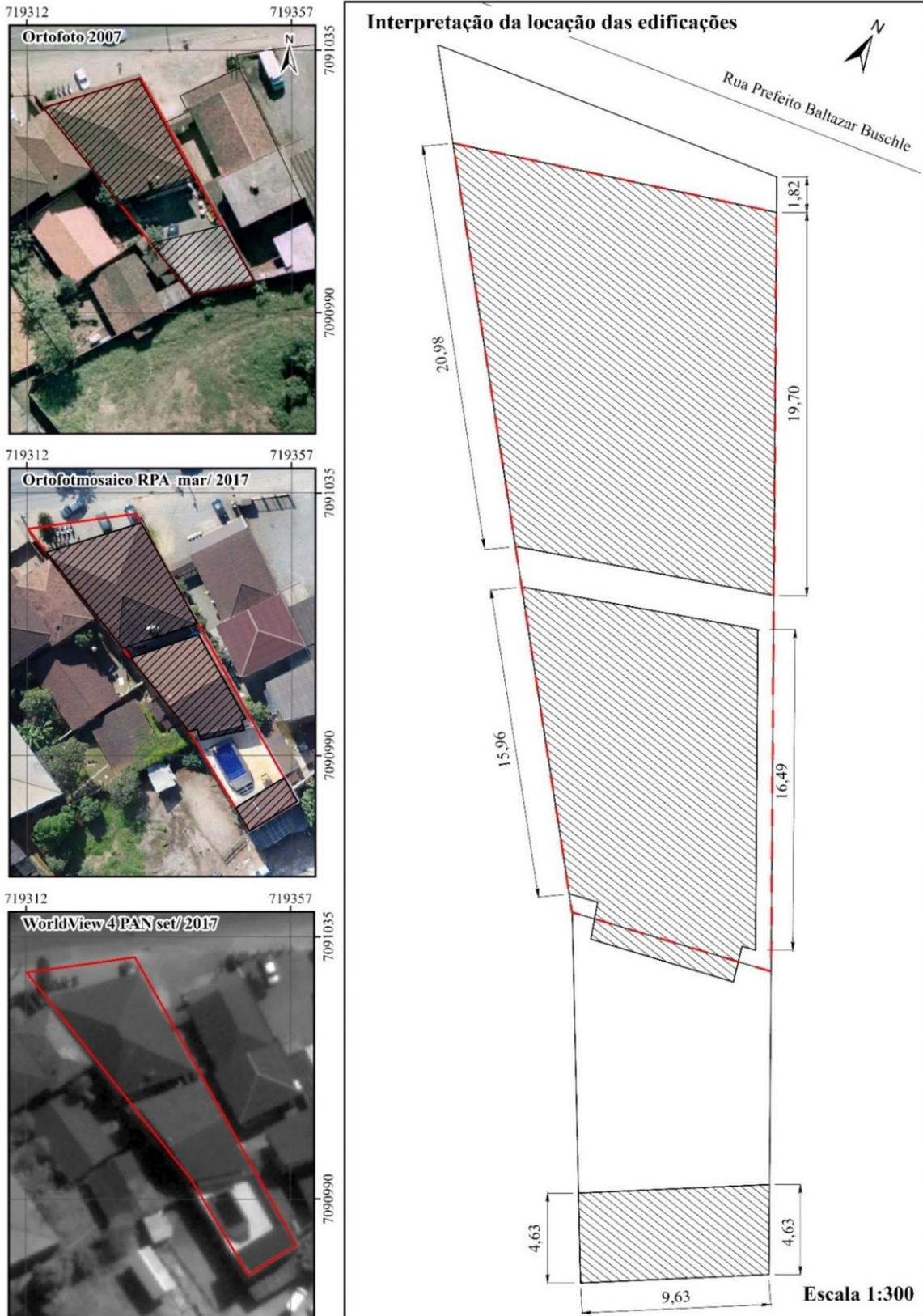


Figura 63 – Verificação da taxa de permeabilidade por meio da classificação supervisionada sobre imagem satélite WorldView-4 e fotointerpretação visual sobre ortomosaico RPA.



7.4 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Comparando as medições obtidas no ortofotomosaicos em escala compatível a 1:400 (classe 2) com os valores admissíveis pela legislação urbanística vigente (Lei Nº470/2017) para os lotes amostrais, constata-se que:

- a) O lote A, localizado em Área Urbana de Adensamento Controlado, não está em conformidade com a legislação em três requisitos: taxa de ocupação, recuo frontal e taxa de permeabilidade. Observou-se que o lote teve sua primeira edificação compreendida por uma edificação simples isolada durante os anos de 1989 e 2007. Observou-se forte adensamento da área edificada da imagem de 2007 para a de 2017, pode-se perceber que são construções de baixo padrão construtivo. Tal adensamento configura característico de ocupação espontânea que pode ter ocorrido para absorver a demanda de moradia do crescimento própria família e ocasiona situação de coabitação ou construção de habitação para aluguel como meio de incremento de renda;
- b) O lote B, localizado em Área Urbana de Adensamento Secundário, possui os requisitos urbanísticos para a área de zoneamento na qual se situa. Observou-se que a ocupação deste lote se deu entre os anos de 1989 a 2007, onde constatou-se o surgimento de uma pequena edificação isolada no lote e houve grande alteração na tipologia da edificação entre os anos 2007 e 2017, passou de unifamiliar, para multifamiliar com edificação cuja tipologia é em fita, constando cinco unidades habitacionais.
- c) O lote c, localizado em Área Urbana de Adensamento Controlado não está em conformidade com a legislação urbanística, em todos os requisitos, excluindo-se o índice gabarito. Inclusive, se observou um avanço do lote e edificação sobre uma área verde cujo zoneamento consta Área Urbana de Preservação Ambiental. A ocupação do lote C também ocorreu entre os anos de 1989 a 2007, embora já houvesse ocupação dos lotes limitantes.

A verificação quanto ao atendimento aos requisitos urbanísticos dispostos pela Lei Nº470/2017 a partir das medições realizadas pela fotointerpretação sobre o ortofotomosaico de imagens *Phantom-4-Pro* se apresenta na Tabela 17. Os resultados obtidos são informações necessárias para se aplicar a REURB. No caso do Lote A, as imagens caracterizam baixa renda,

se enquadrando na REURB-S, contudo ainda se faz necessária uma investigação socioeconômica dos ocupantes. O Lote C, é inquestionavelmente objeto de REURB-E.

Com relação à comparação das classificações quanto às áreas permeáveis: no lote A, as áreas de solo exposto que pela interpretação visual se considerou permeável, o classificador considerou impermeável; no lote B, houve o mesmo erro, além de classificação como corpo d'água da área de solo exposto. O lote C é o que mais se equivale à classificação visual, contudo classificou corpo d'água como área impermeável e algumas copas de árvores dos limitantes como área permeável. Percebe-se que nos três exemplos a classificação automática supervisionada não obteve a classificação correta, demonstrando novamente que, apesar da confiabilidade calculada pela matriz de erro, na prática não fornece os valores corretos quanto às taxas de permeabilidade dos lotes.

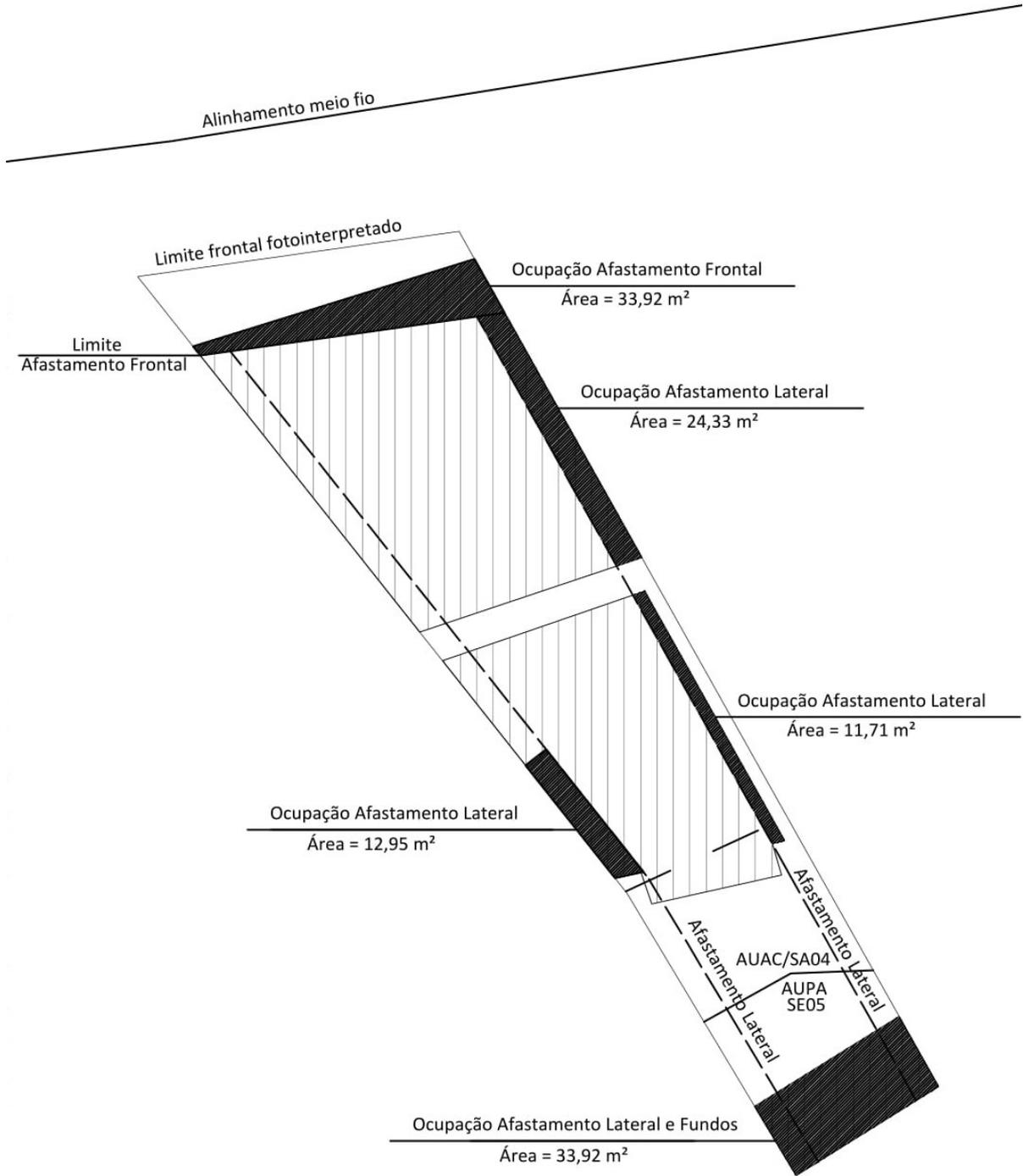
A partir da verificação das faltas de atendimento aos requisitos urbanísticos exigidos para o zoneamento pode-se calcular os valores em UPM para a tributação de ajustamento de conduta para a regularização fundiária. Como exemplo, expõe-se o caso do lote amostral C que apresenta uma série de desconformidades. A Figura 64 apresenta as áreas construídas em desconformidade com os requisitos urbanísticos exigidos com relação aos afastamentos frontal,

laterais

e

fundos.

A



LEGENDA

 Áreas edificadas

 Áreas edificadas além dos índices de ocupações permitidos

Tabela 18 apresenta o cálculo em UPM para os acréscimos de área em desconformidade. O valor total de tributos em termos de ajustamento de conduta calculado foi de 351,45 UPM que representa 105.491,23 Reais de acordo com o valor da UPM de agosto de 2020 da tabela de valores unidade padrão municipal da Secretaria da Fazenda do Município de Joinville (SEFAZ, 2020).

