

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS – UFPEL**  
**Centro de Engenharias**  
**Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais**  
**Mestrado em Ciências Ambientais**



**Aplicação de metodologias para coleta de dados georreferenciados que  
contribuam para gestão ambiental do município de Cristal-RS**

**Daniel Britto dos Santos**

**Pelotas**  
**2020**

**Daniel Britto dos santos**

Aplicação de metodologias para coleta de dados georreferenciados que contribuam para gestão ambiental do município de Cristal-RS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, do Centro de Engenharias da Universidade federal de Pelotas – UFPEL, como requisito para a obtenção do grau de Mestre em Ciências Ambientais.

Orientadora: Prof. Dra. Diuliana Leandro

**Pelotas**

**2020**

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas  
Catalogação na Publicação

S237a Santos, Daniel Britto dos

Aplicação de metodologias para coleta de dados georreferenciados que contribuam para gestão ambiental do município de Cristal-RS / Daniel Britto dos Santos ; Diuliana Leandro, orientadora. — Pelotas, 2020.

93 f. : il.

Dissertação (Mestrado) — Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Centro de Engenharias, Universidade Federal de Pelotas, 2020.

1. Planejamento urbano. 2. Sistema de Informações Territoriais (SIT). 3. Geotecnologias. 4. Políticas públicas. I. Leandro, Diuliana, orient. II. Título.

CDD : 363.7

Elaborada por Aline Herbstrith Batista CRB: 10/1737

Daniel Britto dos Santos

Aplicação de metodologias para coleta de dados georreferenciados que contribuam para gestão ambiental do município de Cristal-RS

Dissertação aprovada como requisito para obtenção do grau de Mestre em Ciências Ambientais, Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Centro de Engenharias, Universidade Federal de Pelotas.

Data da Defesa: 21 de julho de 2020.

Banca Examinadora:

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Diuliana Leandro (Orientadora).

Doutora em Ciências Geodésicas pela Universidade Federal do Paraná - UFPR.

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Suelen Movio Huinca

Doutora em Ciências Geodésicas pela Universidade Federal do Paraná – UFPR.

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Mery Luiza Garcia Vieira

Doutora em Engenharia e Ciência de Alimentos pela Universidade Federal do Rio Grande – FURG.

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Andréa Sousa Castro

Doutora em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS.

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Luciara Bilhalva Correa

Doutora em Educação Ambiental pela Universidade Federal do Rio Grande – FURG.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus por me dar saúde para poder desenvolver esta pesquisa.

Agradeço a atenção dos professores do PPGCAMB e ensinamentos a mim repassados, em especial a minha orientadora Professora Diuliana Leandro que não mede esforços para me ajudar.

Agradeço a minha esposa Daiane Kath Dallmann por estar sempre ao meu lado e apoiando minhas decisões, em especial o ingresso no Mestrado.

Agradeço a Prefeitura Municipal de Cristal, na pessoa da Sra. Prefeita Municipal Fábila Almeida Richter e os Secretários (as) Davi Oliveira da Gama e Geni Kuhn Lilge, por ter permitido os ajustes do meu horário de trabalho para que eu pudesse assistir as aulas presenciais do programa PPGCAMB.

Agradeço também todas as que torceram para que tudo desse certo.

## RESUMO

SANTOS, Daniel Britto. **Aplicação de metodologias para coleta de dados georreferenciados que contribuam para gestão ambiental do município de Cristal-RS.** 2020. 93p. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Centro de Engenharias, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2020.

As geotecnologias estão sendo aprimoradas com o uso de ferramentas e softwares livres a fim de auxiliar no planejamento urbano e ambiental, bem como em processos de licenciamento ambiental. O objetivo desta dissertação é realizar um diagnóstico através do auxílio das ferramentas da situação dos produtos cartográficos existentes dos Sistemas de Informação Territorial (SIT) de Planejamento e Gestão Territorial no município de Cristal/Rio Grande do Sul, elaborar uma cartografia cadastral utilizando softwares livres procurando-se aproveitar os dados existentes, bem como avaliar a potencialidade dos produtos cartográficos gerados para fortalecer a gestão ambiental municipal. Com estes resultados a administração pública poderá elaborar políticas públicas, buscando assim fortalecer a gestão ambiental municipal e dar condições aos diversos setores da administração pública na utilização dos produtos cartográficos gerados em diversos segmentos com custo acessível a realidade do Município.

PALAVRAS-CHAVE: Planejamento Urbano; Sistema de Informações Territoriais (SIT); Geotecnologias; Políticas Públicas.

## ABSTRACT

SANTOS, Daniel Britto. **Application of methodologies for collecting georeferenced data that contribute to environmental management in the municipality of Cristal-RS.** 2020. 93p. Dissertation (Master in Environmental Sciences) - Graduate Program in Environmental Sciences, Engineering Center, Federal University of Pelotas, Pelotas, 2020.

Geotechnologies are being improved with the use of free tools and software to assist in urban and environmental planning, as well as in environmental licensing processes. The objective of this dissertation is to carry out a diagnosis using the tools of the situation of existing cartographic products of the Territorial Information Systems (SIT) of Territorial Planning and Management in the municipality of Cristal / Rio Grande do Sul, to prepare a cadastral cartography using free software looking for - taking advantage of existing data, as well as assessing the potential of the cartographic products generated to strengthen municipal environmental management. With these results, the public administration will be able to elaborate public policies, thus seeking to strengthen the municipal environmental management and to give conditions to the various sectors of the public administration in the use of cartographic products generated in different segments with accessible cost to the reality of the Municipality.

..

**KEYWORDS:** Urban planning; Territorial Information System (SIT); Geotechnology; Public policy.

## LISTA DE ABREVIações

CTM	Cadastro Territorial Multifinalitário
PNMA	Política Nacional do Meio Ambiente
SIG	Sistema de Informações Geográficas
SIT	Sistema de Sistema de Informação Territorial
VANT	Veículo Aéreo Não Tripulado
ZA	Zoneamento Ambiental
RPAS	<i>Remote Piloted Aircraft</i>
GSD	<i>Ground Sample Distance</i>
IPTU	Imposto Predial e Territorial Urbano
GPS	<i>Global Positioning System</i>
RGB	Sistemas de cores luminosas

## SUMÁRIO

CAPITULO I.....	11
INTRODUÇÃO .....	11
OBJETIVOS.....	12
Objetivo Geral .....	12
Objetivos Específicos.....	12
CAPITULO II.....	13
REFERENCIAL TEÓRICO.....	13
Geoprocessamento.....	13
Geotecnologias .....	13
Planejamento urbano ambiental .....	14
Sistemas de informação territorial.....	16
Cadastro Técnico Multifinalitário .....	16
Proposição de Políticas Públicas .....	18
Plano Diretor.....	18
Zoneamento Ambiental.....	19
CAPITULO III – DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO .....	21
ARTIGO I.....	22
1 INTRODUÇÃO .....	24
1.1 ÁREA DE ESTUDO .....	26
2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	27
2.1 MATERIAIS E MÉTODOS .....	27
3 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	32
4 CONCLUSÕES.....	38
REFERÊNCIAS.....	39
ARTIGO II .....	42
1 INTRODUÇÃO.....	43
1.1 ÁREA DE ESTUDO .....	45
1.2 ÁREA PILOTO .....	46
2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	47
2.1 MATERIAIS E MÉTODOS .....	47

2.1.1 EQUIPAMENTOS .....	48
2.1.2 SOFTWARES .....	48
2.1.3 MATERIAIS .....	49
2.1.4 DESENVOLVIMENTO .....	49
2.1.4.1 Pontos de Controle .....	49
2.1.4.2 Plano de Voo .....	52
2.1.4.3 Levantamento aerofotogramétrico .....	53
2.1.4.4 Processamento das aerofotos .....	54
3 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	56
3.1 COMPARATIVO ENTRE CADASTRO EXISTENTE E ORTOFOTOMOSAICO .	62
4 CONCLUSÕES.....	67
REFERÊNCIAS.....	67
ARTIGO III .....	70
1 INTRODUÇÃO.....	71
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	73
3 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	77
4 CONCLUSÕES.....	83
REFERÊNCIAS.....	84
CAPITULO IV - CONCLUSÃO GERAL.....	86
CAPITULO V .....	87
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	87

## CAPÍTULO I

### INTRODUÇÃO

O geoprocessamento é conjunto de técnicas relacionadas a coleta e ao tratamento da informação espacial. É um conjunto maior, onde estão incluídas as diversas geotecnologias de coleta, armazenamento e uso integrado com análises destes dados geográficos (MEDEIROS, 2012). Ainda, no geoprocessamento é realizado o processamento dos dados e também é possível adquirir como resultado final a representação dos dados georreferenciados. Surgiu no final do século XX como ferramenta de alta tecnologia e como técnica inovadora para interpretações relacionadas ao espaço (CARVALHO & LEITE, 2009). Com o geoprocessamento as tecnologias de coleta de dados começaram a ser aprimoradas e surgiu o termo geotecnologias. Esse se refere a um conjunto de tecnologias utilizadas para realizar a coleta, o processamento, análise e disponibilização de informações com referência geográfica de uma determinada localidade.

A geotecnologia é uma das áreas que mais se desenvolve no mundo, dentre as tecnologias em desenvolvimento temos o Sistema de Informação Geográficas (SIG), que consiste de um sistema composto por hardware, software, informação espacial, procedimentos computacionais e recursos. Nos dias atuais, existe uma gama enorme de softwares livres tais como Quantum GIS, Multispec e dados para utilização em um SIG. Porém poucos municípios utilizam essas ferramentas tão importantes, muitas vezes pela simples falta de conhecimento. Frequentemente, os próprios técnicos dos órgãos municipais têm dificuldade na tomada de decisão e no planejamento das cidades, pois os dados disponíveis são imprecisos e desatualizados. Geralmente a utilização de softwares comerciais onera os trabalhos de profissionais que realizam análise de imagens de satélite e nesses softwares não se tem acesso ao seu código fonte (STEINIGER e HAY, 2009).

As geotecnologias podem auxiliar e tornar-se ferramenta norteadora para diversas áreas da administração pública, neste contexto o objetivo deste trabalho é utilizar as geotecnologias como Aeronave remotamente pilotada – RPA, software Quantum GIS – QGIS, Agisoft Photoscan e Multispec e aplicar os métodos para

criação de produtos que contribuam para a gestão ambiental no município de Cristal – RS.

## **OBJETIVOS**

### **1.1 Objetivo Geral**

Utilizar as geotecnologias com técnicas de Sensoriamento Remoto de Aeronave remotamente pilotada – RPA e imagens de satélite para criação de produtos que contribuam para a gestão ambiental no município de Cristal – RS.

### **1.2 Objetivos Específicos**

1. Testar técnicas de Sensoriamento Remoto com uso dos softwares livres QGIS e Multispec e também a utilização de RPA para captura de ortofotos e posterior processamento para auxiliar no Planejamento e Gestão Territorial no município de Cristal;
2. Utilizar softwares livres para gerar a classificação do uso e cobertura do solo e elaboração de um mapa com essas atribuições do município de Cristal;
3. Comparar dados obtidas com Aeronave Remotamente Pilotada – RPA (Drone) com dados existentes no setor de cadastro tributário do município de Cristal;
4. Avaliar a potencialidade dos produtos cartográficos gerados como Mapa de uso e cobertura do solo de Cristal, ortofotomosaico e modelo digital de elevação da área piloto e mapa das áreas de preservação permanente – App da zona urbana de Cristal/RS para fortalecer a gestão ambiental municipal.

## CAPÍTULO II

### REFERENCIAL TEÓRICO

Para embasamento no referencial teórico, serão utilizados dados de autores que estão na mesma linha de pensamento no contexto geral do trabalho.

#### 1.3 Geoprocessamento

De acordo com Medeiros (2012, p. 4) “O Geoprocessamento é um ramo da área do conhecimento conhecida como Geomática e engloba o total conjunto de técnicas ligadas à informação espacial, quer seja no tocante a coleta, armazenamento, tratamento e análise, bem como uso integrado desses dados geográficos.” Este conjunto de técnicas são as chamadas geotecnologias.