Tabela 17 - Verificação quanto ao atendimento aos requisitos urbanísticos

Lote Amostr	Lote amostral A - AUAC/SA-04			Lote amostral B - AUAS/SA-03			Lote amostral C - AUAC/SA-04			Acréscimo avanço sobre AUPA/SE-05					
	Valor medido	Valor aceito	Conf.	Valor medido	Valor aceito	Conf.	Valor medido	Valor aceito	Conf.	Valor medido	Valor aceito	Conf.			
Coeficiente de aproveitamento do lote (CAL)	0,7	até 2	sim	0,8	2	sim	1,9	até 1,5	não	1,7	até 1,5	não	0,3	0,1	não
Quota de adensamento (m²)	127,9	acima de 50	sim	90,3	acima de 50	sim	indet.	acima de 50	indet.	indet.	acima de 50	indet.	1	não se aplica	sim
Gabarito máximo (m)	3	até 15	sim	6	até 9	sim	7,5 (estim.)	até 15	sim	7,5 (estim.)	até 15	sim	3,5 (estim.)	até 9	sim
Taxa de ocupação (%)	68%	até 60%	não	42%	até 60%	sim	94%	até 60%	não	84%	até 60%	não	26%	até 10%	não
Embasamento (%)	não se aplica	até 70%	não se aplica	não se aplica	até 70%	não se aplica	não se aplica	até 70%	não se aplica	não se aplica	até 70%	não se aplica	não se aplica	não se aplica	não se aplica
Recuo frontal (m)	sem recuo	mínimo de 5	não	10	mínimo de 5	sim	0	mínimo de 5	não	1,82	mínimo de 5	não	não se aplica	acima de 10	não se aplica
Afastamentos laterais e de fundos (m)	24,6%	acima de 1,5 - até 35% ocupado	sim	30,5%	acima de 1,5 - até 35% ocupado	sim	80%	acima de 1,5 - até 35% ocupado	não	65%	acima de 1,5 - até 35% ocupado	não	43%	acima de 5	não
Taxa de permeabilidade	14,6%	20%	sim	14,5%	20%	não	0	20%	não	0	20%	não	0	acima de 80%	não

Tabela 18 – Cálculo do tributo de ajustamento de conduta

Requisito urbanístico	Compensação UPM/m ²	Acréscimos em desconformidade (m ²)	UPM
Coefficiente de aproveitamento do lote (CAL)	0,5	228,28	114,14
Quota de adensamento (m²)	não se aplica	indeterminada	
Gabarito máximo (m)	de 0,25 a 1,1	em conformidade	
Taxa de ocupação (%)	0,5	209,13	104,57
Embasamento (%)	não se aplica	não se aplica	
Recuo frontal (m)	1,0 (até 54,28 m ²)	33,92	33,92
Afastamentos laterais e de fundos (m)	1,0 até 52% (AUAS) não permitido (AUPA)	93,82 (acima do permitido para a compensação)	98,82
Taxa de permeabilidade	não se aplica	não conforme e não há medida compensatória	
			TOTAL UPM: 351,45

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho apresentou e desenvolveu metodologias com o uso de imagens aéreas que contribuem para análise e controle da ocupação urbana. Se utilizou de série histórica de imagens aéreas para verificar e analisar a ocupação urbana frente às legislações urbanísticas e ambientais em esfera municipal e nacional. Testou o uso de imagens satélite *VHR (WorldView-4)* para se mensurar a impermeabilização do solo. Explorou o levantamento e produção de ortofotomosaico com imagens RPA (*DJI Phantom-4-Pro* e *DJI Matrice-210-RTK*) como método para medições de requisitos urbanísticos, regularização fundiária e TAC. Por fim demonstrou a aplicação dos processos e produtos anteriores para o objetivo que se propôs, análise e controle da ocupação urbana.

Com relação às metodologias e resultados alcançados pelos objetivos específicos propostos, considera-se:

- a) *Quanto ao objetivo específico (i), verificar e analisar processo de ocupação urbana, confrontando com as legislações urbanísticas e ambientais vigentes em cada período, mediante o uso de série histórica de imagens aéreas*

Realizou-se a partir de registros aéreos de diferentes resoluções em períodos distintos a verificação da ocupação do bairro Comasa e se identificou por meio da interpretação visual da supressão da área de manguezal na série histórica através de ambiente SIG ArcGis. O georreferenciamento das imagens em um único sistema de referência geográfico permitiu a sobreposição das interpretações em cada foto e a automatização nos cálculos de áreas. Verificou-se que a área analisada, que hoje configura o bairro Comasa, sofreu forte transformação da superfície no período entre as fotografias de 1978 e 1989. Calculou-se que nesse período houve uma supressão de 91% da área original do mangue que constava no bairro.

O levantamento das legislações urbanísticas vigentes durante o processo de expansão urbana de Joinville, conseqüente formação do bairro Comasa e ocupação de área de mangue, demonstrou que a legislação municipal incluiu no zoneamento urbano a área que hoje compreende o bairro, inclusive além dela, e criou um distrito industrial em área adjacente. Assim sendo, constata-se que, apesar da legitimação da área de manguezal como APP em nível nacional, a esfera municipal desconsiderou o código florestal e delimitou sua ocupação como zona de uso misto e densidade média. Em

seguida, implantou-se o Projeto Mangue com a criação do canal e aterro para a adequação da área que passou a ser ocupada sem a devida infraestrutura. Na época, a obra deste canal, apesar de polêmica, foi levada a Conferência da Nações Unidas sobre Meio Ambiente, Rio-92, como um projeto de proteção ambiental do mangue, pois representaria uma barreira frente a ocupação da área. Contudo, percebe-se que o próprio PD de 73 do município passou a considerar a ocupação da área e crê-se que tal projeto representa uma obra de infraestrutura para criação de solo urbanizável por meio do aterramento em tempo subsequente ao início do processo de ocupação precário. Ademais, na época se apresentou a proposta de um parque linear, o Eixo Ecológico do Projeto Mangue que não chegou a ser implantado. Atualmente as leis federais se tornaram mais flexíveis e passaram admitir a regularização da área, assim como houve o ajuste das leis de ordenamento territorial do município.

A partir da série histórica das imagens aéreas georreferenciadas permitiu-se reconhecer que o caso da ocupação do bairro Comasa foi resultado da pressão demográfica desencadeada pelo processo de industrialização tardia que ocorrem em grande parte dos municípios em regiões metropolitanas brasileiras. Percebe-se que as alterações nas legislações buscam atender à problemática advinda de uma ocupação de ordem industrial em área não edificável, ou seja, sem aptidão física para tal ocupação, e sem a devida política habitacional correspondente. Frente às incoerências entre as leis federal e municipais apontadas e a proliferação da ocupação em área imprópria, acredita-se que estas sejam frutos de planos diretores omissos às leis superiores e da falta de entendimento no cumprimento da fiscalização entre as esferas institucionais, como o poder municipal e Ministério Público.

Uma vez que a gestão pública foi permissiva quanto às ocupações em áreas sensíveis ambientalmente e que deveriam ser preservadas, o município se torna corresponsável pelos danos ambientais ocorridos. Atualmente, busca-se, em nível federal, remediar a situação mediante a regularização fundiária como mecanismo de controlar maiores danos ao meio ambiente, caracterizando a área como passivo ambiental. Contudo ainda se acredita que outras ações em termos de promover a qualidade ambiental deveriam ser contempladas, tais como a implantação do projeto Eixo Ecológico Leste, assim como outros investimentos em paisagismo urbano como medida compensatória ao dano ambiental ocasionado pela ocupação em APP.

Desta maneira, este caso se apresenta como um exemplo de uma configuração urbana construída por pressões advindas do processo de industrialização, ou seja, de ordem econômicas. O poder público acaba por atender ao mercado, busca solucionar problemas sociais pontuais e acaba por sacrificar áreas que são consideradas de preservação permanente, criando solo para a habitação decorrente da geração de um polo atrativo de emprego e de prestação de serviços básicas. A problemática habitacional advinda do polo industrial sobrepõe-se às questões ecológicas e ambientais, assunto exposto no referencial teórico a respeito da produção social do espaço, os conflitos socioambientais e o papel do estado. Além de apresentar a forma como o estado se sujeita ao atendimento dos interesses industriais e de mercado, flexibilizando e adaptando a legislação de uso e ocupação do solo de modo a facilitar suas atividades, como alertado pelo referencial exposto.

- b) *Quanto ao objetivo específico (ii), realizar o mapeamento da taxa de permeabilidade do solo mediante o uso de técnica de classificação automática/computacional supervisionada com o uso das imagens satélite multiespectrais VHR (WorldView-4)*

Realizou-se a classificação supervisionada para três categorias de cobertura da superfície do solo urbano (áreas permeáveis; áreas impermeáveis e corpos d'água) a partir das imagens multiespectrais VHR do satélite WorldView-4 (resolução de 1,2 m) para a área do bairro Comasa, Joinville. Testaram-se distintos classificadores. A partir da classificação de melhor resultado se gerou o mapa temático da taxa de permeabilidade por lote.

Quanto aos métodos de classificação computacional, o de redes neurais é o que apresentou melhores resultados através do cálculo da acurácia pela matriz de erros, onde se obteve uma acurácia geral de aproximadamente 96%. Contudo, visivelmente, percebeu-se que houve muita ocorrência de classificação de áreas como corpo d'água quando não são na realidade. Inclusive na aplicação dos dados para o mapeamento da taxa de ocupação, percebeu-se também elevada ocorrência de taxas de corpos d'água entre as taxas classificadas por lote, o que representam erros deduzíveis. Não só com relação à classificação errônea de corpos d'água, outros erros também foram observados.

As confusões de classificação observadas confirmam a problemática apontada no referencial teórico relacionada à similaridade da resposta espectral das feições

urbanas e sombreamento. Mesmo com o avanço em termos de resolução espacial das imagens satélites a classificação mais automatizada.

Quanto à execução do mapa de taxa de permeabilidade por lote, a utilização da plataforma SIG para a operação dos dados se confirma como uma ótima ferramenta de informação e análise de dados. Inclusive através da análise de seus dados que ficou mais evidente os erros gerados pela classificação supervisionada. Nos cálculos das taxas de cobertura do solo aproximadamente 13% apresentaram classificação de corpos d'água com taxa superior a 4% previsivelmente oriundas de erros de classificação.

A discrepância entre a acurácia verificada pela matriz de erros com base nos pixels classificados e os erros percebíveis visualmente e dedutíveis na aplicação dos dados para o mapeamento da taxa de permeabilidade deixa evidente que o método acima não representa a realidade dos erros.

Conclui-se que a classificação supervisionada da cobertura do solo urbano, mesmo que, apenas para poucas classes (água, superfície permeável e superfície impermeável) e, embora o cálculo da acurácia temática pela matriz de erros realizada por pixels classificados tenha sido excelente, visivelmente e na aplicação dos dados ao mapeamento da taxa de permeabilidade da cobertura do solo por lote, não apresentou resultado confiável a ponto de servir como ferramenta de controle desta taxa.

Conforme exposto no referencial teórico o mapeamento automatizado da ocupação da superfície urbana é um desafio a ser seguido, pois pode representar um grande avanço em termos de controle dos requisitos urbanísticos de ocupação do solo. Acredita-se que trabalhos futuros possam vir no sentido de classificar um recorte equivalente à ocupação de uma quadra típica da localidade a ser analisada, buscar amostras dentro deste recorte e procedendo a classificação por quadras. Outro aspecto a se aprimorar estaria relacionado as categorias de classificação que deveriam ser em função do material como por exemplo, cobertura cerâmica, concreto, solo exposto, massa arbórea, gramínea, piscina e a partir do objeto informar a classe quanto à permeabilidade se insere.

De qualquer maneira, sabe-se que o uso de imagens satélite MS de alta resolução são úteis para o monitoramento de feições de água e massa vegetal em escala menor, ou seja, em escala de aplicação para o desenvolvimento do Plano Diretor Municipal e definição de estratégias em todas as áreas do governo e privadas. A sua grande vantagem está relacionada à temporalidade de aquisição das imagens, apesar do

imageamento estar fortemente sujeito às condições de nebulosidade, devido ao tempo de revisita de dias, em algum período dentro de meses se é possível adquirir imagens de uma região.

- c) *Quanto aos objetivos específicos (iii) e (iv) geração de ortofotomosaico por levantamento RPA e estudo sobre o georreferenciamento com PCT para produto cartográfico compatível à escala de cadastro imobiliário urbano*

Realizaram-se cinco levantamentos: dois levantamentos no Bairro Comasa em Joinville, um recobriu a área total do bairro, 2,8 km² e outro um recorde dentro desta de 1,0 km², ambos levantamentos com o sistema RPA DJI Phantom-4-Pro; outros três levantamentos no Campus Trindade da UFSC em Florianópolis, um com o modelo DJI Phantom-4-Pro e outro com o Matrice-RTK-210 para uma área de 1,0 km² e, como a qualidade do ortofotomosaico com as imagens do Matrice-210-RTK não foram satisfatórias, realizou-se um quinto levantamento em um recorte de 0,27 km² nesta área..

O primeiro, que consta no levantamento da área completa referente ao bairro Comasa em Joinville, equivalente a 2,8 km², foi realizado por empresa de engenharia especializada em levantamentos topográficos com apoio do LabFSG e processamento das imagens realizados pelo LabFSG. O levantamento apresentou uma série de dificuldades, tanto relacionado ao levantamento aéreo quanto dos PCT. Com relação ao levantamento das coordenadas PCT com equipamento GNSS RTK, demonstrou-se inexperiência no procedimento, tanto se tratando do modelo de alvo utilizado quanto na materialização destes em solo. A utilização da demarcação dos PCT em x utilizando giz, num primeiro momento foi completamente ineficiente, a chuva que se sucedeu eliminou as marcações, havendo necessidade de retrabalho. Num segundo momento executado com tinta PVA e, ainda em um terceiro momento, necessário após o geoprocessamento das imagens para melhoria da qualidade posicional do ortofotomosaico, utilizou-se feições existentes. Com relação ao levantamento aéreo, devido a extensão da área por diversas vezes houve desconexão da aeronave com a base, rompendo-se a tomada das imagens e acarretando em necessidade de tempo para recarregar as baterias, demandando mais um dia para realização dos voos. As imagens foram processadas no *software PhotoScan* e os EMQ para a planimetria verificados com 20 PCT para os ortofotomosaicos georreferenciados com 20 e 47 PCT foram similares, em torno de 0,14 m. O que representam produtos de qualidade PEC (PCD) equivalente a 0,23 m (a 90% de probabilidade). Contemplam a PEC (PDC) para escala 1/1000, segundo ET-ADGV

DSG (2011), escala compatível ao planejamento urbano e escala 1/400, classe 2, segundo ASPRS (2015), escala compatível à planta de quadra, mas não contemplam a acurácia de 0,08 cm para o georreferenciamento de imóveis urbanos exigidos pelo decreto 9.310/2018.

O segundo levantamento, buscando atingir a acurácia do modelo gerado por imagens RPA para o georreferenciamento de imóveis urbanos exigidas pelo decreto 9.310/2018, reduziu a área levantada para 1,0 km² conforme apontava o referencial teórico quanto ao alcance de levantamento com RPA de pequeno porte. Neste projeto, os levantamentos de campo, voos Phantom-4-Pro e medições coordenadas dos PCT, também realizados por terceiros com apoio do LabFSG, não apresentaram dificuldades e demandaram um dia de trabalho. As imagens também foram processadas no *software PhotoScan*. Para esta área, testou-se o georreferenciamento com 30, 20, 16 e 12 PCT. A qualidade posicional foi verificada utilizando 20 PCT conforme os padrões da ASPRS e 29 PCT conforme os procedimentos ISO 2859-2/1985 adotados pela ET-CQDG. Os valores dos EMQ para a planimetria ficaram em torno de 0,023 m e 0,026 m, que significam produtos de qualidade PEC (PCD) equivalente a 0,04 m (a 90% de probabilidade), corresponde a um produto cartográfico em escala 1/100, classe 1, segundo critérios ASPRS (2015) e contemplam a acurácia posicional necessária para o georreferenciamento de imóvel urbano exigida pelo decreto 9.310/2018. Contudo, na exportação do ortofotomosaico e sua inserção na plataforma SIG ocorreu um deslocamento sistemático médio em torno de 1,2 m. Não houve sucesso por solucionar este problema, constatou-se em fóruns virtuais que este vinha sendo um problema enfrentado comumente.

Nos dois casos, a quantidade de PCT para o georreferenciamento do ortofotomosaico e do método de amostragem não resultaram em variação significativa nos resultados. Conclui-se que para o georreferenciamento e validação da qualidade posicional do ortofotomosaico em escala compatível ao georreferenciamento de imóveis urbanos a utilização de 16 PCT de georreferenciamento e 20 PCT de verificação são suficientes para o levantamento de uma área equivalente a 1,0 km² de relevo suave, apesar da ET-CQDG especificar a aplicação dos procedimentos da ISO 2859-2/1985. Salienta-se a importância em se otimizar o uso de PCT tendo em vista o operoso trabalho de campo.

O terceiro e o quarto levantamentos foram realizados com os sistemas RPA *DJI Phantom-4-Pro* e o *Matrice-210-RTK* em uma área de 1,0 km². Buscou-se uma evidência mais consistente a respeito da quantidade de PCT a serem utilizados para o georreferenciamento do ortofotomosaico a partir da metodologia que constou em se realizar um número exaustivo de georreferenciamentos com as mesmas quantidades de PCT a partir de combinações entre PCT com condições de distribuição equivalentes. Os ortofotomosaicos foram georreferenciados com distintos grupos com as quantidades de 08, 12, 16, 20, 24, 32 PCT e verificados também utilizando 20 PCT de acordo com a ASPRS (2015) e 29 PCT de verificação segundo a ISO 2859-2 (1985) e ET-CQDG (DSG, 2016). Os EMQh encontrados de foram entre 0,04 m e 0,02 m na planimetria para os dois métodos de verificação aplicados. Compreendem produtos de qualidade planimétrica PEC (PCD) equivalente a 0,06 m (a 90% de probabilidade), correspondendo a um produto cartográfico em escala 1/100, classe 1, segundo critérios ASPRS (2015) e aplicável para o georreferenciamento de imóveis urbanos pelo decreto 9.310/2018 no quesito planimetria. Os resultados da altimetria foram de EMQz entre 0,55 m e 0,30 m, o que representa um produto de qualidade planimétrica PEC (PCD) equivalente a 0,74 m (a 90% de probabilidade), correspondendo a um produto cartográfico em escala 1/1000, classe C, segundo ET-ADGV DSG (2011).

Os resultados confirmaram eficiência na utilização de 16 PCT de georreferenciamento e 20 PCT de verificação para a produção de ortofotomosaico com qualidade planimétrica de acurácia para georreferenciamento de imóveis urbanos para o levantamento de uma área equivalente a 1,0 km² de relevo suave. Já com relação à altimetria os resultados se apresentaram divergentes na verificação com os dois métodos de seleção amostral, apresentando convergência somente para os ortofotomosaicos georreferenciados com 24 PCT.

Com relação ao levantamento com o sistema *Matrice-210-RTK*, ocorreu o problema de desfoque das imagens em faixas intercaladas que comprometeu metade do ortofotomosaico, houve uma adaptação do projeto para metade do ortofotomosaico que não apresentou esse problema, mas obteve logo no primeiro teste obteve um valor muito acima do modelo gerado com as imagens do Phantom-4-Pro e foi descartado.

Um quinto levantamento foi executado para se testar novamente o sistema *Matrice210RTK* e se sobrevoou um recorte da área da UFSC equivalente a 0,24 Km². Testaram-se quantidades de 09, 13, 14, 18 e 23 PCT para o georreferenciamento,

verificados com 20 PCT, neste caso tanto o procedimento da ISO 2859-2 (1985) como da ASPRS (2015) requerem 20 PCT para verificação. Os resultados foram semelhantes para as distintas quantidades de PCT, cujos EMQ foram entre 0,35 m e 0,36m na planimetria, e; entre 1,05 m e 5,20 m na altimetria. Ou seja, possui padrão de exatidão cartográfica a 90% de probabilidade equivalente a 0,57 m, representa um produto cartográfico em escala 1/1.000 dentro da classe B, segundo a ET-ADGV DSG (2011). Portanto, não atende o erro posicional máximo de 0,08 m estabelecido pelo decreto 9.310/2018. Com relação a quantidade de PCT utilizados para o georreferenciamento, em termos planimétricos, todas as quantidades obtiveram resultados próximos, já para a altimetria quando se utilizou 23 PCT houve um grande salto no erro, mais de 0,20 m.

Assim sendo, quanto ao uso de ortofotomosaico por levantamento RPA como produto cartográfico aplicável ao CTM em escala de quadra e à regularização fundiária de imóvel urbano, conclui-se que possui potencial para levantamento de glebas, o projeto ideal é de sobrevoo de área até 1,0 km². O modelo RPA *DJI Phantom-4-Pro* se apresentou como um sistema satisfatório nesse sentido, além do que possui um baixo valor para aquisição, facilidade de transporte e manuseio. Já o modelo *DJI Matrice-210-RTK*, apesar de ser maior e possuir um sistema de posicionamento direto de maior precisão não apresentou resultados satisfatórios para a aplicação desejada.

d) Quanto ao objetivo específico (v) Aplicação das imagens satélite VHR e ortofotomosaico RPA no controle dos requisitos urbanísticos para a ocupação do solo. Proposta: bairro Comasa, Joinville

Demonstrou-se a aplicação dos produtos cartográficos gerados nas etapas anteriores da pesquisa (série histórica, imagem satélite VHR e ortofotomosaico RPA) como material de evidência dos aspectos relacionados à ocupação do lote para processos de regularização fundiária, atualização cadastral e aplicação do TAC.

A série histórica permitiu verificar o terreno original, o início das ocupações e a evolução das ocupações nos lotes. O ortofotomosaico RPA em escala 1/400 permitiu a interpretação dos limites da ocupação com o auxílio da ferramenta StreetView do GoogleEarth e posterior medição dos requisitos urbanísticos. O ortofotomosaico utilizado de PEC de 0,23 m, apesar de não estar de acordo com a exigência de georreferenciamento para vértices de imóveis urbanos feita pelo decreto 9.310/2018, está de acordo com a escala planta cadastral em nível de quadra e se demonstrou uma metodologia aceitável para o levantamento de requisitos urbanísticos. Embora, tenha-se

concluído nas etapas anteriores da pesquisa que para uma área até 1 km² se atinge a escala 1/100 e cumpre com a acurácia exigida pelo decreto 9.310/2018. Os três lotes analisados representam o processo de densificação ao qual a área do bairro Comasa está submetido, porém possuem características de transformações distintas quanto à ocupação.

O lote A foi uma ocupação sobre manguezal ocorrida após a construção do canal pelo Projeto Mangue. Na ortofoto de 2007 se detectou uma edificação simples ocupando aproximadamente um terço dos fundos do lote. Portanto, pode-se afirmar que período de surgimento da ocupação do lote foi entre os anos de 1989 e 2007. O registro aéreo existente entre estes anos é a fotografia de 1996 em escala 1/60.000, portanto não possui resolução para visualizar a ocupação do lote. Neste primeiro momento da ocupação detectado na fotografia de 2007, havia uma edificação simples ocupando aproximadamente um terço dos fundos do lote. No ortofotomosaico de 2017 se pode observar e se mensurou uma taxa de ocupação do lote de aproximadamente 70%. Pode-se perceber se tratarem de edificações de padrão construtivo baixo caracterizadas por construções espontâneas e improvisadas e se observam indícios de subdivisão do lote em três partes. Esta ocupação expressa o processo de densificação que o bairro se encontra e representa uma situação que desconsidera os requisitos urbanísticos do zoneamento. Considera-se tratar de uma configuração resultante da necessidade por habitação de baixo custo.

O lote B, teve sua ocupação detectada na fotografia aérea de 1989 por uma unidade isolada no lote, portanto ocorreu entre o ano de 1978 e 1989. No período entre 2007 e 2017 se observou a transformação para a tipologia de unidades em fita, constando cinco unidades. Neste caso, mesmo se tratando de outro caso de processo de densificação da ocupação, houve respeito aos requisitos urbanísticos do zoneamento da área. Com relação à discussão sobre a tipologia em termos de qualidade urbanística e arquitetônica não foi objetivo do trabalho.

O lote C também ocorreu entre 1978 e 1989 e foi ao longo dos anos da série histórica aumentando a área de ocupação. No ortofotomosaico se detectou o avanço dos limites do lote para área livre. As medições dos requisitos urbanísticos apresentaram falta de conformidade com as exigências do zoneamento. Neste caso, trata-se de edificação com bom padrão construtivo, inclusive na área avançada sobre a área verde foi implantada uma piscina. Assim sendo, considera-se que o adensamento e expansão

da área construída se deve a elevação do padrão de vida financeiro e de consumo dos ocupantes. A partir dos valores dos requisitos ocupação mensurados e os valores aceitos pelo zoneamento, calculou-se o valor do TAC que resultou em 351,45 UPM que representa 105.491,23 Reais de acordo com o valor da UPM para agosto de 2020 (SEFAZ, 2020).

Com relação a taxa de permeabilidade, a utilização dos dados de classificação automatizada se confirmou não ter potencial para a medição de áreas permeáveis, havendo necessidade da interpretação visual sobre produto de alta resolução, como no caso, o ortofotomosaico RPA. No caso dos lotes A e C, apesar dos valores das taxas de permeabilidade não se encontrarem em conformidade com a legislação urbanística, o TAC não prevê cobrança sobre o descumprimento deste requisito.

Com relação aos requisitos urbanísticos, não foi objetivo do trabalho discutir os valores exigidos e somente detectar sua conformidade. Neste caso, o ortofotomodelo gerado com imagens RPA DJI Phanto-4-Pro demonstrou um produto adequado para se obter as medições dos requisitos urbanísticos.