#### 1.4 Geotecnologias

Os avanços tecnológicos vêm disponibilizando alguns softwares livres, os quais vêm sendo testados e aperfeiçoados, como por exemplo o Quantum GIS (QGIS), que frequentemente lança atualizações gratuitas. O QGIS permite análises com um número maior de parâmetros ambientais, possibilitando a integração com dados complementares (vetoriais), pois ele é um Sistema de Informações Geográficas (SIG). Segundo Câmara & Medeiros (1998), os SIG consistem em ferramentas computacionais que permitem realizar análises complexas, ao integrar dados de diversas fontes e ao possibilitar criar bancos de dados georreferenciados, tornando ainda possível automatizar a produção de documentos cartográficos.

Espinosa *et al.* (2013) ressalta ainda que SIG são conjuntos de ferramentas que integram recursos humanos, dados, recursos tecnológicos e procedimentos para a organização, integração, armazenamento, manipulação, análise e publicação das informações usadas como insumo para a tomada de decisão, independentemente da o campo de aplicação para o qual um determinado SIG é

construído. Essas ferramentas permitem que de maneira eficaz possamos identificar os usos das áreas dos municípios, podendo dar subsídios para elaboração ou atualização de leis referente aos usos e ocupação das mesmas. Dentro deste contexto, segundo Erba *et al.* (2005), quando são utilizados para fins cadastrais, geralmente recebem a denominação de Sistemas de Informação Territorial (SIT), os quais tem por característica básica permitir correlações entre eles por meio da posição e topologia das feições geográficas, que, neste caso, são as parcelas representadas cartograficamente. O uso do SIT permite identificar o modo como se faz o uso e cobertura da terra e compará-la as normativas ambientais municipais para um adequado planejamento urbano, visto que:

O sucesso de uma administração municipal depende de atitudes organizadas e planejadas adequadamente. Para isso, é necessário que se tenham instrumentos capazes de auxiliar na resposta a questionamentos importantes e dar suporte à tomada de decisão.

Em muitos países, a Gestão Territorial, associada a outras ações de interesses sociais, tem contribuído significativamente para a melhoria da qualidade de vida da população (AMORIM *et. al.*, 2018, p.7).

Para a gestão pública é de grande importância o uso das geotecnologias, tanto em análises de processos quanto planejamento urbano, este instrumento é de grande valia quando falamos em planejamento ambiental e territorial. O crescimento desordenado que ocorre nas cidades poderia ser monitorado e pensado, com o uso de ferramentas que os gestores públicos têm acesso gratuitamente. Fica impossível imaginar o futuro sem aplicação de técnicas modernas de planejamento, e as geotecnologias podem auxiliar neste processo.

### **1.5 Planejamento urbano ambiental**

O equilíbrio ambiental está diretamente relacionado à qualidade de vida, e, na busca pela harmonia, se faz amplamente necessário, com revisão dos conceitos e com inclusão real da questão ambiental, por meio do um planejamento considerado ambiental (CANEPA, 2007).

“O planejamento ambiental deve ser visto de forma ampla, como processos de definições e decisões, aplicável a vários tipos e níveis de atividade humana, por meio de ações contínuas voltadas a auxiliar a tomada de decisões para a resolução de objetivos específicos, ou seja, “é a aplicação racional do conhecimento do homem ao processo e tomada de decisões para conseguir uma ótima utilização dos recursos, a fim de obter o máximo de benefícios para a coletividade” (ALMEIDA *et al.*, 1999, p. 12).

A partir do surgimento do termo sustentabilidade e de novos modelos, conceitos e estratégias como os Planos de Gestão Ambiental e do Licenciamento Ambiental e suas exigências, da Educação Ambiental da Sociedade, o planejamento urbano e ambiental das cidades devem andar juntos, exigindo dos responsáveis o conhecimento de seu papel e importância como também conhecimento de novas formas, métodos e aplicações de conceitos atuais para tomada de decisão (SILVA *et al.*, 2007).

Albano (2013) informa que o planejamento ambiental é o elemento básico para o desenvolvimento econômico e social voltado à melhor utilização e gestão de uma unidade territorial, cujas fases de inventário e de diagnóstico tornam-se caminho para a compreensão das potencialidades e das fragilidades da área.

O planejamento ambiental torna-se de extrema importância para a constituição sustentável social e espacial de uma sociedade, porém a forma de legislação associada a um processo eficaz de execução e fiscalização dos mecanismos legais existentes talvez seja o grande dilema para a viabilização de projetos sustentáveis, sem esquecer de que a conscientização social e ambiental é indissociável desse processo. A gestão ambiental no território deve ocorrer a partir dos municípios, conforme previsto desde a Constituição da República Federativa do Brasil de 1988, envolvendo a participação das instituições públicas, comunidades locais e setores econômicos na implementação de projetos e ações no espaço urbano e regional, visando o desenvolvimento sustentável e o necessário equilíbrio entre a cidade contemporânea brasileira e o meio ambiente (SILVA *et al.*, 2007).

Enfim, o planejamento urbano atual está mais do que nunca, vinculado ao processo de planejamento ambiental e suas ferramentas legais, exigindo do urbanista, dos gestores municipais, conhecimento de seu papel, como também das

novas formas, métodos e aplicações de conceitos que tendem a acompanhar o dinamismo complexo da vida na sociedade atual.

### **1.6 Sistemas de informação territorial**

O atual ambiente tecnológico tem contribuído para a sistematização e disponibilização de uma maior diversidade de informações, além de proporcionar uma democratização do acesso aos dados, antes restritos por um número reduzido de pessoas, tem cada vez seu uso ampliado à sociedade. Neste sentido, os dados de SIG ao longo de cerca de quatro décadas têm se consolidado como elementos chave para a análise espacial, tornando-se mais acessível aos usuários e amplamente utilizado na tomada de decisão (SCARASSATTI *et al.*, 2014).

Os SIG, são ferramentas auxiliares que permitem parametrizar modelos de planejamento e visualizar os dados de forma cartográfica, pois as informações são georreferenciadas, tornando-os de mais fácil compreensão em comparação com os tabulares ou de relatórios. Quando os SIG são utilizados para gerenciar dados cadastrais, geralmente recebem o nome de SIT.

A característica básica de um SIT é ter a capacidade de tratar relações espaciais entre objetos geográficos. Essa estrutura de relacionamentos espaciais que se pode estabelecer entre objetos geográficos é denominada de topologia. Armazenar a topologia dos elementos que constam em um mapa é o que diferencia um dado SIG de um DWG (dado do programa do AutoCAD); outra diferença é que em um SIG pode-se trabalhar com projeções cartográficas.

Entre as funções principais dos SIT encontram-se: integração dados espaciais, censitários e de cadastro. Autores como Erba *et al.* (2005), Loch (2007) e Amorim *et. al* (2018), destacam que dentro da estrutura polivalente que caracteriza hoje os cadastros, os SIT são muito apropriados para relacionar dados provenientes de diferentes fontes, bem como gerenciá-las por meio de camadas (*layers*), facilitando, dessa forma, sua organização e distribuição. Assim como, neste último ponto, reforçam a importância que tem o georreferenciamento das parcelas e de todos os elementos urbanos na estruturação de um cadastro multifinalitário.

### **1.7 Cadastro Técnico Multifinalitário**

No Brasil, o cadastro técnico multifinalitário (CTM) é conhecido também como cadastro geral ou integral e contempla não somente os aspectos econômicos, físicos e jurídicos tradicionais, mas também traz consigo os dados ambientais e sociais do imóvel e das pessoas que o habitam (LOCH, 2007).

A partir do século XX, a informação de território do cadastro deixou de ser utilizada somente para fins fiscais e legais e passou a ter um olhar mais amplo, passou a ser cadastro multifinalitário, trabalhando os diversos conceitos nele apresentado tanto na esfera privada ou pública, como planejamento territorial urbano e rural, gestão territorial, gestão ambiental, desenvolvimento sustentável, entre muitos outros (CUNHA e ERBA, 2010). Desse modo, o que se vê nas discussões que se referem ao planejamento no meio urbano é uma preocupação cada vez maior em discutir o CTM (DE ARAÚJO, 2014).

Conforme Carvalho e Gripp Júnior (1999), o CTM permite ao município a detecção de demandas e o desenvolvimento de estudos de viabilidade com vistas a melhorar a qualidade de vida de seus habitantes. Possibilita ainda, o dimensionamento das obras de infraestrutura urbana, com previsão de custos quanto da desapropriação, a eficiente consulta aos dados do boletim de cadastro e a rápida visualização no mapa dos imóveis cadastrados, dentre muitas outras aplicações na gestão pública municipal.

A maioria dos municípios brasileiros, dentre eles os de pequeno porte não possuem cadastros e documentação cartográfica atualizada e confiável (PESSOA, *et. al.*, 2018). O mesmo autor ainda ressalta que a maioria dos cadastros e dados contidos nos municípios de pequeno porte possuem características específicas o que dificulta a implantação do CTM. Argenta (2007), salienta que podemos perceber que dados econômicos, físicos, jurídicos, ambientais e sociais são reunidos no CTM, a cada parcela, que se caracteriza por ser o tamanho mínimo do cadastro.

De acordo com Garcia (2008), o CTM é voltado para as responsabilidades municipais e as demandas da gestão municipal. É um sistema de informação destinado a subsidiar o planejamento, tributação, licenciamento, fiscalização e demais funções que são de competência do município relacionadas à gestão do espaço urbano.

Existe uma orientação através de portaria do Ministério das Cidades para a implantação do CTM, apesar da portaria nº 511/2009 não ser de caráter obrigatório,

é uma forma de orientar os municípios brasileiros para a melhoria dos serviços e real implantação de ferramentas que venham a orientar a futura implantação do CTM.

### **1.8 Proposição de Políticas Públicas**

Existem diversos instrumentos que podem embasar as proposições de políticas públicas e sua aplicação, estes instrumentos são muito importantes para o desenvolvimento das cidades, visam reger de maneira ordenada o desenvolvimento e a proteção das áreas mais sensíveis, sendo que dentre estes instrumentos podemos citar os planos diretores e o zoneamento ambiental.

#### **Plano Diretor**

O Plano Diretor é um dos instrumentos mais utilizados no regramento das cidades, porém cidades de pequeno porte não o possuem, segundo legislação vigente só é exigido que se tenha este instrumento cidades que possuam mais de vinte mil habitantes. Apesar disso existem outros instrumentos, como exemplo Leis de Diretrizes Urbanas, que não são tão aperfeiçoados e eficazes como o Plano Diretor.

No Brasil, os planos diretores não tiveram tanto êxito no que se trata de ordenamento dos serviços públicos, alcançando maior eficácia no regramento das ações privadas (MORAIS, 2002).

Com o propósito de ajudar no ordenamento dos serviços públicos, foi criado o estatuto das cidades, que é uma Lei norteadora, portanto os municípios estão diretamente ligados a ela, muito importante quando falamos em regramento e ordenamento das cidades, conforme segue:

Como figura central do Estatuto da Cidade, o Plano Diretor é obrigatório para cidades com mais vinte mil habitantes, e passa a ser exigido também para cidades: (i) integrantes de regiões metropolitanas e aglomerações urbanas, independentemente do tamanho populacional; (ii) integrantes de áreas de especial interesse turístico; (iii) inseridas na área de influência de empreendimentos ou atividades com significativo impacto ambiental de âmbito regional ou nacional; e (iv) para casos onde o poder público municipal pretenda

utilizar os instrumentos previstos no § 4º do art. 183 da Constituição Federal, ou seja, aqueles voltados para combater a especulação imobiliária (BATISTELA, 2007, p.70).

## **Zoneamento Ambiental**

A Lei nº 6.938 de 1981, dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), prevê que o Zoneamento Ambiental (ZA) unido com outros instrumentos contribuiria para a melhoria, preservação e recuperação da qualidade ambiental, como também o desenvolvimento socioeconômico. Perante a demora em regulamentar este instrumento deixou lacunas e pontos fundamentais em relação a sua elaboração.

A PNMA já cita o ZA como um de seus instrumentos de gestão que promete promover o desenvolvimento econômico em harmonia com a proteção da qualidade ambiental e a vida humana (SOUZA, 2009).

A PNMA estabelece, além de o Zoneamento Ambiental, outros doze instrumentos a serem utilizados de forma articulada, estando entre eles a Avaliação de Impactos Ambientais, o licenciamento de atividades efetiva ou potencialmente poluidoras e a criação de espaços territoriais especialmente protegidos (SANTOS E RANIERI, 2013, p.46).

O ZA é fundamental por propiciar embasamento técnico na tomada de decisão em processos de licenciamento ambiental e planejamento de áreas de expansão das cidades. Ele deve ser claro e transparente, dando publicidade a toda população. Nele pode-se delimitar áreas em que são permitidos empreendimentos e áreas de fragilidade ambiental que necessitam ser protegidas.