O potencial da complementariedade de dados de diferentes sistemas de sensoriamento remoto e do uso de plataformas SIG à obtenção de informações sobre a ocupação urbana foram confirmados na utilização da interpretação da série histórica de imagens e atualização de levantamento mediante o uso de sistema RPA. Conclui-se que o sistema RPA de pequeno porte para aerolevanteamento em escala de registro imobiliário urbano pode ser atendida por estes equipamentos de forma satisfatória no caso de levantamento de áreas pequenas, até 1,0 km². Para o levantamento sistemático do município há necessidade do aerolevanteamento convencional. Portanto a utilização de dados RPA é válida para atualização de áreas pontuais como em caso de glebas em processo de regularização fundiária, ou monitoramento de áreas susceptíveis à ocupação como borda de APP. A utilização de imagem satélite VHR, por mais que possua a vantagem da facilidade de aquisição e possibilidade de automatização de informação por métodos de classificação automática, se confirmou um desafio para a obtenção de informações acuradas da superfície do solo urbano.

Com relação a aplicação dos dados de sensoriamento remoto de alta resolução espacial para gestão municipal de municípios obrigados à elaboração e implantação de PD, considera-se ideal um plano de geoprocessamento e análise de imagens aéreas de alta resolução para acompanhamento e revisão do PD. Propõe-se que: as imagens satélites VHR devam ser

adquiridas, processadas, analisadas e comparadas anualmente ou conforme dinâmica da ocupação; as imagens RPA, sejam utilizadas para checagens e resoluções de conflitos de ocupação do solo de maneira pontual, e; os levantamentos aerofotogramétricos para a atualização cadastral a cada 10 anos, período de revisão do PD, ou dependendo do grau de alteração da ocupação territorial, visto que este compreende um projeto maior e de maior desprendimento financeiro. Para a operacionalização dos dados das imagens aéreas cabe à municipalidade dispor de equipe técnica com conhecimento em geoprocessamento e que trabalhe de maneira integrada com as diversas secretarias municipais. Além de equipamento em termos de hardware, software e sistemas de sensores.

O Quadro 10 resume a aplicação dos dados de sensoriamento remoto na geração de produtos de cartográficos para o reconhecimento da ocupação do solo e ordenamento territorial urbanos utilizados no trabalho apresentado onde se demonstrou questões de incoerências ambiental e de ordenamento urbano.

Quadro 10 – Aplicação dos dados de sensoriamento remoto na geração de produtos de cartográficos para o reconhecimento da ocupação do solo e ordenamento territorial urbanos.

Dados Sensoriamento Remoto	Produtos de geoprocessamento	Aplicação ao ordenamento territorial urbano
Dados Satélites MS	Mapa temático por Classificação Automática	Reconhecimento de zonas de expansão urbana
Dados de Aeronave	Ortofotomosaico em escala 1:1.000	Reconhecimento da área urbana total de uma cidade média ou maior em escala aplicável à questões de uso do solo
	Série Histórica (fotointerpretação)	Testemunho histórico da ocupação
Dados RPA	Ortofotomosaico em escala 1:100 a 1:400	Reconhecimento de alterações na ocupação do solo em áreas pontuais (ideal para área até 1,0 Km ²)
		Cadastro imobiliário

8.1 EXPECTATIVAS NÃO ALCANÇADAS

Não se obtiveram resultados satisfatórios com o equipamento RPA *Matrice-210-RTK* adquirido pelo projeto de pesquisa. O resultado encontrado não corresponde à acurácia suficiente à processos de regularização fundiária e está muito aquém aos resultados atingidos

pelo referencial teórico apresentado quanto ao georreferenciamento do ortofotomosaico das imagens RPA.

Não foi possível testar a utilização de imagens multiespectrais adquiridas pela câmera *Micasense Red-Edge* acoplada ao *Matrice-210-RTK* devido ao adiantar de tempo decorrido para a pesquisa, assim como a ruptura da equipe de trabalho do LabFSG em decorrência à saída do coordenador do laboratório, no caso orientador deste projeto entre outros que se encontravam em desenvolvimento.

8.2 SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS

Quanto a classificação supervisionada mediante imagens satélites MS VHR para o reconhecimento da ocupação do solo urbano em nível de parcela imobiliária, acredita-se que trabalhos futuros possam buscar: (i) testar a classificação em um recorte equivalente à ocupação de uma quadra típica da localidade a ser analisada, buscando amostras dentro deste recorte e procedendo a classificação por quadras; (ii) trabalhar com categorias de classificação em função do material como por exemplo, cobertura cerâmica, concreto, solo exposto, massa arbórea, gramínea, piscina e a partir do objeto informar a classe quanto à permeabilidade que se insere; (iii) explorar o método de classificação OBIA; (iv) utilizar as imagens multiespectrais captadas pela câmera *Micasense Red-Edge* acoplada ao *Matrice210RTK*. No mesmo sentido que se realizou a pesquisa de Sibaruddin et al (2018) apresentada no referencial teórico.

REFERÊNCIAS

7Graus. Significados: descubra o que significa, conceitos e definições, c2020. Sensoriamento Remoto. Disponível em <https://www.significados.com.br/sensoriamento-remoto/>. Acesso em 10 de jul. de 2020.

AASEN, Helge et al. Quantitative remote sensing at ultra-high resolution with UAV spectroscopy: a review of sensor technology, measurement procedures, and data correction workflows. **Remote Sensing**, v. 10, n. 7, p. 1091, 2018.

AGÜERA-VEGA, Francisco; CARVAJAL-RAMÍREZ, Fernando; MARTÍNEZ-CARRICONDO, Patricio. Assessment of photogrammetric mapping accuracy based on variation ground control points number using unmanned aerial vehicle. **Measurement**, v. 98, p. 221-227, 2017.

ALVES, R. A. L. et al. Fundamentos de Geoprocessamento Aplicados à Perícia. In: TOCCHETTO, Domingos. Perícia ambiental criminal. 3. ed. Campinas, SP: Millenium Editora, 2014, p. 239-277.

AMINI, Ata et al. Impacts of land-use change on streamflows in the Damansara Watershed, Malaysia. **Arabian Journal for Science and Engineering**, v. 36, n. 5, p. 713-720, 2011.

ANAC - Agência Nacional de Aviação Civil. Resolução nº 419, de 02 de maio de 2017. Requisitos gerais para aeronaves não tripuladas de uso civil. Publicado no Diário Oficial da União de 3 de maio de 2017, Seção 1, página 52. Disponível em: <http://www.anac.gov.br>

ARIZA LÓPEZ, Francisco Javier; ATKINSON GORDO, Alan David. Analysis of some positional accuracy assessment methodologies. **Journal of surveying Engineering**, v. 134, n. 2, p. 45-54, 2008.

ARIZA-LÓPEZ, F. J. Introducción a la calidad en la Información Geográfica. **Fundamentos de Evaluación de la Calidad de la Información Geográfica**, p. 1-62, 2013.

ASCE, Committee on Cartographic Surveying. Map uses, scales and accuracies for engineering and associated purposes. Surveying and Mapping Division, New York, 1983.

ASPRS, American Society for Photogrammetry and Remote Sensing. ASPRS Accuracy Standards for Large-Scale Maps. Approval by the ASPRS Professional Practicing Division, March, 1990. Annual Reports.

BAUMAN, Zygmunt. **Modernidade Líquida**. Tradução Carlos Alberto Medeiros. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2001.

BELGIU, M.; DRĂGUȚ, L.; STROBL, J. *Quantitative evaluation of variations in rule-based classifications of land cover in urban neighbourhoods using WorldView-2 imagery*. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v. 87, p. 205-215, 2014.

BELOEV, Ivan H. A review on current and emerging application possibilities for unmanned aerial vehicles. **Acta technologica agriculturæ**, v. 19, n. 3, p. 70-76, 2016.

BLASCHKE, T.; KUX H. **Sensoriamento Remoto e SIG avançados: novos sistemas sensores: métodos inovadores**. Versão brasileira 2ª ed. São Paulo; Oficina dos textos, 2007.

BRASIL. Resolução nº. 01, de 30 de novembro de 2009. Homologa a Norma da Cartografia Nacional, que define o perfil de Metadados Geoespaciais do Brasil. Normas Brasil: Publicado no Diário Oficial em 01 de dezembro de 2009. Disponível em: https://www.normasbrasil.com.br/norma/resolucao-1-2009_111500.html. Acesso em: 12 jun 2020.

BRASIL, Lei do Parcelamento do Solo Urbano. Lei nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979. Dispõe sobre o Parcelamento do Solo Urbano e dá outras Providências. Diário Oficial da União de 20 de dezembro de 1979, p. 19457, col. 1.

BRASIL. Código Civil. Lei n. 10.406, de 10 de janeiro de 2002. Institui o Código Civil. **Jusbrasil**: Seção 1 do Diário Oficial da União de 11 de janeiro de 2002 (b). Disponível em: presrepublica.jusbrasil.com.br/legislacao/91577/codigo-civil-lei-10406-02. Ace. Acesso em: 12 jun 2020

BRASIL. Congresso Nacional. Código Florestal, Lei nº 4.771/65 de 15 de setembro de 1965. Institui o novo Código Florestal. Brasília: Diário Oficial da União de 16 de setembro de 1965, Seção 1, Página 9529.

BRASIL. Congresso Nacional. Lei Florestal. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; e dá outras providências. Base Legislação da Presidência da República: Brasília, Diário Oficial da União de 28 de maio de 2012, Seção 1, Página 1. Disponível em <https://legislacao.presidencia.gov.br/atos/?tipo=LEI&numero=12651&ano=2012&ato=a48QTVU1kMVpWT59b>. Acesso em: 12 jun 2020.

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. Lex: Diário Oficial da União, Brasília, DF, 05 out. 1988. Seção 1, Página 1 (Publicação Original).

BRASIL. Decreto nº 9.310, de 15 de março de 2018. Institui as normas gerais e os procedimentos aplicáveis à Regularização Fundiária Urbana e estabelece os procedimentos para a avaliação e a alienação dos imóveis da União. Portal Câmara dos Deputados: Diário Oficial da União. Brasília, DF, 16 de março de 2018. Disponível em: <http://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/2018/decreto-9310-15-marco-2018-786319-publicacaooriginal-155038-pe.html>. Acesso em: 30 mar. 2018.

BRASIL. Decreto nº 6.666, de 27 de novembro de 2008. Institui, no âmbito do Poder Executivo federal, a Infra-Estrutura Nacional de Dados Espaciais - INDE, e dá outras providências. Lexml: Diário Oficial da União. Seção 1. 28 de novembro de 2008. p. 57. Acesso em: 12 jun 2020

BRASIL. Decreto nº 89.817 de julho de 1984. Estabelece as Instruções Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Nacional. Diário Oficial da União - Seção 1 - 22/6/1984, Página 8884 (Publicação Original)

BRASIL. Decreto-lei nº 243, de 28 de fevereiro de 1967. Fixa as Diretrizes e Bases da Cartografia Brasileira e dá outras providências.

providências. **Imprensa Nacional**: Diário oficial da união em 23 dez 2016; Edição: 246, Seção: 1, Página: 4. Disponível em: http://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/21295795/do1-2016-12-23-medida-provisoria-n-759-de-22-de-dezembro-de-2016-21295678. Acesso em: 12 jun 2020.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 303, de 20 de março de 2002. Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente. Brasília: Diário Oficial da União, nº 90, de 13 de maio de 2002, Seção 1, página 68. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30302.html>. Acesso em: 30 set. 2017.

BRASIL. Superior Tribunal de Justiça. Recurso Especial N. 650.728-SC (2003/0221786-0). Relator: Ministro Herman Benjamin. Brasília, DF, 23 de outubro de 2007. **Revista do Superior Tribunal de Justiça**: Repositório Oficial da Jurisprudência do Superior Tribunal de Justiça, Volume 238, Ano 27, abril/maio/junho, 2015, p.183-202. Disponível em: https://ww2.stj.jus.br/docs_internet/revista/electronica/stj-revista-electronica-2015_238.pdf. Acesso em: 12 jun 2020.

BUGGE, Hans Christian. *Twelve fundamental challenges in environmental law*. In: VOIGT, Christina (Org). **Rule of Law for Nature: New Dimensions and Ideas in Environmental Law**. Nova Iorque; Cambridge University Press, 2013. P. 3-26.

CAMPBELL, James B; WYNNE, Randolph H. **Introduction to Remote Sensing**. 5th ed. The Guilford Press, New York, 2011.

CARNEIRO, Andrea Flávia Tenório; ERBA, Diego Alfonso; AUGUSTO, Eduardo Agostinho Arruda. Cadastro Multifinalitário 3D: conceitos e perspectivas de implantação no Brasil. **Revista Brasileira de Cartografia**, 2012. Disponível em: <https://www.ufpe.br/cadastragt/imagens/pdf/cadastrmulti.pdf>. Acesso em: maio 2016.

CARVAJAL-RAMÍREZ, Fernando; AGÜERA-VEGA, Francisco; MARTÍNEZ-CARRICONDO, Patricio J. Effects of image orientation and ground control points distribution on unmanned aerial vehicle photogrammetry projects on a road cut slope. **Journal of Applied Remote Sensing**, v. 10, n. 3, p. 034004, 2016.

CASTELLS, M. A Questão Urbana. Trad. Arlete Caetano. Rio de Janeiro: Paz e terra. 2008.

COLOMINA, Ismael; MOLINA, Pere. Unmanned aerial systems for photogrammetry and remote sensing: A review. **ISPRS Journal of photogrammetry and remote sensing**, v. 92, p. 79-97, 2014.

CONGALTON, R. G.; GREEN, K. Assessing the accuracy of remotely sensed data: principles and practices. 2. ed. Taylor & Francis Group, 2009, 183p.

CROMMELINCK, Sophie et al. Contour detection for UAV-based cadastral mapping. **Remote sensing**, v. 9, n. 2, p. 171, 2017. CUNHA; ERBA, 2010)

DA MOTA MENDONÇA, Rafael. **A formação de consensos na realização de políticas públicas de regularização fundiária**: a lei 13.465/2017 e a gestão democrática das cidades. *Geo UERJ*, n. 36, p. 48414, 2020.

DA SILVA REIS, Diorny et al. O Uso de Imagem de Satélite na Avaliação de Indicadores de Floresta Urbana da Cidade de Arinos, MG. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 12, n. 2, p. 01-15, 2017.

DSG - Diretoria do Serviço Geográfico. Especificação Técnica para Controle de Qualidade de Dados Geoespaciais (ET-CQGV), 1ª edição. Brasil, 2016. (b). Disponível em: http://www.geoportal.eb.mil.br/portal/images/PDF/ET_CQDG_1a_edicao_2016.pdf. Acesso 04 de julho de 2020.

DSG - Diretoria do Serviço Geográfico. Especificação Técnica para Produtos de Conjuntos de Dados Geoespaciais (ET-PCDG). Brasil, 2016 (c).

DSG - Diretoria do Serviço Geográfico. Especificações Técnicas para Estruturação de Dados Geoespaciais Vetoriais (ET-EDGV 3.0). Brasil, 2017 (b). Disponível em: http://www.geoportal.eb.mil.br/portal/images/PDF/ET-EDGV-3_0_210518.pdf Acesso 04 de julho de 2020.

DSG - Diretoria do Serviço Geográfico. Norma da Especificação Técnica para Aquisição de Dados Geoespaciais Vetoriais de Defesa da Força Terrestre (ET-ADGV), 3.0. Brasil, 2017 (a) Disponível em: http://www.geoportal.eb.mil.br/portal/images/PDF/ET-ADGV-3_0_210518.pdf Acesso 04 de julho de 2020.

EISENBEISS, H. **UAV Photogrammetry**. PhD Thesis University of Technology Dresden, 2009.

EMBRAPA. Satélites de Monitoramento. Disponível em: <http://www.sat.cnpm.embrapa.br/satelite.html>. Acesso: agosto de 2017.

EOS – Earth Observing Systems, 2020. Disponível em: <https://eos.com/>. Acesso em: 16 de abr. de 2020.

ESA – European Space Agency, 2020. Disponível em: <https://earth.esa.int/eogateway/>

ESCH, T.; TAUBENBÖCK, H.; HELDENS, W.; THIEL, M.; WURM, M.; DECH S. *Urban Remote Sensing, How can earth observation support the sustainable development of urban environments?* **46th ISOCARP Congress** 2010.

FERREIRA, Marcus Bruno Malaquias; SALLES, Alexandre Ottoni Teatini. Política ambiental brasileira: análise histórico-institucionalista das principais abordagens estratégicas. **Revista de Economia**, v. 42, n. 2, 2017.

FGDC, Federal Geographic Data Committee. Geospatial positioning accuracy standards, Part 3. National standard for spatial data accuracy. 1998. *FGDC-STD-007*, Reston, Va.

FOODY, Giles M. Status of land cover classification accuracy assessment. **Remote sensing of environment**, v. 80, n. 1, p. 185-201, 2002.

FORMAGGIO, A. R.; SANCHES, I. D. **Sensoriamento Remoto em agricultura São Paulo: Oficina de textos**, 2017. 288p.

FRANKE, Jonas et al. Hierarchical multiple endmember spectral mixture analysis (MESMA) of hyperspectral imagery for urban environments. **Remote Sensing of Environment**, v. 113, n. 8, p. 1712-1723, 2009. GEDDES, Sir Patrick. *Cidades em evolução*. Papirus, 1994.

GALPARSORO, López de Ullibarri; FERNÁNDEZ, Pita. Medidas de concordancia: el índice de Kappa. Unidad de Epidemiología Clínica y Bioestadística. Complejo Hospitalario-Universitario Juan Canalejo. A Coruña, España. **Cad Aten Primaria** 1999; 6: 169-171. Actualización 24/09/2001.

<https://www.fisterra.com/mbe/investiga/kappa/kappa2.pdf>

GOTTDIENER, M. **A Produção Social do Espaço Urbano**. Tradução Geraldo Gerso de Souza. São Paulo: Ed. Da Universidade de São Paulo. 1993.

GRAYSON, Ben et al. GPS precise point positioning for UAV photogrammetry. **The Photogrammetric Record**, v. 33, n. 164, p. 427-447, 2018. GROSTEIN, Marta Dora. MetrÓpole e expansão urbana: a persistência de processos" insustentáveis". São Paulo em perspectiva, v. 15, n. 1, p. 13-19, 2001.

GUELL, J. M. F. **Planificación Estratégica de Ciudades**: nuevos instrumentos y procesos. Nueva edición, revisada y aumentada. Barcelona: Reverté, 2013.

HARWIN, Steve; LUCIEER, Arko. Assessing the accuracy of georeferenced point clouds produced via multi-view stereopsis from unmanned aerial vehicle (UAV) imagery. **Remote Sensing**, v. 4, n. 6, p. 1573-1599, 2012.

HEROLD, Martin; LIU, XiaoHang; CLARKE, Keith C. Spatial metrics and image texture for mapping urban land use. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, v. 69, n. 9, p. 991-1001, 2003.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Acesso e uso de dados geoespaciais / IBGE**, Coordenação de Cartografia. - Rio de Janeiro: IBGE, 2019

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. População Rural e Urbana. IBGE, 2020. Disponível em:

<https://educa.ibge.gov.br/jovens/conheca-o-brasil/populacao/18313-populacao-rural-e-urbana.html>. Acesso em 03 ago. 2020.

INPE – Instituto Nacional de Pesquisa Espacial. INPE disponibiliza imagens para auxiliar no planejamento urbano das cidades. Postado em Destaque, Notícia 25 de outubro de 2016. <http://portal-antigo.aeb.gov.br/2016/10/>

IPPUJ - Fundação Instituto de Pesquisa e Planejamento para o Desenvolvimento Sustentável de Joinville (Org.). **Joinville - Cidade em dados 2015**. 180p. Ilustrada. Joinville: Prefeitura Municipal de Joinville, 2015a.

IPPUJ - Fundação Instituto de Pesquisa e Planejamento para o Desenvolvimento Sustentável de Joinville (Org.). **Joinville –Bairro a Bairro 2015**. 106p. Joinville: Prefeitura Municipal de Joinville, 2015b.

ISO - International Organization for Standardization. ISO 19157: 2013. **Geographic Information – Data Quality**. International Organization for Standardization: Suíça.

ISO - International Organization for Standardization. ISO 2859-2: 1985. **Sampling Procedures for Inspection by Attributes-Part 2: Sampling Plans Indexed by Limiting Quality (LQ) for Isolated Lot Inspection.** International Organization for Standardization: Suíça.

JACOBI, Pedro. Educação Ambiental: o desafio da construção de um pensamento crítico, complexo e reflexivo. In: **Educação e Pesquisa.** São Paulo, v. 31, n. 2, p. 233-250, maio/ago. 2005. Disponível em <http://www.scielo.br/> acesso jul 2015.

JENSEN, J. R. **Sesoriamento Remoto do Ambiente: Uma Perspectiva em Recursos Terrestres.** Tradução José Carlos Neves Epiphany (coord.) et al. São José dos Campos, SP: Parênteses, 2011

JOINVILLE. Decreto Municipal nº 26.874, de 24 de maio de 2016. Área urbana consolidada de Joinville - Diagnóstico socioambiental. 156p. Diário Oficial Eletrônico do Município de Joinville nº 461, Joinville, SC, 24 mai. 2016. Disponível em: <https://www.joinville.sc.gov.br/public/portaladm/pdf/jornal/766e02bc1af1805fe4d072a04384fd36.pdf>. Acesso em 12 jun 2020

JOINVILLE. Lei Complementar nº 027 de 27 de março de 1996. Atualiza as normas de uso e ocupação, redefina o perímetro urbano e institui o parcelamento do solo urbano no município de Joinville e dá outras providências. Sistema LeisMunicipais, 10 jan 2017. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a/sc/j/joinville/lei-complementar/1996/2/27/lei-complementar-n-27-1996-atualiza-as-normas-de-uso-e-ocupacao-redefina-o-perimetro-urbano-e-institui-o-parcelamento-do-solo-urbano-no-municipio-de-joinville-e-da-outras-providencias-2012-01-10>. Acesso em: 12 jun 2020.

JOINVILLE. Lei complementar nº 312, de 19 de fevereiro de 2010. Altera e dá nova redação à lei complementar nº 27, de 27 de março de 1996, que atualiza as normas de parcelamento, uso e ocupação do solo no município de Joinville e dá outras providências. LeisMunicipais, 10 jan 2017. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a/sc/j/joinville/lei-complementar/2010/31/312/lei-complementar-n-312-2010-altera-e-da-nova-redacao-a-lei-complementar-n-27-de-27-de-marco-de-1996-que-atualiza-as-normas-de-parcelamento-uso-e-ocupacao-do-solo-no-municipio-de-joinville-e-da-outras-providencias.html>

JOINVILLE. Lei complementar nº 318, de 11 de outubro de 2010. Institui o instrumento de controle urbanístico do plano diretor de desenvolvimento sustentável de Joinville - estruturação territorial, que estabelece e define o macrozoneamento no município e dá outras providências. LeisMunicipais, 10 jan 2017. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a2/sc/j/joinville/lei-complementar/2010/31/312/lei-complementar-n-312-2010-altera-e-da-nova-redacao-a-lei-complementar-n-27-de-27-de-marco-de-1996-que-atualiza-as-normas-de-parcelamento-uso-e-ocupacao-do-solo-no-municipio-de-joinville-e-da-outras-providencias.html>. Acesso 12 jun 2020.

JOINVILLE. Lei Complementar Nº 502, de 30 de maio DE 2018. Dispõe sobre a celebração de Termo de Compromisso e Ajustamento de Conduta, a ser firmado entre o Executivo Municipal e pessoas físicas ou jurídicas, para regularização de imóveis que tenham sido construídos em desconformidade com a nova Lei de Ordenamento Territorial - Lei Complementar nº 470, de 09 de janeiro de 2017. Disponível em:

[https://leismunicipais.com.br/pdf/Lei-complementar-502-2018-Joinville-SC-consolidada-\[08-05-2019\].pdf](https://leismunicipais.com.br/pdf/Lei-complementar-502-2018-Joinville-SC-consolidada-[08-05-2019].pdf). Acesso em: 06 de julho de 2020.

JOINVILLE. Lei nº 1262, de 27 de abril 1973. Reestrutura o plano diretor e dá outras providências. Sistema LeisMunicipais: 13 ago 2019. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a/sc/j/joinville/lei-ordinaria/1973/126/1262/lei-ordinaria-n-1262-1973-reestrutura-o-plano-diretor-e-da-outras-providencias-2012-12-18.html>. Acesso em: 12 jun 2020.

LEFEBVRE, H. Lefebvre, H. **A Revolução Urbana**; Tradução de Sérgio Martins. Belo Horizonte: Ed. UFMG.