O estatuto das cidades, instituído pela Lei 10.257, em 10 de julho de 2001, possui dezesseis diretrizes gerais que ordenam o pleno desenvolvimento social e urbano das cidades e estabelece o uso de instrumentos que que garantem o direito as cidades sustentáveis:

“Art. 2º: A política urbana tem por objetivo ordenar o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e da propriedade urbana, mediante as seguintes diretrizes gerais: I – garantia do direito

a cidades sustentáveis, entendido como 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” (BRASIL, 2001, p.1);

O estatuto das cidades abre espaço para que o crescimento e o desenvolvimento urbano sejam um processo que pressiona o equilíbrio social e ambiental, onde é assumida o conflito do crescimento urbano e o meio ambiente (RIBAS, 2003).

### **CAPÍTULO III – DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO**

Neste capítulo apresenta-se o desenvolvimento da pesquisa exibidos no formato de artigos, cada qual com sua metodologia específica, resultados e conclusões, assim como a importância de cada um deles. Sendo que, no ARTIGO I, intitulado “Uso e ocupação do solo no município de Cristal/RS”, já publicado na Revista Ibero-americana de Ciências Ambientais, ressalta técnicas de Sensoriamento Remoto com o uso de imagens de satélites. O ARTIGO II, denominado “Utilização de Aeronave Remotamente Pilotada – RPA para atualização da base cadastral em área piloto no município de Cristal/RS” apresenta técnica de Sensoriamento Remoto plataformas aéreas de baixa altitude voltadas ao cadastro urbano de pequenos municípios. O ARTIGO III, com o título “Caracterização e diagnóstico ambiental das áreas de preservação permanente na zona urbana do município de Cristal – RS”, é embasado em técnicas de Sensoriamento Remoto orbital e Sistemas de Informações Geográficas aplicadas a gestão pública de APP em área urbana e periférica.

## ARTIGO I

SANTOS, DANIEL BRITTO DOS; DALLMANN, DAIANE KATH; LEANDRO, DIULIANA. Uso e ocupação do solo no município de Cristal/RS. Revista Ibero-americana de Ciências Ambientais. , v.10, p.340 - 350, 2019. Áreas do conhecimento: Ciências Ambientais, Ciências Geodésicas.

Referências adicionais: Português. Meio de divulgação: Meio digital.

Home page: [<http://www.sustenere.co/index.php/rica/article/view/CBPC2179-6858.2019.002.0028>][doi:10.6008/cbpc2179-6858.2019.002.0028]



Figura 1: Revista Ibero-americana de Ciências Ambientais de março de 2019, v.10.

## **USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NO MUNICÍPIO DE CRISTAL/RS**

### **RESUMO**

O conhecimento do uso e ocupação do solo de um município é de extrema importância para o planejamento municipal e ambiental, com o auxílio das geotecnologias pode-se ter mais segurança técnica nas tomadas de decisões referente aos processos a serem aprovados e também na elaboração de projetos para a própria gestão pública. Neste artigo o objeto de pesquisa foi o município de Cristal, região de atividades de mineração, às margens do Rio Camaquã e que apresenta uma série de ocupações irregulares. No qual o objetivo foi o mapeamento dos usos e ocupações do solo e a correlação com os recursos naturais do município. Para tal utilizou-se a imagem do sensor MUX da plataforma CBERS 4 nos programas livres MultiSpech para classificação, análise e Quantum GIS (QGIS) para e confecção de mapa de uso e cobertura do solo do Município de Cristal/RS. Como resultado da classificação pelo método MaxVer podemos observar que os resultados foram significativos sendo 66,14 % da área do município de áreas identificadas para classe campo/agricultura, 18,80 % para a classe vegetação nativa, 6,18 % identificado como a Classe Solo exposto, 6,03 % composta de vegetação exótica e 2,83 % como água.

Palavras-chave: Gestão Pública. Geotecnologias. Uso e Ocupação do Solo.

## **USE AND OCCUPATION OF SOIL IN THE CITY OF CRISTAL / RS**

### **ABSTRACT**

The knowledge of the use and occupation of the soil of a municipality is of extreme importance for the municipal and environmental planning, with the help of the geotechnologies one can have more technical security in the decision making regarding the processes to be approved and also in the elaboration of projects for its own public management. In this article the object of research was the municipality of Cristal, a region of mining activities, on the banks of the Camaquã River, which

presents a series of irregular occupations. In which the objective was the mapping of the uses and occupations of the soil and the correlation with the natural resources of the municipality. In order to do so, we used the image of the MUX sensor of the CBERS 4 platform in the free MultiSpech programs for classification, analysis and Quantum GIS (QGIS) for the construction of the use map and soil cover of the Municipality of Cristal / RS. As a result of the MaxVer classification we can observe that the results were significant, being 66.14% of the area of the municipality identified for the field / agriculture class, 18.80% for the native vegetation class, 6.18% identified as the Class Exposed soil, 6.03% composed of exotic vegetation and 2.83% as water. .

Keywords: Public Management. Geotechnology. Use and Occupation of Soil.

## 1 INTRODUÇÃO

Quando se fala em gestão e planejamento público é essencial se conhecer o município, entender a distribuição do uso do solo e fenômenos sociais e ambientais sobre essa região para a definição de ações e tomada de decisões. Julião (2014), ressalta que na definição de gestão se dá particular destaque à necessidade de esta ser um conjunto de tomada de decisões racionais e fundamentadas na aquisição e tratamento de dados e informações relevantes, e que para uma boa gestão pressupõe boa informação: atual e confiável. De acordo com Pessoa *et. al.*, (2018), cadastros territoriais e mapeamentos com bases atualizadas e confiáveis fornecem dados econômicos, sociais e ambientais que podem potencializar a atuação do planejamento territorial, além de ampliar a arrecadação e gerar novas receitas. Esse entendimento permite que toda decisão aconteça de forma eficiente baseada em parâmetros reais de modo a minimizar custos, otimizar recursos humanos, financeiros e tecnológicos, minimizando dessa forma os erros nesse processo. É primordial considerar que o ambiente de decisão é dinâmico, tornando o processo complexo e contínuo. Nesse contexto, as geotecnologias contribuirão consideravelmente para o ordenamento territorial, o gerenciamento, o controle do parcelamento, o uso e a ocupação do solo urbano municipal (SILVA, 2012).

Nesta situação, o sensoriamento remoto, por meio de sensores orbitais fornecem dados com que possibilitam produzir informações da cobertura e uso da terra, sem entrar em contato físico com os objetos ou fenômenos (JENSEN, 2011; LORENZZETTI, 2015), permitindo indicar a distribuição geográfica das tipologias de uso, possibilitando a posterior criação de mapas temáticos com o uso subdividido em classes, tais como: vegetação arbórea, vegetação rasteira, solo exposto, área urbana, entre outras. Desse modo, as imagens propiciam mapeamentos detalhados, de áreas espacialmente contíguas, permitindo comparações das variações do uso do solo multitemporais e com cenários complexos comparáveis, pois o conhecer e entender a distribuição do uso da terra é importante para os administradores públicos definirem políticas e ações adequadas para sua utilização. Assim os mapas temáticos são extremamente úteis para gerenciamento, controle, cadastramento e acompanhamento da dinâmica e comportamento dos objetos e fenômenos inerentes às áreas estudadas, permitindo aos gestores públicos a tomada de decisão de forma rápida e acertada. Aponta-se como vantagem dessas técnicas de interpretação automática de imagens o aumento da produtividade e precisão do trabalho, bem como a redução da subjetividade do resultado (CAMARGO *et al.*, 2012).

A expressão “uso e cobertura do solo” é um conceito híbrido, formado por três conceitos: uso, cobertura e solo. O primeiro termo diz respeito ao que o homem constrói ou insere sobre a superfície ou como maneja o solo com agricultura, pastagens, cidades, entre outros, enquanto o segundo se refere aos atributos físicos da superfície terrestre como florestas, campos, desertos, etc. (MCCONNELL & MORAN, 2000; ALVES, 2004) e o terceiro é a camada superficial da crosta terrestre oriundo da decomposição da rocha-matriz, sob influência do clima e de processos físicos, químicos e biológicos, no qual os vegetais se desenvolvem (FLORES, FASOLO e POTTER, 1999).

As imagens de satélite para serem manipuladas, analisadas, classificadas e integradas com outros dados espaciais dependem de programas, que possuam ferramentas adequadas para o processamento e manipulação, e esses podem ser tanto comerciais quanto livres. Geralmente a utilização de softwares proprietários onera os trabalhos de profissionais que realizam análise de imagens de satélite e impede o acesso ao código fonte do programa (STEINIGER e HAY, 2009). Os avanços tecnológicos vêm disponibilizando alguns programas livres, os quais vêm sendo testados e aperfeiçoados, como por exemplo o Quantum GIS (QGIS), que

frequentemente lança atualizações gratuitas, e o MultiSpec. Ambos permitem a classificação de imagens, porém, além disso, o QGIS permite análises com um número maior de parâmetros ambientais, possibilitando a integração com dados complementares (vetoriais), pois ele é um Sistema de Informações Geográficas (SIGs). Segundo Câmara & Medeiros (1998) os SIGs consistem em ferramentas computacionais que permitem realizar análises complexas, ao integrar dados de diversas fontes e ao possibilitar criar bancos de dados georreferenciados, tornando ainda possível automatizar a produção de documentos cartográficos. Essas ferramentas permitem que de maneira eficaz possamos identificar os usos das áreas dos municípios, podendo dar subsídios para elaboração ou atualização de leis referente aos usos e ocupação das mesmas.

Neste contexto, definimos como área de estudo o município de Cristal, o qual possui organização do espaço urbano com grande influência de atividades de mineração, responsável pela geração de empregos através de extração de areia e argila, atividade que vêm acelerando a expansão a aglomeração urbana. O município de Cristal situa-se às margens do Rio Camaquã que sofre com assoreamento devido os usos e ocupações do solo de maneira indevida. Considerando essas problemáticas e a hipótese de que são geradas pelo uso e ocupação do solo indevido das atividades de mineração, neste trabalho propõem-se a identificação dos usos e ocupações do solo no município de Cristal e a discussão sobre a sua influência nos recursos naturais do município, possibilitando que o produto dessas análises forneça subsídios para a implementação de políticas públicas.

## **1.9 ÁREA DE ESTUDO**

O Município está localizado à beira da BR 116, o que garante facilidade de acesso, pois dista aproximadamente 150 km de Porto Alegre e 100 km de Pelotas. Conforme IBGE (2010), em 2017 a população estimada do município era de 7.831 habitantes. Com área total de 655 Km<sup>2</sup>, o município de Cristal faz divisa ao norte, com o município de Camaquã e Amaral Ferrador; ao sul com São Lourenço do Sul; ao leste com São Lourenço do Sul e Camaquã; ao oeste, com São Lourenço do Sul e Canguçu, (CRISTAL, 2008), como pode ser observado na Figura 1.