LEITE, José Rubens Morato; BELCHIOR, Germana Parente Neiva. Dano ambiental na sociedade de risco: uma visão introdutória. In: LEITE, José Rubens Morato (Coord.). **Dano ambiental na sociedade de risco**. São Paulo; Saraiva, 2012. P. 13-54.

LEITE, José Rubens Morato; PILATI, Luciana Cardoso; JAMUNDÁ, Woldemar. Estado de direito ambiental no Brasil. In: KISHI, Sandra Akemi S.; SILVA, Solange Teles da; SOARES, Inês V. Prado (Orgs.). **Desafios do direito ambiental no século XXI: estudos em homenagem a Paulo Affonso Leme Machado**. São Paulo: Malheiros, 2005.

LINDER, Wilfried. **Digital Photogrammetry: A Practical Course**. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2006.

LIRA, Ricardo Pereira. **Direito urbanístico, estatuto da cidade e regularização fundiária**. Revista de Direito da Cidade, v. 1, n. 1, p. 261-276, 2006.

LOCH, C. **A interpretação de imagens aéreas: noções básicas e algumas aplicações nos campos profissionais**. Florianópolis: Ed. Da UFSC, 2008.

LOCH, Carlos. Planejamento Urbano. Palestra convidada para a Mesa redonda promovida pela câmara de Vereadores. Campo Grande, julho de 2019c.

LOCH, Carlos. Sustentabilidade dos Municípios. Palestra convidada para a Mesa redonda promovida pela câmara de Vereadores. Campo Grande, julho de 2019b.

LOCH, C; LAPOLLI, E.M. **Elementos básicos da fotogrametria e sua utilização prática**. Florianópolis, Editora da UFSC, 3a ed. 1994.

LOCH, Carlos; ERBA, Diego Afonso. **Cadastro Técnico Multifinalitário Rural e Urbano**. Cleveland, Lincoln Institut of Land Policy, USA, 2007.

LOCH, Carlos; ROSELFELDT, Yuzi Aná Z. A mentalidade cartográfica e cadastral como suporte para o conhecimento do território e garantia da transparência pública. In: LOCH, Carlos; KRONEK, Reinaldo (Org.). **Territórios da cidadania em Santa Catarina**. Palhoça; Ed. Unisul, 2019a.

LOCH, Carlos; ROSELFELDT, Yuzi Aná Z. Os sistemas de informação Geográfica e o Planejamento Municipal – princípios. In JULIÃO, Pedro Rui (Org.). **Informação Geográfica, Cadastro e Gestão Territorial**. Experiências e boas práticas luso-brasileiras. E-Book. Edição CICD. NOVA FCSH, 2015.

LONGLEY, P.A; GOODCHILD, M.F; MAGUIRE, D.J.; RHIND, D.W. **Sistemas e ciências da informação geográfica**. Tradução: André Schineider et al. Revisão Técnica: Heinrich Hasenack, Eliseu José Weber – 3 ed. – Porto Alegre: Bookman, 2013, 540p.

LUZ, L.A.S. **Uma proposta para a precisão posicional no cadastro urbano brasileiro**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis - SC. 2013.

MARICATO, E. As ideias fora do lugar e o lugar fora das ideias. In: ARANTES, O.; VAINER, C.; MARICATO, E. **A cidade do pensamento único: desmanchando consensos**. 8º ed. Petrópolis, RJ: Ed. Vozes, 2013.

MARICATO, Ermínia. Para entender a crise urbana. **CaderNAU**, v. 8, n. 1, p. 11-22, 2015.

MARQUES, Fabrício; GUIMARÃES, Maria. A pandemia incide no ano mais importante da história da humanidade. Serão as próximas zoonoses gestadas no Brasil? **Ciência, Saúde e Sociedade: COVID 19**. UNICAMP. Arquivo mensal: maio 2020. Disponível na Internet: <https://www.unicamp.br/unicamp/noticias/2020/05/05/pandemia-incide-no-ano-mais-importante-da-historia-da-humanidade-serao-proximas>. 05 de maio de 2020.

MARRARA, Thiago, CASTRO, André Simionato. O processo administrativo de regularização fundiária urbana na lei 13.465/2017. **Caderno de Direito e Políticas Públicas**, v. 1, n. 1, 2019.

MARTÍNEZ-CARRICONDO, Patricio et al. Assessment of UAV-photogrammetric mapping accuracy based on variation of ground control points. **International journal of applied earth observation and geoinformation**, v. 72, p. 1-10, 2018.

MATHER, Paul M.; KOCH, Magaly. **Computer processing of remotely-sensed images: an introduction**. John Wiley & Sons, 2011.

MATTOS, L. P. et al. **Estatuto da Cidade Comentado**. 480 p. Belo Horizonte: Mandamentos, 2002.

MELLO, Emanuele Teles Ouriques de. **Método apoiado para escolha de sensores orbitais para aplicações em gestão ambiental**. Xiv, 159 F. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Disponível em: <http://www.tede.ufsc.br/teses/PEPS5317-T.pdf>

MESAS-CARRASCOSA, Francisco Javier et al. Positional quality assessment of orthophotos obtained from sensors onboard multi-rotor UAV platforms. **Sensors**, v. 14, n. 12, p. 22394-22407, 2014.

MONOSOWKI, E. **Políticas Ambientais e Desenvolvimento no Brasil**. Planejamento e gerenciamento ambiental. FUNDAP – São Paulo, 1989.

MOREIRA, Antônio Cláudio ML. Megaprojetos e ambiente urbano: Parâmetros para elaboração do relatório de impacto de vizinhança. Pós. **Revista do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da FAUUSP**, n. 7, p. 109-120, 1998.

MOREIRA, Maurício Alves. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. 4ª ed. Atualizada e ampliada. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2011.

MYINT, S. W. et al. Per-pixel vs. object-based classification of urban land cover extraction using high spatial resolution imagery. **Remote sensing of environment**, v. 115, n. 5, p. 1145-1161, 2011.

NASCIMENTO, Manoela do. **Ordenamento territorial e densidade urbana: o caso de Joinville/SC**. 2014. 147 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Florianópolis, 2014. Disponível em: <http://tede.ufsc.br/teses/PARQ0222-D.pdf>. Acesso em: 20 jul. 2020.

NIXON, David; SALGADO-GARCÍA, Sergio; GURUSAMY, Saravana; CROUT, Neil; RODRIGUES Jr, Francelino. An overview of the Mexican Crop Observation. **Management and Production**. Analysis Services System (COMPASS) Project (English translation), 2017. PACIFICI, F.; CHINI, M.; EMERY, W. J. A neural network approach using multi-scale textural metrics from very high-resolution panchromatic imagery for urban land-use classification. **Remote Sensing of Environment**, v. 113, n. 6, p. 1276-1292, 2009.

PADRÓ, Joan-Cristian et al. Comparison of four UAV georeferencing methods for environmental monitoring purposes focusing on the combined use with airborne and satellite remote sensing platforms. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v. 75, p. 130-140, 2019. Pajares, 2015;

PAULEIT, S.; DUHME, F. Assessing the environmental performance of land cover types for urban planning. **Landscape and urban planning**, v. 52, n. 1, p. 1-20, 2000.

PRAES, Elaine Oliveira. Código florestal brasileiro: evolução histórica e discussões atuais sobre o novo código florestal. **VI Colóquio internacional “educação e contemporaneidade”**, São Cristóvão, Brasil, 2012.

PURKIS, Sam J.; KLEMAS, Victor V. **Remote sensing and global environmental change**. John Wiley & Sons, 2011.

QUEIROGA, E. F. (2011) Sistemas de espaços livres e esfera pública em metrópoles brasileiras. In: **Resgate** – vol. XIX, Nº21 – jan./jun. 2011. Disponível em <http://www.cmu.unicamp.br/> Acesso em 22 de setembro de 2015

REQUIA, Weeberb J. et al. Mapping alternatives for public policy decision making related to human exposures from air pollution sources in the Federal District, Brazil. **Land Use Policy**, v. 59, p. 375-385, 2016.

RESHETYUK, Yuriy; MÅRTENSSON, Stig-Göran. Generation of highly accurate digital elevation models with unmanned aerial vehicles. **The Photogrammetric Record**, v. 31, n. 154, p. 143-165, 2016.

RIESCH, S. M. A. Avaliação: Gerar conhecimento tecnocrático ou capacidade local. FÍSCHER, Tânia (org.). In: **Gestão do Desenvolvimento e Poderes Locais: marcos teóricos e avaliação**. Salvador, BA: Casa da Qualidade, 2002.

ROLNIK, Raquel; CYMBALISTA, Renato; NAKANO, Kazuo. Solo urbano e habitação de interesse social: a questão fundiária na política habitacional e urbana do país. **Revista de Direito da ADVOCEF**, v. 1, n. 13, p. 123-158, 2011.

ROSENFELDT, Yuzi. Anaí. Z. **Integração da geodésia, da fotogrametria e da fotointerpretação na construção de sistema cadastral para viabilizar a regularização fundiária plena**. 301 f. Tese (doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis - SC. 2016.

ROSENFELDT, Yuzi. Anaí. Z.; LOCH, Carlos. Necessidade Técnica e Cartográfica como Amparo Jurídico aos Processos de Regularização Fundiária. RBC. **Revista Brasileira de Cartografia (Online)**, v. 64/2, p. 213-226, 2012.

ROSENFELDT, Yuzi. Anaí. Z.; LOCH, Carlos. O sistema de informação geográfica para a gestão territorial. O estabelecimento e sistematização das variáveis que contribuem na orientação governamental. In: LOCH, Carlos; KRONEK, Reinaldo (Org.). **Territórios da cidadania em Santa Catarina**. Palhoça; Ed. Unisul, 2019.

SABOYA, Renato T. **PD Florianópolis: crônica de uma morte anunciada**. Postado em 25 abril, 2010. Disponível em: <http://urbanidades.arq.br/2010/04/pd-florianopolis-cronica-de-uma-morte-anunciada/>. Acesso em agosto 2015.

SACHS, I. Primeiras Intervenções. In: **Dilemas e desafios do desenvolvimento sustentável no Brasil**. NASCIMENTO, Elimar Pinheiro; VIANNA, João Nildo. Rio de Janeiro, Garamond, 2007.

SANTANA, N. A. **A Produção do Espaço Urbano e os Loteamentos na Cidade de Joinville (SC) -1949/1996**. 232 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Departamento de Geociências do Centro de Filosofia e Ciências Humanas da UFSC, Florianópolis. 1998.

SANTOS, Afonso de Paula dos; RODRIGUES, Dalto Domingos; SANTOS, Nerilson Terra and GRIPP JUNIOR, Joel. Avaliação da acurácia posicional em dados espaciais utilizando técnicas de estatística espacial: proposta de método e exemplo utilizando a norma brasileira. In: **Bol. Ciênc. Geodésias [online]**, 2016, vol. 22, n. 4, pp. 630-650.

SATELLITE IMAGIG CORPORATION.,2017. Disponível em: <https://www.satimagingcorp.com/>. Acesso em: 16 de abr. de 2020.

SAULE JÚNIOR, Nelson. Do Plano Diretor. In: Liana Portilho Mattos. (Org.). **Estatuto da Cidade Comentado**. 1ed.Belo Horizonte: Mandamentos, 2002, v. 1, p. 255-294

SEFAZ – Secretaria da Fazenda, Unidade de Administração Financeira. Tabela de Valores Unidade Padrão Municipal. 02 de janeiro 2020. Disponível em: <https://www.joinville.sc.gov.br/publicacoes/tabela-de-valores-unidade-padrao-municipal-upm/>. Acesso em: 17 de jul. de 2020.

SEPUD - Secretaria de Planejamento Urbano e Desenvolvimento Sustentável. Joinville Bairro a Bairro. Joinville: Prefeitura Municipal de Joinville. Joinville, 2017 188p. Disponível em: <https://www.joinville.sc.gov.br/wp-content/uploads/2017/01/Joinville-Bairro-a-Bairro-2017.pdf>. Acesso em 20 de jul. de 2020.

SEPUD - Secretaria de Planejamento Urbano e Desenvolvimento Sustentável. Joinville Cidade em Dados 2020. Prefeitura Municipal de Joinville. Joinville, 2020. 64 páginas. Disponível em: <https://www.joinville.sc.gov.br/wp-content/uploads/2020/06/Joinville-Cidade-em-Dados-2020-Ambiente-Constru%C3%ADdo-30062020.pdf>. Acesso em 20 de jul. de 2020.