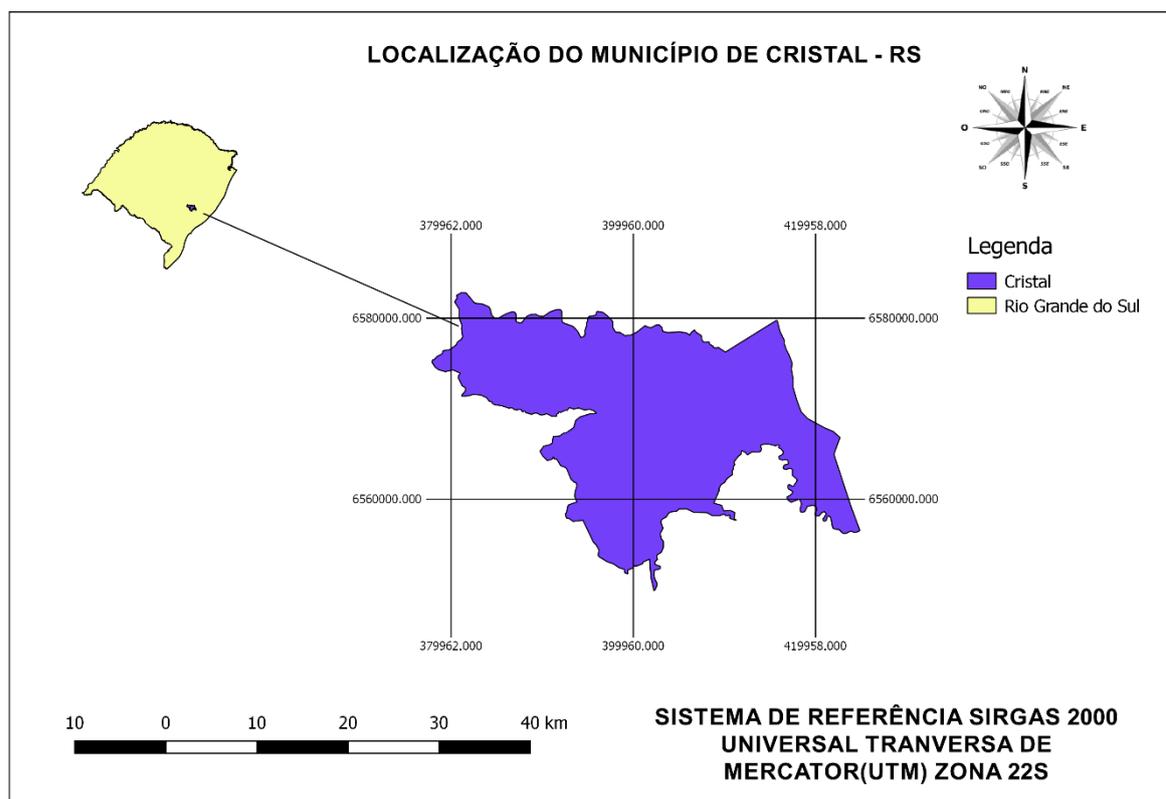


Figura 1 – Localização do município de Cristal, RS.

A maior parte dos solos do município tem origem a partir do granito, resultando em elevados teores de areia grossa. Observa-se a toposequência, ou seja, uma sequência de solos que pode ser observado em uma encosta, Argissolo Vermelho Amarelo - Planossolo Hidromórfico, enquanto o Neossolo Flúvico ocorre nas áreas costeiras dos cursos d'água (CRISTAL, 2011).

O município de Cristal não possui Lei atual que disciplina o uso e ocupação do solo, possui apenas a Lei n° 1238 de 21/11/2011 que dispõe sobre o parcelamento do solo urbano e dá outras providências, que rege o parcelamento do solo urbano, que trata exclusivamente de usos para fins de loteamentos.

## 2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

### 1.10 2.1 MATERIAIS E MÉTODOS

Para o desenvolvimento deste trabalho, serão utilizados dados matriciais do sensor MUX do satélite CBERS 4, que de acordo com o INPE (2018), que possui

resolução espacial de 20 m, resolução radiométrica de 8 bits, com 4 bandas espectrais que abrangem a faixa do espectro magnético: de 0,45-0,52 $\mu$ m para a banda azul (B), de 0,52-0,59 $\mu$ m para a banda verde (G), de 0,63-0,69 $\mu$ m para a banda vermelha (R) e de 0,77-0,89 $\mu$ m para a banda do infravermelho próximo (NIR). As imagens CBERS 4 são oriundas do Programa CBERS que nasceu de uma parceria inédita entre Brasil e China no setor técnico-científico espacial (INPE, 2018). Essas imagens são gratuitas e disponibilizadas através do Catálogo de Imagens do INPE no link <http://www.dgi.inpe.br/catalogo/>.

Para o processo de classificação de imagens foi utilizado o software MultiSpec, versão 3.6, que segundo González Rodríguez (2018), ele é um software gratuito considerado simples de utilizar e que possui muitas ferramentas aplicáveis a qualquer tipo de imagem para a qual deseja-se realizar análises multiespectrais, fornecendo bons resultados. De acordo com a Purdue Research Foundation (2018), da Universidade Purdue, West Lafayette, IN, o MultiSpec foi desenvolvido por David Landgrebe e Larry Biehl, com o objetivo de proporcionar uma tecnologia robusta e fundamental para a análise de dados de imagem hiperespectral e multiespectral, transferindo essa tecnologia para a comunidade de usuários da maneira mais rápida possível. As análises quantitativas e geração de mapas temáticos foram realizados através do software Quantum GIS – QGIS, versão 2.18.12, programa livre e de código aberto, um SIG que permite abrir mapas digitais, realizar análises espaciais e assim criar informações.

Para o desenvolvimento desta pesquisa utilizou-se os procedimentos metodológicos sequenciais indicados na Figura 1. A realização do estudo iniciou com a seleção de imagens de satélite (CBERS 4) do catálogo de imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, considerando as imagens que recobrem o município de Cristal –RS apresentem datas similares e possuam baixo recobrimento de nuvens sobre a área de interesse. Após o download realizou-se a junção das 4 bandas do sensor MUX e será verificou-se há ocorrência de deslocamento da imagem através do complemento OpenLayers Plugin no QGIS, o qual segundo Layers (2018), é uma ferramenta que permite usar as imagens de satélite de qualquer local no globo de forma gratuita para pesquisas e ensino.

As imagens do satélite CBERS 4, que inicialmente apresentavam-se no sistema de referência WGS84, foram projetadas para o sistema Universal Transverso de Mercator - UTM, fuso 22 S no Sistema Geodésico Sirgas 2000.

Sequencialmente definiu-se o número e as classes que seriam utilizadas no estudo. No MultiSpec versão 3.6 realizou-se a classificação da imagem digital pelo método supervisionado. Definiu-se as amostras de treinamento para cada uma das classes, considerando que a área era conhecida. As técnicas de classificação de imagens digitais buscam o reconhecimento automático de alvos, em função de determinado critério de decisão, sendo agrupado em classes os alvos que apresentam similaridade em suas respostas espectrais (FLORENZANO, 2011).

Segundo Nascimento *et al.* (2016) nesse método de classificação o analista tem de conhecer a área de estudo para que possa selecionar as amostras de treinamento que sejam representativas. Fitz (2008), ressalta, que a classificação supervisionada diz respeito ao método que faz uso da capacidade interpretativa do técnico, assim uma imagem será classificada com base em determinados parâmetros definido pelo profissional que, necessariamente, deverá ter conhecimento das características da área de trabalho. Foram selecionadas também amostras de teste, que tem por objetivo medir a acurácia das amostras de treinamento e do resultado.

Existem vários métodos para realizar a classificação das imagens, neste sentido foram aplicados três métodos para a referida classificação supervisionada: O primeiro foi o método do paralelepípedo que, segundo Fitz (2008) trabalha com uma área quadrada representativa, definida pelo menor e maior valor de pixels contidos em um agrupamento pré-escolhido. Nesse método se o valor do pixel cair acima do limiar inferior e abaixo do limiar superior para as  $n$  bandas que estão sendo classificadas, ele é alocado àquela classe (MENESES e ALMEIDA, 2012). Porém, o mesmo autor ainda ressalta que é comum nesse método que no processo de classificação ocorrer pixels que sejam candidatos a várias classes ou que não se encaixam a nenhuma classe. O segundo método empregado foi o da distância mínima. Nele emprega-se bases estatísticas para sua execução; o método se utiliza da medida de distância Euclidiana de cada pixel à média de cada agrupamento (MENESES e ALMEIDA, 2012). E conforme Fitz (2008) esse método trabalha no sentido de atribuir a cada pixel da imagem um determinado valor, conforme a classe mais próxima dele. O terceiro, o método foi o da distância máxima verossimilhança (MaxVer). Nesse baseia-se na escolha de áreas que possam ser representativas de determinadas feições conhecidas, são utilizadas a média e a covariância dos pixels amostrados, sendo calculada a probabilidade de um pixel externo a essas amostras

pertencer a elas. No método MaxVer assume-se que todas as bandas têm distribuição normal e calcula a probabilidade de um dado pixel pertencer a uma classe específica (INPE, 2008).

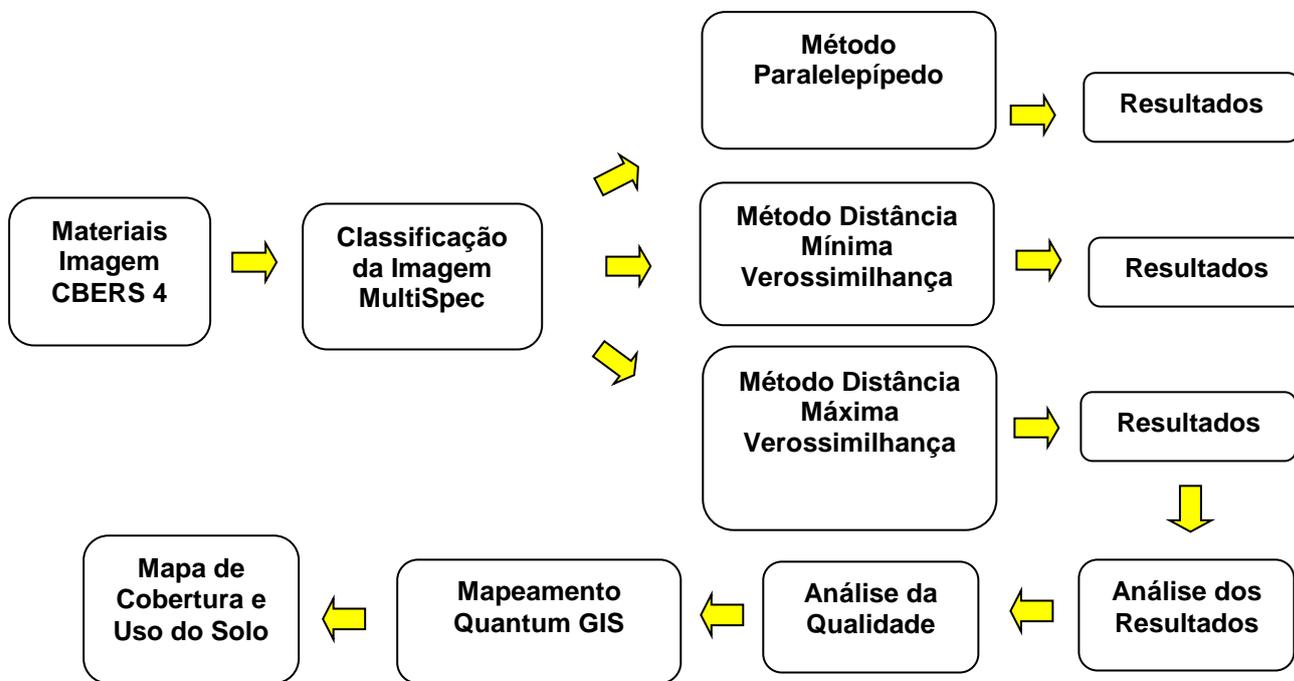


Figura 2: Resumo das etapas desenvolvidas

Emprega-se a estatística Kappa, quando se realiza a classificação das imagens, assim é possível avaliar estatisticamente a concordância de uma mesma imagem. A grande vantagem do uso dessa estatística Kappa é que no cálculo do coeficiente se incluem todos os elementos da matriz de erro e não somente os elementos da diagonal principal, como no caso da exatidão global (OLIVEIRA, 2011).

Segundo Kotz (1983) o Coeficiente Kappa pode ser definido como uma medida de associação usada para descrever e testar o grau de concordância (confiabilidade e precisão) na classificação. Na Tabela 1, estão descritas as faixas de classificação do índice Kappa.

Tabela 1. Faixa de classificação do Índice Kappa.

Coeficiente Kappa	Classificação
< 0,00	Ruim
0,00 - 0,20	Fraco
0,21 - 0,40	Razoável
0,41 - 0,60	Boa
0,61 - 0,80	Muito Boa
0,81 - 1,00	Excelente

Conforme CECONELLO *et. al.*, (2017,), cabe salientar que a exatidão global varia de 0 a 100%, sendo obtida pela razão entre o número de pixels concordantes (diagonal principal da matriz de confusão) e o total de pixels classificados.

Para confecção dos mapas de uso e ocupação dos solos, será utilizado como base as cores indicadas no Manual Técnico de Uso da Terra (IBGE, 2013) conforme Quadro 2 para as classes pré-definidas.

As classes foram divididas levando em consideração a realidade do município de Cristal-RS, pois através de conhecimento prévio do solo pode-se ter uma melhor escolha e definição dos tipos de classes definidas.