SHACKELFORD, A. K.; DAVIS, C. H. A combined fuzzy pixel-based and object-based approach for classification of high-resolution multispectral data over urban areas. *IEEE Transactions on GeoScience and Remote sensing*, v. 41, n. 10, p. 2354-2363, 2003. Sibaruddin et al (2018) A SIBARUDDIN, Hairie Ilkham et al. UAV-based approach to extract topographic and as-built information by utilising the OBIA technique. **Journal Geoscience Geomatic**, v. 6, n. 3, p. 103-123, 2018.

SILIVI JR, O. L ; JATAHY, D. C. ; SILVA, M. S. R. ; LOCH, C. . Análise temporal do processo de ocupação urbana irregular sobre áreas de preservação permanente em Joinville (SC). In: **12º Congresso de Cadastro Técnico Multifinalitário e Gestão Territorial**, 2016, Florianópolis. Anais do COBRAC 2016, 2016. Disponível em: <http://www.ocs.cobrac.ufsc.br/index.php/cobrac/>. Acesso em: 28 jul. 2020.

SILVA, S. de S.; FAÇANHA, A. Planejamento Urbano em Teresina (pi): Abordagens da área central nos planos. **Boletim de Geografia**, v. 35, n. 1, p. 17-27, 9 ago. 2017.

SILVA, M. S. R.; EGER, R. A.; ROSENFELDT, Y. A. Z.; LOCH, C. Testing DJI Phantom 4 Pro for Urban Georeferencing. In: **ISPRS TC I Mid-term Symposium Innovative Sensing – From Sensors to Methods and Applications** (Volume XLII-1), Karlsruhe, Alemanha de 09 a 12 de outubro de 2018. Disponível em <https://www.int-arch-photogramm-remote-sens-spatial-inf-sci.net/XLII-1/407/2018/>. Acesso em: 28 jul. 2020.

SILVA, M. R. S.; EGER, R. A.; ROSENFELDT, Y. A. Z.; LOCH, C. Georreferenciamento de Imóvel Urbano mediante Levantamento por Vant – Phantom 4 Pro. In: **13º Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário e Gestão Territorial**, de 21 a 24 de outubro de 2018 (b), Florianópolis, SC. Disponível em: <http://ocs.cobrac.ufsc.br/index.php/cobrac/cobrac2018/paper/view/435> . Acesso em 28 jul. 2020.

SINGER, P. O uso do solo urbano na economia capitalista. In: MARICATO, E. (org.) **A produção capitalista da casa (e da cidade) no Brasil industrial**. 2. ed. São Paulo: Editora Alfa-Omega, 1982. Cap. 01, p. 21 a 36.

SOUZA, M. L. **Mudar a Cidade**: Uma introdução Crítica ao Planejamento e à Gestão Urbanos. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010.

TAHAR, K. N. An evaluation on different number of ground control points in unmanned aerial vehicle photogrammetric block. **Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spat. Inf. Sci**, v. 40, p. 93-98, 2013.

TEBALDI, M. **Projeto Mangue**: Preservação dos manguezais e zonas de Mara. Joinville: Editora Letradágua, 2008. 192p.

TONELLA, Celene. Políticas urbanas no Brasil: marcos legais, sujeitos e instituições. **Sociedade e Estado**, v. 28, n. 1, p. 29-52, 2013.

TONKIN, Toby N.; MIDGLEY, Nicholas G. Ground-control networks for image based surface reconstruction: An investigation of optimum survey designs using UAV derived imagery and structure-from-motion photogrammetry. **Remote Sensing**, v. 8, n. 9, p. 786, 2016.

TORRES, Stacy; GINTERS, Isabel (orgs.). **Cartilha reforma urbana já!** São Paulo: Instituto Pólis, 2016. 48p.

TURNER, Darren; LUCIEER, Arko; WALLACE, Luke. Direct georeferencing of ultrahigh-resolution UAV imagery. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v. 52, n. 5, p. 2738-2745, 2013.

UN - United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division. **World Urbanization Prospects: The 2018 Revision (ST/ESA/SER.A/420)**. New York: United Nations, 2019.

UN - United Nations. Nova Agenda Urbana. Conferência das Nações Unidas sobre Habitação e Desenvolvimento Urbano Sustentável (Habitat III), realizada em Quito (Equador), em 20 de outubro de 2016. Versão em português, 2019. Disponível em: <http://habitat3.org/wp-content/uploads/NUA-Portuguese-Brazil.pdf>. Acesso em: 20 de jul. de 2020.

UN - United Nations. Report Of The United Nations Conference On Human Settlements - HABITAT II. Istanbul, 3-14 June 1996. Disponível em: <https://undocs.org/A/CONF.165/14>. Acesso em: 20 de jul. de 2020.

USBB, United States Bureau of the Budget. "United States National Map Accuracy Standards", U.s. Bureau of the Budget, 17 de jun. de 1947.

Van BLYENBURGH, Peter. **UAVs: an overview**. Air & Space Europe (1999)

VIANNA, C. K.; MENECHINO, L. P.; PROCÓPIO, J. B. Loteamentos irregulares em áreas de preservação permanente e seus impactos sócioambientais. In: FERREIRA, Yoshiya Nakagawara et al. (Coord.). **Anais do II Seminário Nacional sobre Regeneração Ambiental de Cidades**. Londrina: UEL, 2007.

VILLAÇA, F. **As ilusões do Plano Diretor**. São Paulo, edição do autor, ago. 2005. Disponível em: <http://www.flaviovillaca.arq.br/pdf/ilusao_pd.pdf>. Acesso em junho 2016. WCED, 1987.

WENG, Qihao. Remote sensing of impervious surfaces in the urban areas: Requirements, methods, and trends. **Remote Sensing of Environment**, v. 117, p. 34-49, 2012. WHITFORD, V.; ENNOS, A. R.; HANDLEY, J. F. City form and natural process - indicators for the ecological performance of urban areas and their application to Merseyside, UK. **Landscape and urban planning**, v. 57, n. 2, p. 91-103, 2001.

WHITFORD, Victoria; ENNOS, A. Roland; HANDLEY, John F. "City form and natural process"—indicators for the ecological performance of urban areas and their application to Merseyside, UK. **Landscape and urban planning**, v. 57, n. 2, p. 91-103, 2001.

WOLF, Paul R.; DEWITT, Bom A.; WILKINSON, Benjamin E. **Elements of Photogrammetry with Applications in GIS**. 4th ed. McGraw-Hill Education, 2014. e-Book conversion by Cenveo® Publisher Services

XIE, Yichun; SHA, Zongyao; YU, Mei. Remote sensing imagery in vegetation mapping: a review. **Journal of plant ecology**, v. 1, n. 1, p. 9-23, 2008.

ANEXO 1

Classes usuais de acurácia horizontal de acordo com o novo padrão

Horizontal Accuracy Class RMSE _x and RMSE _y (cm)	RMSE _x (cm)	Orthoimage Mosaic Seamline Maximum Mismatch (cm)	Horizontal Accuracy at the 95% Confidence Level (cm)
0.63	0.9	1.3	1.5
1.25	1.8	2.5	3.1
2.50	3.5	5.0	6.1
5.00	7.1	10.0	12.2
7.50	10.6	15.0	18.4
10.00	14.1	20.0	24.5
12.50	17.7	25.0	30.6
15.00	21.2	30.0	36.7
17.50	24.7	35.0	42.8
20.00	28.3	40.0	49.0
22.50	31.8	45.0	55.1
25.00	35.4	50.0	61.2
27.50	38.9	55.0	67.3
30.00	42.4	60.0	73.4
45.00	63.6	90.0	110.1
60.00	84.9	120.0	146.9
75.00	106.1	150.0	183.6
100.00	141.4	200.0	244.8
150.00	212.1	300.0	367.2
200.00	282.8	400.0	489.5
250.00	353.6	500.0	611.9
300.00	424.3	600.0	734.3
500.00	707.1	1000.0	1233.9
1000.00	1414.2	2000.0	2447.7

Exemplos de acurácia horizontal para ortomagem digital interpretado pela ASPRS 1990

Common Orthoregistry Pixel Sizes	Associated Map Scale	ASPRS 1990 Accuracy Class	Associated Horizontal Accuracy According to Legacy ASPRS 1990 Standard	
			RMSE _x and RMSE _y (cm)	RMSE _x and RMSE _y in terms of pixels
0.625 cm	1:50	1	1.3	2-pixels
		2	2.5	4-pixels
		3	3.8	6-pixels
1.25 cm	1:100	1	2.5	2-pixels
		2	5.0	4-pixels
		3	7.5	6-pixels
2.5 cm	1:200	1	5.0	2-pixels
		2	10.0	4-pixels
		3	15.0	6-pixels
5 cm	1:400	1	10.0	2-pixels
		2	20.0	4-pixels
		3	30.0	6-pixels
7.5 cm	1:600	1	15.0	2-pixels
		2	30.0	4-pixels
		3	45.0	6-pixels
15 cm	1:1,200	1	30.0	2-pixels
		2	60.0	4-pixels
		3	90.0	6-pixels
30 cm	1:2,400	1	60.0	2-pixels
		2	120.0	4-pixels
		3	180.0	6-pixels
60 cm	1:4,800	1	120.0	2-pixels
		2	240.0	4-pixels
		3	360.0	6-pixels
1 meter	1:12,000	1	200.0	2-pixels
		2	400.0	4-pixels
		3	600.0	6-pixels
2 meter	1:24,000	1	400.0	2-pixels
		2	800.0	4-pixels
		3	1,200.0	6-pixels
5 meter	1:60,000	1	1,000.0	2-pixels
		2	2,000.0	4-pixels
		3	3,000.0	6-pixels

ANEXO VII
Requisitos Urbanísticos para a Ocupação do Solo
Quadro de Ocupação
(Parte 1 de 2)

QUADRO DE OCUPAÇÃO		MACROZONA URBANA					MACROZONA RURAL (19)	
		Área Urbana de Adensamento Prioritário	Área Urbana de Adensamento Secundário	Área Urbana de Adensamento Controlado	Área Urbana de Adensamento Especial	Área Urbana de Proteção Ambiental	Área Rural de Proteção Ambiental	Área Rural de Utilização Controlada
		AUAP (1)	AUAS	AUAC	AUAE	AUPA (9)	ARPA	ARUC
		1	2	3	4	5	6	7
Coeficiente de Aproveitamento do Lote (CAL)	Setor de Adensamento Prioritário (SA-01)	4,0 (1)	-	-	-	-	-	-
	Setor de Adensamento Prioritário (SA-02)	3,0(1)	-	-	-	-	-	-
	Demais Setores de Adensamento (SA-03 até SA-05 e Setor de Adensamento Rural)	-	2,0	1,5	1,0	0,1	0,1	0,1 (29)
	Setor Especial (SE-01)	4,0 (3)	-	-	-	-	-	-
	Setor Especial (SE-02)	2,0(1)	-	-	-	-	-	-
	Setor Especial (SE-03)	-	1,0	-	-	-	-	-
	Setor Especial (SE-04) (10)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	-	-
	Setor Especial (SE-05) (10)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	-	-
	Setor Especial (SE-06)	-	-	1,0	-	-	-	-
	Setor Especial (SE-07) (16)	-	-	-	-	-	-	-
	Setor Especial (SE-08) (1)	4,0	2,0	1,5	-	-	-	-
	Setor Especial (SE-09)	-	2,0	-	-	-	-	-
	Faixa Viária (FV)	4,0(1)	2,0(1)	1,5(1)	4,0(1)	0,1	-	-
Faixa Rodoviária (FR)	2,0	1,0	1,0	-	0,1	-	-	
Quota de Adensamento - fração mínima do lote por unidade autónoma (em metros quadrados) (2)		60 m ²	50 m ²	50 m ²	50 m ²	-	-	-
Gabarito máximo (em metros) (14)	Setor de Adensamento Prioritário 01 (SA-01) (17)	45 m	-	-	-	-	-	-
	Setor de Adensamento Prioritário 02 (SA-02) (17)	25 m	-	-	-	-	-	-
	Demais Setores de Adensamento (SA-03 até SA-05 e Setor de Adensamento Rural) (24)	-	15 m	9 m	9 m	9 m	9 m	9 m
	Setor Especial (SE-01) (17)	30 m (3)	-	-	-	-	-	-
	Setor Especial (SE-02) (17)	15 m	-	-	-	-	-	-
	Setor Especial (SE-03)	-	30 m	-	-	-	-	-
	Setor Especial (SE-04) (10)	9 m	9 m	9 m	9 m	9 m	-	-
	Setor Especial (SE-05) (10)	9 m	9 m	9 m	9 m	9 m	-	-
	Setor Especial (SE-06) (13)	-	-	15 m	-	-	-	-
	Setor Especial (SE-07)	-	-	-	-	-	-	-
	Setor Especial (SE-08) (17)	30 m ou 45 m (5)	15 m	9 m	-	-	-	-
	Setor Especial (SE-09) (14)	-	15 m	-	-	-	-	-
	Faixa Viária (FV) (6) (17)	30 m ou 45 m (5)	20 m	9 m	30 m	-	-	-
Faixa Rodoviária (FR) (13)	15 m	15 m	15 m	-	-	-	-	

ANEXO VII
Requisitos Urbanísticos para a Ocupação do Solo
Quadro de Ocupação

(Parte 2 de 2)

QUADRO DE OCUPAÇÃO	MACROZONA URBANA					MACROZONA RURAL (19)	
	Área Urbana de Adensamento Prioritário	Área Urbana de Adensamento Secundário	Área Urbana de Adensamento Controlado	Área Urbana de Adensamento Especial	Área Urbana de Proteção Ambiental	Área Rural de Proteção Ambiental	Área Rural de Utilização Controlada
	AUAP (1)	AUAS	AUAC	AUAE	AUPA (9)	ARPA	ARUC
	1	2	3	4	5	6	7
Taxa de Ocupação (em porcentagem) (10)	60%	60%	60%	60%	10%	5%	10% (30)
Embasamento (em porcentagem) (12)	70%	70%	70%	70% (28)	-	-	-
Recuo Frontal (em metros) (10)	Deverá ser livre de construção, e deverá garantir uma distância mínima de 5m (cinco metros) entre a linha frontal do imóvel e o alinhamento predial, e respeitar o ângulo máximo de 76° (setenta e seis graus) em relação ao eixo da via existente, sendo permitido o escalonamento do recuo frontal (7)				10 m	10 m	10 m
Afastamentos Laterais e de Fundos (em metros) (4) (10) (18)	Deverão ser livres de construções, e não poderão ser inferiores a um sexto da altura da edificação (H/6), acrescida de 0,5m (cinquenta centímetros), garantida uma distância mínima de 1,50 m (um metro e cinquenta centímetros), sendo aplicados a partir da base da edificação				5 m	5 m	5 m
Taxa de Permeabilidade (em porcentagem) (8)	20%	20%	20%	20%	80%	80%	80% (31)
Vaga de guarda de veículo para cada fração de Área Total Edificada – ATE, medida em metros quadrados (11) (15)	50 m²	50 m²	50 m²	50 m²	-	50 m²	50 m²
Vaga de carga e descarga para as edificações de uso residencial multifamiliar acima de 24 unidades habitacionais (25) e (27)	01 (uma) vaga, acrescida de mais 01(uma) vaga para cada 96 unidades				-		
Vaga de carga e descarga para os usos comercial, prestação de serviço e industrial de médio e grande porte (26) e (27)	01 vaga, acrescida de mais 01 vaga a cada 1000 metros quadrados de ATE				-		01 vaga, acrescida de mais 01 vaga a cada 1000 metros quadrados de ATE

(1) Em todos os Setores de Adensamento Prioritário, no Setor Especial de Interesse Público (SE-02) e nas Faixas Viárias (FV) e Setores Especiais de Centralidade Urbana (SE-08) dos demais setores, é possível ampliar em 50% (cinquenta por cento) os índices de coeficiente de aproveitamento do lote, quando da utilização dos seguintes instrumentos de promoção do desenvolvimento urbano: Transferência do Direito de Construir ou Outorga Onerosa do Direito de Construir, conforme Art. 79 desta Lei Complementar.

(2) Nas edificações construídas na forma do Art. 62 desta Lei Complementar, incisos II e V, deverá ser observado o Art. 66 desta Lei Complementar.

(3) Nos Setores Especiais de Interesse Cultural (SE-01) a definição dos índices de ocupação do solo será através de parecer da Fundação Cultural de Joinville, com base em legislação específica referente à proteção e preservação do patrimônio cultural de Joinville, respeitados os índices máximos descritos neste anexo, conforme Art. 2º, inciso LXXIV, desta Lei Complementar.

(4) Fica facultado a construção de embasamento junto às divisas laterais e de fundos, com até 12m (nove metros) de altura, já considerada a definição de ponto máximo de telhado, muros ou platibandas, ocupando no máximo 50% (cinquenta por cento) das divisas laterais e 100% (cem por cento) da divisa de fundos do lote, numa extensão máxima de 50% (cinquenta por cento) do perímetro do lote, respeitado o Recuo Frontal obrigatório, conforme art. 73, § 4º desta Lei Complementar.

(5) Nas Faixas Viárias situadas nos Setores de Adensamento Prioritário (SA-01) e Setores Especiais de Centralidade Urbana (SE08), o gabarito máximo será de 45m (quarenta e cinco metros), e nos Setores de Adensamento Prioritário (SA-02), o gabarito máximo será de 30m (trinta metros).

(6) Quando uma Faixa Viária interceptar a Área Urbana de Adensamento Especial, a delimitação física da Faixa Viária será determinada pelo perímetro do imóvel que possui sua testada para a via que originou a Faixa Viária, conforme Art. 13, § 4º desta Lei Complementar.

(7) Fica facultado as edificações localizadas no Setor Especial de Interesse Cultural - Centro Histórico (SE -01) e nas vias que originaram as Faixas Viárias, ocupar o alinhamento do terreno, com até 9 metros de altura, já considerada a definição do ponto máximo de telhado, muros ou platibandas, desde que façam uso de fachadas ativas.

8) A taxa de permeabilidade poderá ser convertida em sistema de contenção de águas pluviais, conforme regulamentação específica (Art. 76, § 2º desta Lei Complementar).

(9) Os lotes contidos na Área Urbana de Proteção Ambiental (AUPA), registrados nos termos da lei, antes de 27 de março de 1996, cujas áreas sejam inferiores a 3.600,00 m² (três mil e seiscentos metros quadrados), serão passíveis de edificação, desde que:

I - respeitem a taxa máxima de ocupação do lote de 60% (sessenta por cento) para lotes com até 360,00 m² (trezentos e sessenta metros quadrados); 45% (quarenta e cinco por cento), para lotes com área maior que 360,00 m² (trezentos e sessenta metros quadrados) e menor que 1.500,00m² (mil e quinhentos metros quadrados), 30% (trinta por cento), para lotes com área maior que 1.500,00 m² (mil e quinhentos metros quadrados) e menor que 3.600,00 m² (três mil e seiscentos metros quadrados) e acima desta medida, conforme o disposto no Anexo VII - Quadro de Usos Admitidos e Índices Urbanísticos de Ocupação, parte integrante desta Lei Complementar;

II - respeitem o gabarito máximo de 9,00m (nove metros); III - respeitem o recuo frontal mínimo de 5,00m (cinco metros), e afastamentos laterais e de fundos conforme § 1º do art. 73 desta Lei Complementar.

(10) Os lotes contidos no Setor Especial de Interesse de Conservação de Morros (SE-04), registrados nos termos da lei, antes de 27 de março de 1996, cujas áreas sejam inferiores a 3.600,00 m² (três mil e seiscentos metros quadrados), serão passíveis de edificação, desde que:

I - respeitem a taxa máxima de ocupação do lote de 60% (sessenta por cento) para lotes com até 360,00 m² (trezentos e sessenta metros quadrados); 45% (quarenta e cinco por cento), para lotes com área maior que 360,00 m² (trezentos e sessenta metros quadrados) e menor que 1.500,00m² (mil e quinhentos metros quadrados), 30% (trinta por cento), para lotes com área maior que 1.500,00 m² (mil e quinhentos metros quadrados) e menor que 3.600,00 m² (três mil e seiscentos metros quadrados) e acima desta medida, conforme o disposto no Anexo VII - Quadro de Usos Admitidos e Índices Urbanísticos de Ocupação, parte integrante desta Lei Complementar;

II - respeitem o gabarito máximo de 9,00m (nove metros); III - respeitem o recuo frontal mínimo de 5,00m (cinco metros), e afastamentos laterais e de fundos conforme § 1º do art. 73 desta Lei Complementar.

(11) Quando do uso residencial será solicitado, no mínimo, 01 vaga de guarda de veículo para cada Unidade Autônoma, conforme Art. 77, § 2º desta Lei Complementar. No caso de uso residencial multifamiliar, conforme § 3º do mesmo artigo, vinculado a programas habitacionais oficiais de interesse social ou cuja unidade habitacional tenha apenas um único dormitório, será solicitado 1 (uma) vaga para cada duas unidades autônomas.

(12) Fica facultado às edificações localizadas no Setor Especial de Interesse Cultural – Centro Histórico (SE-01), ocupar 100% (cem por cento) da área do terreno com o embasamento, desde que respeitadas as demais restrições legais, conforme Art. 71, parágrafo único desta Lei Complementar.

(13) Nas Faixas Rodoviárias (FR) e nos Setores Especiais de Interesse Industrial (SE-06), a altura máxima permitida, para uso exclusivamente industrial ou galpões de logística, poderá sofrer alterações no seu gabarito máximo, mediante a apresentação de justificativa técnica à Comissão de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo, referente à necessidade de gabarito diferenciado em virtude do seu processo produtivo, conforme Art. 67, § 5º desta Lei Complementar.

(14) Quanto a edificações com características especiais, tais como torres de templos religiosos, torres de unidades de segurança pública e torres de transmissão, edificações para guarda, manutenção e reparos de barcos e lanchas em marinas, a altura máxima permitida poderá sofrer alterações, mediante a apresentação de justificativa técnica ou cultural à Comissão de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo, conforme art. 67, § 6º desta Lei Complementar."

(15) A reserva de vagas de guarda de veículo para estabelecimentos comerciais, industriais e prestadores de serviços é facultativa, e os índices previstos neste quadro são apenas referenciais para o cálculo das vagas que deverão ser reservadas para idosos e pessoas com deficiência, conforme Art. 77, § 4º desta Lei Complementar.

(16) Índices urbanísticos definidos por Lei Específica

(17) Em todos os Setores de Adensamento Prioritário, no Setor Especial de Interesse Público (SE-02) e nas Faixas Viárias (FV) e Setores Especiais de Centralidade Urbana (SE-08) dos demais setores, é possível ampliar em 50% (cinquenta por cento) a altura máxima da edificação, quando da utilização dos seguintes instrumentos de promoção do desenvolvimento urbano: Transferência do Direito de Construir ou Outorga Onerosa do Direito de Construir, conforme Art. 81 desta Lei Complementar.

(18) Fica facultado às edificações com até 9m (nove metros) de altura, já considerada a definição de ponto máximo de telhado, muros ou platibandas, ocupar as divisas laterais e/ou fundos do lote, numa extensão máxima de 35% (trinta e cinco por cento) do perímetro do lote, respeitado o Recuo Frontal obrigatório, conforme Art. 73, § 2º, desta Lei Complementar.

(19) Os lotes contidos na Área Rural, escriturados e registrados nos termos da lei, e cujas áreas são inferiores a 20.000m² (vinte mil metros quadrados), serão enquadrados, para efeito de ocupação do lote, como Área Urbana de Adensamento Controlado (AUAC), devendo respeitar uma taxa máxima de ocupação de 10% da área do lote, acrescida de 180m² (cento e oitenta metros quadrados), conforme parágrafo único do Art. 5º.

(20) Nas vias fora das faixas viárias, nas Áreas Urbanas de Adensamento Secundário SA-03, não será permitido o instrumento da outorga onerosa prevista no Art. 79 desta Lei Complementar

(22) Revogado

(23) Revogado

(24) No Setor de Adensamento Controlado "Nova Brasília" o Gabarito Máximo será 9m (nove metros), contados do Perfil Natural do Terreno – PNT ao limite máximo de altura, incluindo a cobertura ou caixa d' água.

(25) vaga mínima dimensionada para um veículo de carga, com 8,4 metros de comprimento

(26) vaga mínima dimensionada para um veículo de carga, com 12,5 metros de comprimento

(27) A vaga de carga e descarga poderá ser compartilhado com o espaço reservado para embarque e desembarque, sendo possível utilizar a área de recuo da edificação.

(28) Apenas nas Faixas Viárias (FV)

(29) Na Área Rural de Uso Controlado (ARUC) o coeficiente de aproveitamento do lote para construções de atividades de apoio ao uso aquaviário e aeroviário será de no máximo 0,3 (zero vírgula três)

(30) Na Área Rural de Uso Controlado (ARUC) a taxa de ocupação para construções de atividades de apoio ao uso aquaviário e aeroviário será de no máximo 30% (trinta por cento)

(31) Na Área Rural de Uso Controlado (ARUC) a taxa de permeabilidade para construções de atividades de apoio ao uso aquaviário e aeroviário será de no máximo 60% (sessenta por cento)