A classe vegetação exótica muitas vezes é considerada espécie invasora, por não pertencer a flora da região, mas neste caso estão relacionadas com o cultivo de espécies de eucalipto e acácia negra para exportação. A Classe Vegetação Nativa é o conjunto de espécies ou plantas que se encontram em determinado local, desde que haja condições para seu desenvolvimento e pelo fato da cidade estar as margens do Rio Camaquã possui remanescentes deste tipo de vegetação. A classe Solo Exposto pode ocorrer após a retirada da vegetação, contribuindo para o enfraquecimento do solo, no caso desta classificação o solo exposto está diretamente relacionado a areia oriunda de barras de sedimento no leito do Rio Camaquã. A Classe água está presente em sua maioria no Rio Camaquã e também em barragens ou açudes utilizados na agricultura. A classe campo/agricultura é a base do município sendo a principal atividade na zona rural.

Como resultado dos trabalhos foram elaborados três mapas de uso e cobertura do solo, com três diferentes métodos, sendo o primeiro método do paralelepípedo, o segundo, método da distância mínima verossimilhança e o terceiro, método da distância máxima verossimilhança. A aplicação de diferentes métodos tem como

finalidade verificar quantitativamente a porcentagem do uso do solo na região de estudo a partir das classes temáticas definidas no trabalho, seguem elas: vegetação exótica, vegetação nativa, areia, água e campo/agricultura.

Classe	Uso e Cobertura do Solo	RGB		Composição RGB
1	Vegetação Exótica	205,173,0		
2	Vegetação Nativa	115,168,0		
3	Solo Exposto	178,178,178		
4	Água	153,194,230		
5	Campo/Agricultura	255,214,0		

Quadro 2. Cores conforme manual técnico de uso da terra.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Como resultado dos trabalhos foram elaborados três mapas, em três diferentes métodos, sendo o primeiro método do paralelepípedo, o segundo, método da distância mínima verossimilhança e o terceiro, método da distância máxima verossimilhança com a finalidade de verificar quantitativamente a porcentagem do uso do solo na região de estudo a partir das classes temáticas definidas no trabalho, seguem elas: vegetação exótica, vegetação nativa, areia, água e campo/agricultura.

Segundo Pereira *et.al.*, (2011) para que uma classificação seja considerada de boa aceitação, o índice de exatidão global (acurácia) precisa ser maior ou igual a 85%. A estatística Kappa é um método utilizado para avaliar a concordância entre a verdade terrestre com o mapa temático obtido a partir da interpretação de dados de satélite.

Após as classificações nos três métodos propostos encontrou-se os seguintes resultados conforme Tabela 3.

Tabela 3 – Resultados após classificação.

Métodos	Qualidade	
Método Paralelepípedo	Kappa	58,3%
	Exatidão Global	65,8%
Método Distância Mínima Verossimilhança	Kappa	71,5%
	Exatidão Global	77,5%
Método Distância Máxima Verossimilhança	Kappa	92,3%
	Exatidão Global	93,9%

A classificação no método de paralelepípedo obteve um desempenho muito baixo conforme figura 3, resultando o índice kappa em apenas 58,3% e exatidão global de 65,8%. Neste método houve grande confusão entre vegetação nativa e vegetação exótica, onde 1520 de 1932 pixels foram classificados como vegetação exótica, 1895 de 2157 pixels foram classificados como vegetação nativa e 205 de 1801 pixels foram classificados como lavoura e que na verdade pertenciam a outras classes.

A classificação no método da distância mínima verossimilhança, obteve um resultado pouco melhor do que o método de paralelepípedo conforme figura 4. Nesta classificação obteve-se índice kappa de 71,5% e exatidão global de 77,5%, resultando erro de 41% na classe de vegetação exótica, ou seja, 792 de 1932 pixels classificados como vegetação exótica, pertencem a classe de vegetação nativa. Na classe de vegetação nativa houve erro de 19,4%, ou seja, 413 de 2157 pixels foram classificados como vegetação nativa e pertencem a classe de vegetação exótica. Já a classe de campo/agricultura teve erro de 47,1%, sendo que 485 de 1801 pixels classificados como campo/agricultura pertenciam à classe de vegetação exótica e 345 de 1801 pixels pertenciam à classe de vegetação nativa.

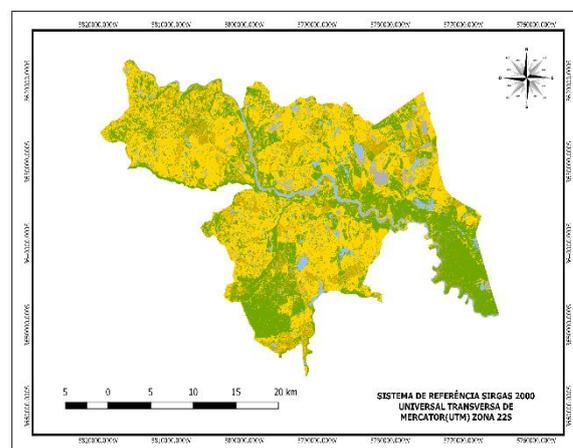
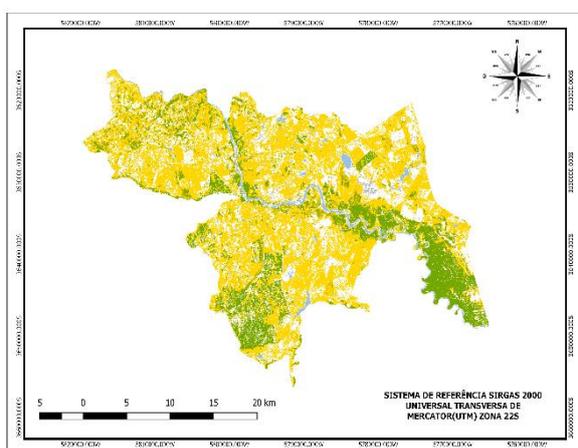


Figura 3 – Classificação pelo método paralelepípedo. Figura 4 – Classificação pelo método da distância mínima verossimilhança.

#### Legenda

- Município de Cristal/RS
- Vegetação Nativa
- Solo Exposto
- Água
- Campo/Agricultura
- Vegetação Exótica

De acordo com os resultados obtidos com o método da distância máxima verossimilhança conforme Figura 5, obteve-se índice kappa excelente com 92,3% e exatidão global de 93,9%, entretanto, as matrizes de confusão mostram que para a classe vegetação exótica obteve-se um erro de 9,9%, ou seja, 167 de 1932 pixels que foram classificados como vegetação exótica eram pertencentes a outra classe, no caso vegetação nativa. Para a classe vegetação nativa encontrou-se erro de 6,3%, ou seja, 107 de 2157 pixels classificados como vegetação nativa pertenciam à classe vegetação exótica. A classe campo/agricultura resultou no maior percentual de erro, 12,5%, onde 167 de 1801 pixels classificados como campo/agricultura pertenciam à vegetação nativa e 59 de 1801 pixels pertencem à vegetação exótica.

A Exatidão Global da classificação digital, expressa pela razão entre os pontos corretamente classificados e o total de pontos de referência, calculado em 93,9%, está acima do patamar mínimo de 85% estabelecido por Jensen (1986).

O valor do coeficiente Kappa obtido de 92,3%, menor do que a Exatidão Global, justifica-se pelo fato de o índice Kappa considerar todas as células da matriz de erros. Também se realizou o processo de fointerpretação da imagem original e a imagem classificada verificando que o resultado é compatível com a verdade de campo.

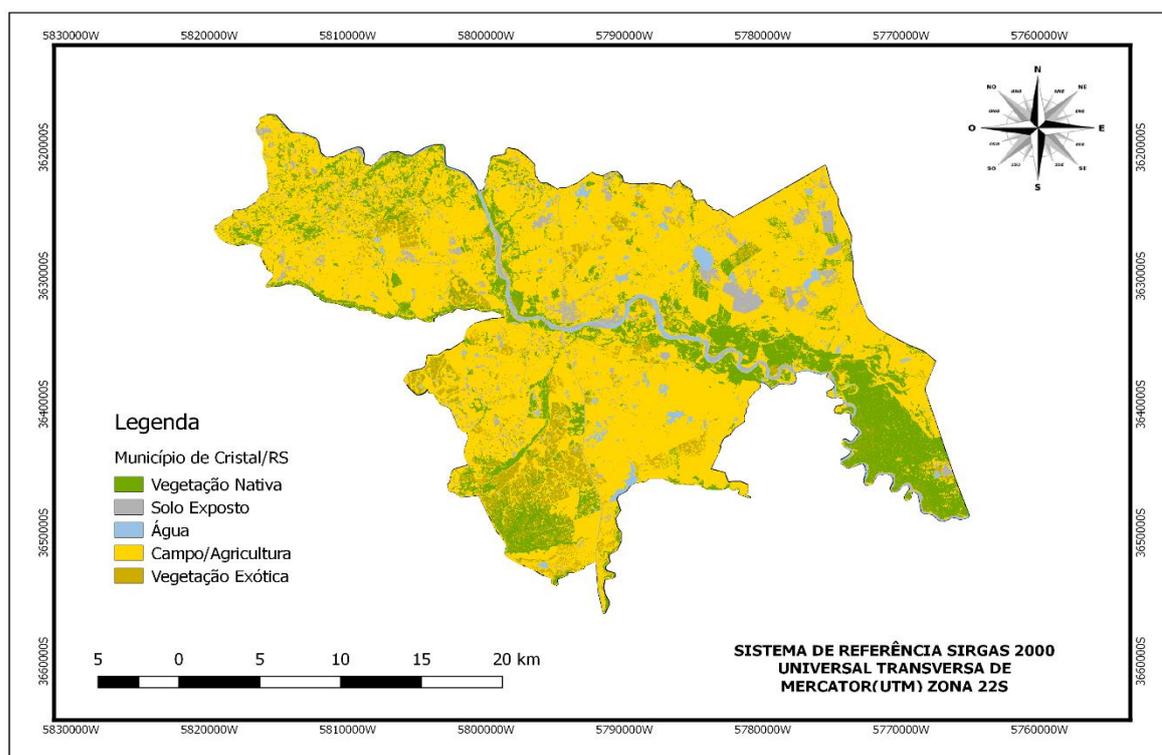


Figura 5. Classificação pelo método da distância máxima verossimilhança.

Após classificação, calculou-se as áreas em hectares cujo resultado é apresentado na Tabela 4.

Tabela 4 – Quantificação das diferentes classes em hectares.

CLASSES	ÁREA (ha)
Vegetação Exótica	4180
Vegetação Nativa	13025
Solo Exposto	4288
Água	1963
Campo/Agricultura	45819

No Município de Cristal estão instaladas duas grandes empresas no ramo de plantio e extração de espécies exóticas, sendo elas eucalipto e acácia negra. Essas áreas foram bem delimitadas na figura 5, e corroboram com os resultados quantitativos da classificação da classe de vegetação exótica que apresentou o total de 4180 ha representando 6,03 % da área do município. A distribuição dessa classe aparece nas zonas sul do município de forma aglomeradas, áreas utilizadas para plantio pelas empresas, e algumas áreas mais dispersas ao longo de todo o território que são plantios particulares ou de regeneração natural ou invasora. Na Figura 6, apresentamos uma foto com um exemplo desta classe.



Figura 6. Imagem do plantio de espécies exóticas na cidade de Cristal/RS.

O Município de Cristal está inserido na bacia hidrográfica do Rio Camaquã, o município é margeado por este rio, a presença da classe de Vegetação nativa está diretamente relacionada a mata ciliar do rio Camaquã e seus afluentes, esta classe conforme classificação apresenta um total de 13025 ha. Na Figura 7, podemos observar a mata ciliar do rio Camaquã em Cristal que abrange 18,80 % da área total do município.



Figura 7. Imagem da mata ciliar nativa na cidade de Cristal/RS.

O Rio Camaquã possui um grande problema que é o assoreamento, a classe solo exposto está diretamente ligada a este fato, formando as chamadas 'barras de sedimento', possui 4288 ha desta classe, representando 6,18 % da área do município, o assoreamento de um rio pode ser provocado principalmente pelo uso e ocupação indevido do solo.

Na Figura 8, é demonstrado exemplo do solo exposto.



Figura 8. Imagem solo exposto no Rio Camaquã na cidade de Cristal/RS.

O Município de Cristal tem sua economia voltada a agricultura, a classe campo/agricultura possui 45819 ha, ou seja, 66,14 % do município, sendo que esta classe é composta principalmente com as culturas de arroz, soja e nas pequenas propriedades as culturas de milho e fumo (Figura 9). Já a classe água possui 1963 ha, 2,83 % da área de Cristal, que é resultado de construções de açudes para dessedentação animal e utilizados para irrigação de culturas, e também pelo fato do município ser margeado pelo Rio Camaquã (Figura 10).

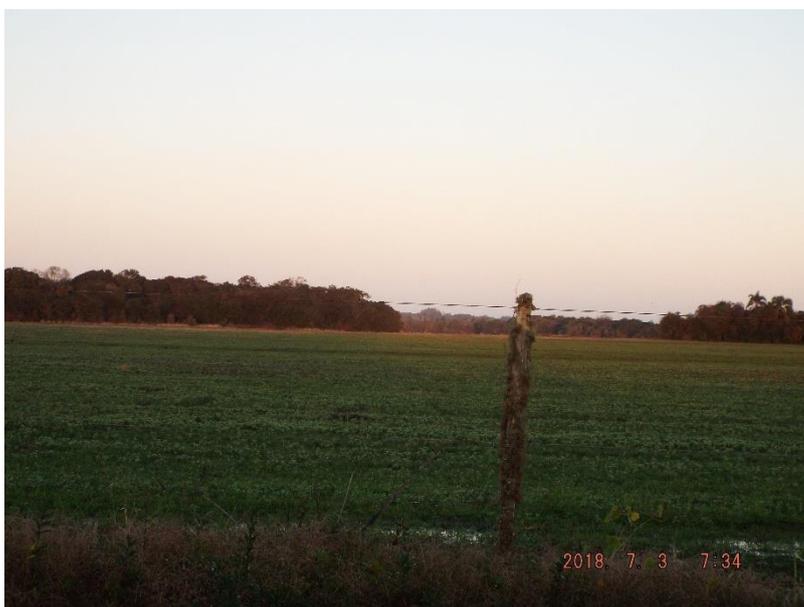


Figura 9. Imagem classe campo/agricultura na cidade de Cristal/RS.

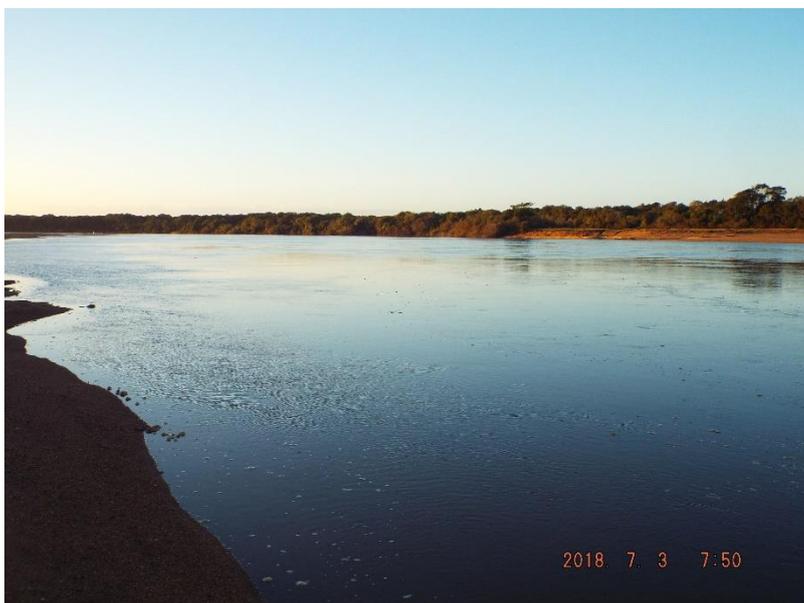


Figura 10. Imagem classe água no Rio Camaquã na cidade de Cristal/RS.

## 4 CONCLUSÕES

Com o conhecimento das áreas do município através da utilização de softwares livres podemos afirmar que o uso das geotecnologias é essencial para subsidiar o planejamento municipal e ambiental com um custo baixo ou até mesmo sem custos.

Ainda hoje, na maioria das prefeituras os setores de planejamento e meio ambiente ainda trabalham com mapas impressos ou mapas em formatos DWG (AutoCAD), tanto para cadastro como bases para elaboração de projetos e tomada de decisão referente a aprovação destes, estas bases as vezes não estão sequer georreferenciadas. Assim a utilização das geotecnologias pode elevar o acervo de dados com dados atualizados dos seus municípios, podendo disponibiliza-los para o público em geral, sendo eficaz e transparente.

Apesar destas vantagens, ainda não é comum nos órgãos públicos a utilização destas ferramentas, as vezes por falta de informação ou pelo simples fato da resistência a mudanças. Estas ferramentas quando utilizadas para o planejamento ajuda aos técnicos de diversos órgãos a embasar suas decisões, tendo assim maior segurança e certeza das decisões a serem tomadas, seja elas em aprovação de projetos de engenharia, decisão referente a qualquer empreendimento que necessite de licenciamento ambiental ou até mesmo análise de dados para obras públicas, para analisar a viabilidade.

Para realizar uma gestão adequada devemos conhecer o município, com o conhecimento e utilização das geotecnologias podemos elaborar mapas para que tenhamos segurança e eficácia na gestão pública, auxiliando em tomadas de decisão com embasamento técnico.

O método que demonstrou com maior confiabilidade e o produto gerado corresponde fidedignamente a realidade do município de Cristal nas classificações foi o da distância máxima verossimilhança, gerando subsídios para planejamento e análise ambiental.

## REFERÊNCIAS

ALVES, H.P.F. **Análise dos fatores associados às mudanças na cobertura da terra no Vale do Ribeira através da integração de dados censitários e de sensoriamento remoto**. 2004. 293 f. Tese (Doutorado) -Departamento de Sociologia do Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

AMORIM, Amilton; PELEGRINA, Marcos; JULIÃO, Rui Pedro Sousa Pereira Monteiro. Cadastro e gestão territorial: **Uma visão luso-brasileira para a implementação de sistemas de informação cadastral nos municípios**. 2018.

BRASIL. **Lei Federal nº 6.938 de 31 de agosto de 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências.

CÂMARA, G. & MEDEIROS, J.S. **Geoprocessamento para projetos ambientais**. Tutorial. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, São Paulo, 1998.

CAMARGO, F.F.; Almeida, C.M.; Costa, G.A.O.P.; Feitosa, R.Q.; Oliveira, D.A.B.; Heipke, C.; Ferreira, R.S. **An open source object-based framework to extract landform classes**, v. 39, n. 1, p. 541-554, 2012.

CRISTAL. **Lei municipal nº 1238 de 21/11/2011**. Dispõe sobre o parcelamento do solo urbano e dá outras providências.

CRISTAL. **Plano Municipal de Saneamento Básico**. Cristal, 2011. 44 p.

CRISTAL. **Plano Ambiental Municipal**. Cristal, 2008. 57 p.

FLORES, C.A.; FASOLO, P.J. e POTTER, R.O. Solos: levantamento semidetalhado. In: FALCADE, I. e MANDELLI, F. Vale dos Vinhedos: **caracterização geográfica de região**. Caxias do Sul: EDUCS, 1999.

GONZÁLEZ RODRÍGUEZ, Rubén. **Análisis de imágenes satelitales para la evaluación del seguimiento temporal de la urbanización del territorio**. 2018. Tese de Doutorado.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE) - Manuais: **tutorial de geoprocessamento SPRING**. 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Manual técnico de uso da terra**. 3 ed. Rio de Janeiro, 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo 2010**.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. 2. ed. São José dos Campos: Parêntese, 2011. 672 p.

JENSEN, J. R. **Introductory digital image processing**. Englewood Cliffs: Prentice - Hall, 1986. 51 p.

JULIÃO, R. P. **Guia metodológico para a cartografia de risco: um produto do diálogo ciência/utilizadores**. Realidades e desafios na gestão dos riscos: diálogo entre ciência e utilizadores. Capítulo IV. Núcleo de Investigação Científica de Incêndios Florestais – Nicif . Coimbra: Imprensa Universidade de Coimbra. Coimbra, 2014.

KOTZ S, Johnson NL. **Encyclopedia of statistical sciences**. New York: John Wiley & Sons; 1983. v.4, p.352-4.

LANDGREBE, David y Biehl, Larry. **An Introduction & Reference for MultiSpec®**. Purdue Research Foundation, West Lafayette, EE.UU, 2011.

MIRANDA, J. I. **Fundamentos de Sistemas de Informações Geográficas**. 4. ed. Brasília: EMBRAPA, 2015. 399 p.

Meneses, P. R., & Almeida, T. D. **Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto**. Brasília: UnB, p. 01-33, 2012.

MULTISPEC. **Purdue Research Foundation, West Lafayette, EE.UU, 2018**.

MOREIRA, M.A. **Fundamentos de Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação**. 2ª ed. Viçosa, UFV, 2003

NASCIMENTO, I.S. et al. **Avaliação da exatidão dos classificadores MaxVer e iso cluster do software Arcgis for desktop, com uso de imagem LANDSAT 8 do município de Cáceres/MT**. Revista Continentes, Rio de Janeiro, v. 5, n. 8, p.48-62, jan. 2016.

OLIVEIRA, F. G.; Seraphim, O. J.; Gurgel, E. M. **Comparação de métodos de classificação na análise do uso e cobertura do solo**. 2011. XL Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola – CONBEA 2011.

PEREIRA, R.M. **Comparação entre os métodos de classificação supervisionada maxver e distância mínima na análise do uso e cobertura do solo na região do alto araguaia**, VI Jornada de Pesquisa e Pós-Graduação e Semana Nacional de Ciência e Tecnologia UNIVERSIDADE ESTADUAL DE GOIÁS. QGIS.

PESSOA, Lorayne Costa; DOS REIS FILHO, Antônio Aderson; ROCHA, João Vítor Vieira. **O cadastro territorial multifinalitário como ferramenta no planejamento urbano/The multifinality territorial registry as a tool for urban planning. Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 1, p. 915-926, 2018.

SILVA, C. N. **O Cadastro Territorial Multifinalitário (CTM) como Instrumento de Planejamento e Gestão Municipal. Grupo Acadêmico Produção do Território e Meio Ambiente Faculdade de Geografia e Cartografia UFPA -COBRAC 2012.**

STEINIGER, S.; Hay, G. J. **Free and open source geographic information tools for landscape ecology**. Ecological Informatics, v. 4, n. 4, p. 183–195, 2009.

CECCONELLO, S.T. **análise ambiental dos processos dinâmicos do uso e Cobertura da terra sobre as áreas de preservação Permanente no município de pelotas entre os anos de 1985 e 2015**. Dissertação de Mestrado em Desenvolvimento Territorial e Sistemas Agroindustriais. UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS.

## **ARTIGO II**

SANTOS, DANIEL BRITTO DOS; LEANDRO, DIULIANA.

### **UTILIZAÇÃO DE AERONAVE REMOTAMENTE PILOTADA – RPA PARA ATUALIZAÇÃO DA BASE CADASTRAL EM ÁREA PILOTO NO MUNICÍPIO DE CRISTAL/RS**

#### **RESUMO**

O uso de Aeronave Remotamente Pilotada (RPA) para aerofotogrametria e para o mapeamento urbano tem se tornado muito eficaz, principalmente por ser uma tecnologia de coleta de dados de menor custo para municípios de pequeno porte, como é o caso do Município de Cristal/RS. As informações advindas dessa tecnologia permitem que se faça uma atualização cadastral. Nesse artigo optou-se por testar essa tecnologia em uma área piloto, gerar uma planta cadastral com essas informações e realizar um comparativo com os dados existentes no banco de dados do município associados aos dados tributários. Isso possibilitaria tornar, para municípios de pequeno porte, o Imposto sobre a Propriedade Predial e Territorial Urbana (IPTU), uma fonte de arrecadação importante, permitindo a cobrança deste tributo, fundamental para investimento em infraestrutura e ou benefícios sociais para a população, de forma socialmente justa. Para tal, avaliou-se a eficácia do uso de RPA para futuros levantamentos e mapeamentos, além de gerar produtos cartográficos para auxiliar a gestão ambiental municipal nas suas demandas. Como resultado alcançou-se acurácia posicional centimétrica para a delimitação de construções com o uso RPA de baixo custo, com a conclusão de que se pode utilizar a tecnologia para atualização cadastral com diversas aplicações práticas em município de pequeno porte entre elas a planta de valores do município.

Palavras-chave: Geotecnologias. Mapeamento aéreo. IPTU.

## ABSTRACT

The use of Remotely Piloted Aircraft (RPA) for aerofogrammetry and urban mapping has become amazingly effective, mainly because it is a less expensive data collection technology for small municipalities, as is the case of the Municipality of Cristal / RS. The information from this technology allows a registration update to be made. In this article, it was decided to test this technology in a pilot area, generate a cadastral plan with this information and make a comparison with the existing data in the municipality's database. This would make it possible, for small municipalities, the Tax on Urban Property and Territorial Property (IPTU), an important source of collection, allowing the collection of this tax, which is fundamental for investment in infrastructure and or social benefits for the population, equitable and socially just. This article evaluates the effectiveness of using RPA for future surveys and mapping, in addition to generating cartographic products that will assist municipal environmental management in their demands. As a result, centimetric positional accuracy was achieved for the delimitation of buildings using low-cost RPA, with the conclusion that technology can be used for cadastral updating with several practical applications in a small municipality, including the value plant of the County.

Keywords: Geotechnologies. Aerial mapping. IPTU.

## 1 INTRODUÇÃO

Com o crescimento desordenado das cidades, os órgãos municipais de planejamento e controle se deparam muitas vezes com problemas de infraestrutura básica como a falta de habitações planejadas, saneamento básico, ruas e vias de acesso improvisadas, instalações elétricas de risco, além da falta de centros de saúde e educação adequados e próximos à população. A falta de um plano diretor também afeta as pequenas cidades, por possuírem menos que 20.000 habitantes, não tem obrigatoriedade de estabelecer um Plano Diretor, o qual é uma ferramenta importante quando se fala em planejamento, e sem planejamento não avançamos de maneira ordenada e eficaz.

Em estudos realizados por diversos autores (MOURA, 2014; ZYNGIER, 2012; ZYNGIER, 2016; HERCULANO, 2018), acredita-se que um dos grandes obstáculos à adoção dos preceitos do Plano Diretor é a falta de compreensão e visualização da informação, seguida da falta de envolvimento do cidadão com as questões da cidade e do aumento da complexidade das normativas que cada vez ficam mais inacessíveis ao entendimento comum.

O plano diretor além de ser um instrumento de ordenamento do território, também reflete escolhas racionais, técnicas e democráticas no município, é um dos instrumentos avançados de política urbana, tal importância é ressaltada por diversos autores como Machado *et al.* (2019), Silva *et al.* (2020), Rezende e Ultramari (2007).

Di Sarno (2004), informa que o planejamento é instrumento necessário à adequada ordenação do espaço urbano, sendo que o “[...] planejamento urbanístico deve traduzir metas para o setor público e privado, pretendendo a transformação dos espaços, ou o estímulo a certas atividades, ou a manutenção de determinadas áreas para que, vista no conjunto, a cidade se equilibre nas suas múltiplas funções” (DI SARNO, 2004, p. 55).

Todo planejamento territorial necessita da existência de dados confiáveis como suporte para análise e tomada de decisões (ROSENFELDT, 2016). O mesmo autor ainda ressalta que métodos que se utilizam de imagens obtidas por sensores aerotransportados constituem-se de opção viável para construção e atualização de informações cadastrais. A fotogrametria é a ciência que consiste na arte e tecnologia de obter informações confiáveis da superfície da terra e demais objetos físicos, através de medições, análises e representações utilizando fotografias conforme - Sociedade Internacional de Fotogrametria e Sensoriamento Remoto (ISPRS). Segundo Silva (2015), a integração de métodos fotogramétricos com os avanços da visão computacional tem aumentado o mercado interessado em imagens digitais obtidas com plataformas não tripuladas. Dentro deste contexto, o uso de RPAs para fins de mapeamento tem crescido em virtude do uso de receptores GNSS de maior precisão nas aeronaves, o que possibilita maior autonomia nos voos e melhor controle de estabilidade e de altitude.

A forma mais comum, tradicional e usual para atualização de informações cadastrais são realizadas com trenas e medidores eletrônicos de distância ou receptores GNSS (*Global Navigation Sattelite System*). Estes métodos são considerados de alta precisão, porém lentos. Em paralelo com estes métodos

tradicionais estão as aplicações fotogramétricas que são usadas para criar e atualizar mapas, principalmente em áreas maiores (MANYOKY, 2011).

A utilização de aeronaves para mapear as cidades (aerofotogrametria), já é utilizado a anos e de forma aceitável, porém com um custo alto. E os municípios menores não têm condições de arcar com estes valores, mesmo tendo conhecimento que a arrecadação após atualização do cadastro aumente significativamente na maior parte dos casos. O principal motivo é que estes municípios não conseguem dispor de verbas para esta finalidade sem que esta decisão afete seus gastos básicos e urgentes. Portanto, atualizar a base cartográfica e a planta cadastral torna-se inviável para municípios de pequeno porte.

Com a chegada de novas alternativas como os RPAs, essas cidades podem realizar o mesmo processo com mais agilidade e menor investimento, mas para isso necessitam de uma metodologia bem definida, capaz de corrigir ou minimizar alguns erros e/ou distorções inerentes ao processo, para que os produtos gerados sejam de qualidade e confiança.

Assim, o município de Cristal-RS, com a planta cadastral desatualizada desde o ano de 2006, deixa de arrecadar tributos para investir em infraestrutura, seja ela na saúde, educação, saneamento básico, dentre outras. Uma possibilidade de atualização dessa planta seria a utilização de RPA, metodologia de baixo custo. Pois está seria uma forma mais justa para os contribuintes municipais, não havendo a necessidade de aumentar a alíquota geral de IPTU.

Isto exposto, o objetivo deste artigo é verificar se a tecnologia de RPA permite que se obtenha dados espaciais para gerar produtos cartográficos que poderão ser empregados para atualização cadastral e se os produtos gerados podem auxiliar na gestão ambiental municipal de Cristal/RS.

## **1.1 ÁREA DE ESTUDO**

O Município está localizado à beira da BR 116, o que garante facilidade de acesso, pois dista aproximadamente 150 km de Porto Alegre e 100 km de Pelotas. Conforme IBGE (2010), em 2019 a população estimada do município era de 8.009 habitantes. Com área total de 682,138 Km<sup>2</sup>, o município de Cristal faz divisa ao norte, com o município de Camaquã e Amaral Ferrador; ao sul com São Lourenço



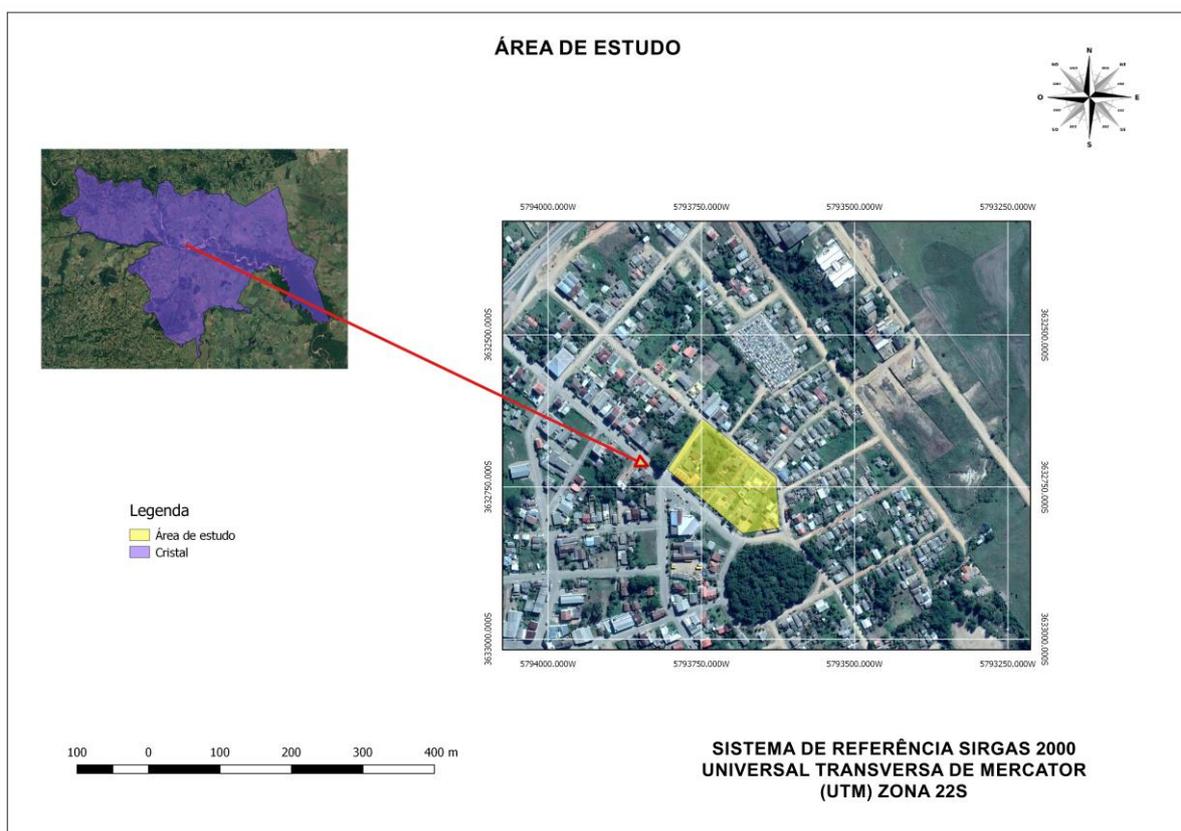


Figura 2 – Área de estudo.

## 2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

### 2.1 MATERIAIS E MÉTODOS

Para desenvolvimento deste trabalho primeiramente foi planejado a localização dos pontos de apoio e checagem e realizada coleta e marcação destes, após foram determinadas as coordenadas geográficas para estes pontos. Partiu então para planejamento do plano de voo e realizado voo para coleta das ortofotos. Após a coleta então foi realizado o processamento fotogramétrico. Essa metodologia é apresentada na Figura 3.

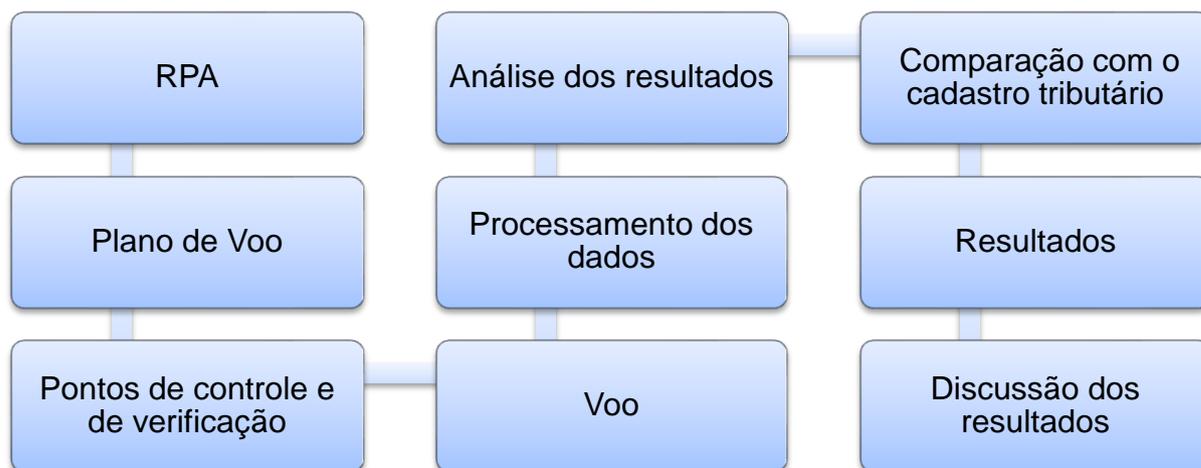


Figura 3 – Fluxograma demonstrando as etapas

### 2.1.1 EQUIPAMENTOS

Para realizar essa pesquisa empregaram-se os seguintes equipamentos:

- Receptor GNSS RTK Shouth S86, o qual foi utilizado para coletar pontos de check e apoio.
- RPA modelo Phantom 3 pro, o qual empregou-se para realização do voo e coleta de imagens aéreas.
- Smartphone modelo Samsung M30, o qual foi utilizado para visualização do RPA durante a missão.
- Notebook core I5 com 8 GB RAM e HD 500 GB, utilizado para planejamento do processo e processamento das imagens.
- Desktop core I5 / 16 GB RAM / CPU NVIDIA 1660 6 GB/ SSD480, o qual empregou-se para processamento e elaboração dos produtos finais.

### 2.1.2 SOFTWARES

Empregaram-se os seguintes softwares:

- Google Earth PRO, utilizado para planejamento dos pontos de apoio, check e análise do terreno.
- Drone Deploy, utilizado para planejamento e execução do voo com RPA. Aplicativo para planejamento de voo e aquisição das imagens. Esse permite a parametrização do plano de voo em função da resolução desejada para as

imagens originais: sobreposição das imagens, linhas de voo e resolução resultante. Possui um módulo de controle do voo em formato de aplicativo, compatível com o dispositivo de controle do RPA, no caso, um Smartphone conectado ao rádio controlador do RPAS.

- Quantum GIS 2.16.2, utilizado para produção e geração dos mapas.
- Agisoft Photoscan, programa utilizado para processamento fotogramétrico das imagens obtidas no aerolevante. Nele integra-se os dados obtidos de pontos de controle e de imagens para gerar modelos ajustados de terreno, superfície e o ortomosaico. Esse programa é utilizado para processamento fotogramétrico dos dados obtidos pelo RPA.

### **2.1.3 MATERIAIS**

Os materiais listados abaixo foram utilizados para confecção dos alvos e marcação prévia dos pontos de apoio.

- Tinta e pincel foram utilizados para marcação prévia dos pontos de apoio, eucatex e folha de E.V.A foram utilizados para confecção dos alvos.
- Alvos foram utilizados para identificação dos pontos de checagem e apoio coletados pelo Receptor GNSS.

### **2.1.4 DESENVOLVIMENTO**

Nesta seção é esmiuçada o processo de coleta e análise dos dados espaciais aplicando a tecnologia RPA.

#### **2.1.4.1 Pontos de Controle**

Para realizar o planejamento dos pontos de apoio e check utilizou-se o software Google Earth Pro (Figura 4). Esses pontos foram demarcados no local utilizando tinta e pincel, no total foram demarcados 18 pontos. Para que se pudesse determinar as coordenadas geodésicas dos pontos aplicou-se a técnica RTK (Real Time Kinematic) de posicionamento. Essa técnica baseia-se na transmissão instantânea de dados de correções dos sinais de satélites pela estação base (fixa)

para o receptor móvel que percorre os vértices de interesse (pontos móveis). Desta forma, proporciona o conhecimento em tempo real de coordenadas geodésicas precisas dos vértices levantados. Para garantir a acurácia no levantamento foi necessário determinar as coordenadas geodésicas precisas da estação base (fixa) anteriormente.

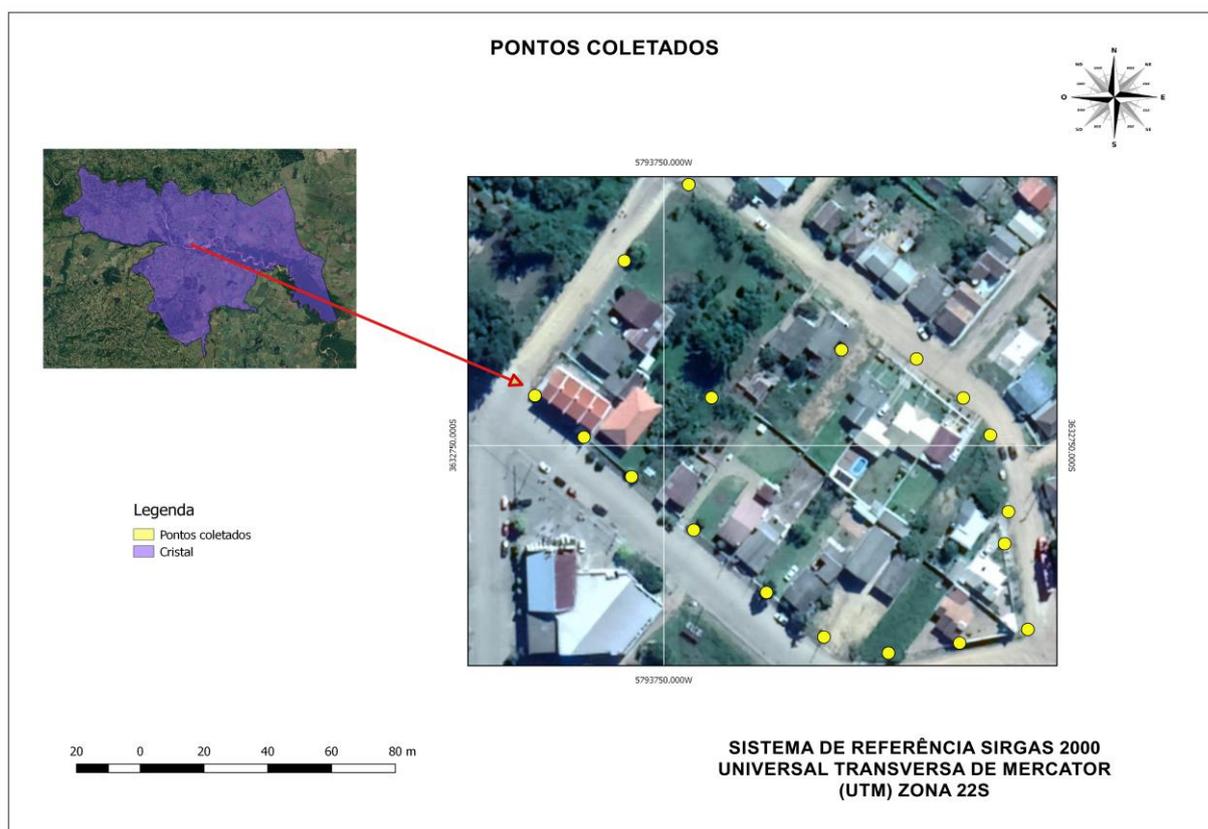


Figura 4. Localização dos pontos coletados

Para determinar as coordenadas geodésicas precisas da estação base ocupou-se esse ponto com o receptor GNSS RTK (Figura 5). Após 1 hora de rastreio os dados foram processados pelo método de Posicionamento por Ponto Preciso (PPP). De acordo com o IBGE (2020), o IBGE-PPP (Posicionamento por Ponto Preciso) é um serviço online gratuito para o pós-processamento de dados GNSS (Global Navigation Satellite System), que faz uso do programa CSRS-PPP (GPS Precise Point Positioning) desenvolvido pelo NRCan (Geodetic Survey Division of Natural Resources of Canada). As coordenadas geodésicas projetadas no sistema

UTM da estação base são: UTM N(m) 6569897,678 e UTM E(m) 400232,821 em SIRGAS 2000 (Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas).

De posse das coordenadas da estação base aplicou-se a técnica de posicionamento RTK e determinou-se as coordenadas dos pontos denominados de móveis. Esses pontos foram utilizados como pontos de controle e verificação para o voo com a RAP. Como ressalta Pedreira *et. al.*, (2020), com os pontos de controle no terreno incorporados na orientação exterior e a aerotriangulação possibilitam atribuir uma elevação a cada par conjugado de pixels.



Figura 5 – Base GNSS RTK (- 31° 00' 01,0388"; -52° 02' 42,1055").

Observa-se na Tabela 1 as coordenadas geodésicas projetadas no sistema UTM de todos os pontos (base e móvel) levantados. Verifica-se os valores de erro quadrático médio (RMSE) 2D e 3D obtidos foram subcentimétricos.

Tabela 1 – Pontos coletados pelo equipamento KTK.

Ponto	Coord. E(X) (m)	Coord. N(Y) (m)	Altitude (m)	RMSE 2D (cm)	RMSE 3D (cm)
1	400.232,8520	6.569.897,4500	56,300	0.10	0,10
2	400.240,3910	6.569.869,9640	54,634	0.10	0,10
3	400.233,9400	6.569.907,7530	55,019	0.10	0,10
4	400.219,4460	6.569.944,1860	54,764	0.10	0,10
5	400.181,0920	6.569.959,2960	57,410	0.10	0,10
6	400.132,6830	6.570.011,9820	62,144	0.10	0,10
7	400.112,7670	6.569.987,2880	61,818	0.10	0,10
8	400.085,1220	6.569.943,6670	60,658	0.10	0,10
9	400.100,6030	6.569.930,4650	59,621	0.10	0,10
10	400.115,6510	6.569.917,8730	59,055	0.10	0,10
11	400.140,5080	6.569.943,5570	57,135	0.10	0,10
12	400.135,3170	6.569.900,9090	58,285	0.10	0,10
13	400.158,3350	6.569.881,0700	57,541	0.10	0,10
14	400.176,4720	6.569.866,9150	57,030	0.10	0,10
15	400.196,7600	6.569.861,9570	56,603	0.10	0,10
16	400.219,0400	6.569.865,3980	55,650	0.10	0,10
17	400.228,0220	6.569.932,3130	55,034	0.10	0,10
18	400.204,6710	6.569.956,6160	54,778	0.10	0,10

#### 2.1.4.2 Plano de Voo

Empregando o aplicativo Dronedeploy realizou-se o plano de voo conforme Figura 6, o plano de voo é muito importante para termos dados com acurácia de qualidade, pois com o seu uso determinam-se diversas configurações dentre elas, altura, sobreposições e velocidade da plataforma que realiza o imageamento.

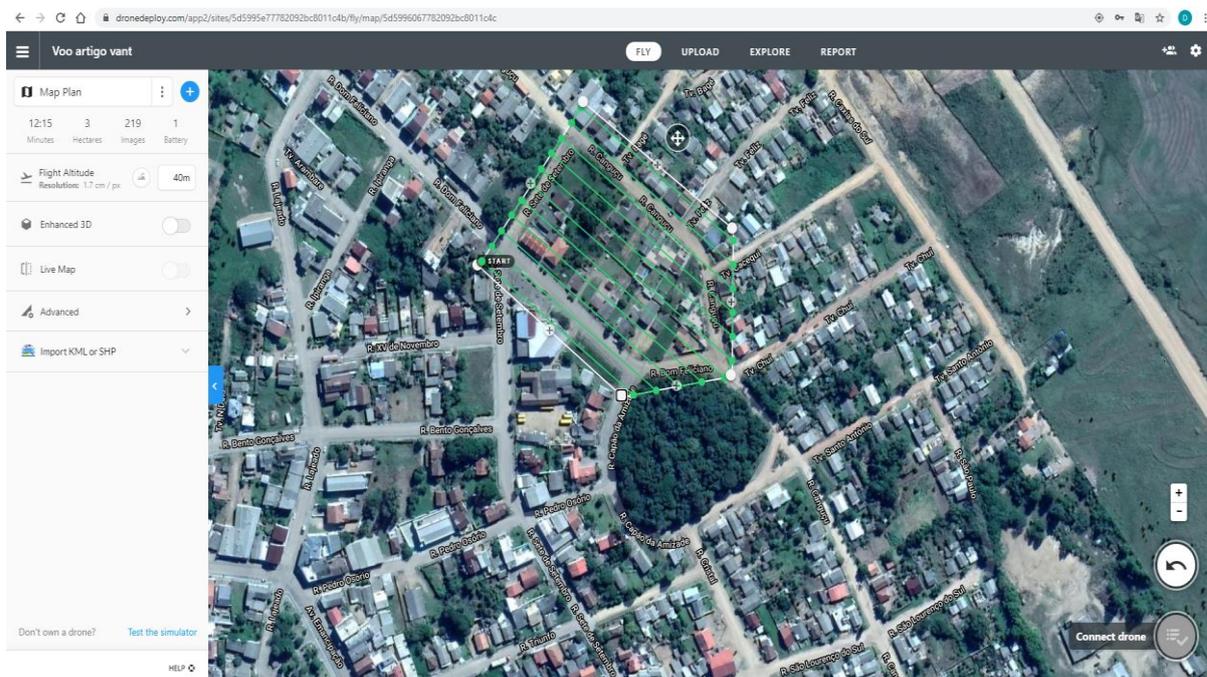


Figura 6. Planejamento de voo no aplicativo Dronedeploy.

### 2.1.4.3 Levantamento aerofotogramétrico

O levantamento aerofotogramétrico na área de estudo foi executado por um RPA do modelo Phantom 3 Pro, conforme Figura 7. Esse equipamento possui um sistema de aquisição de coordenadas do centro perspectivo das fotografias, em conjunto com um sistema inercial de controle, permitindo assim disponibilizar o ângulo de inclinação das imagens capturadas. Para a geração das ortofotos o voo foi realizado a uma altura de 40 metros com estimativa de geração de pixel de 1,7 cm. Para as linhas de voo foram configuradas uma sobreposição frontal de 80% e lateral de 80%.



Figura 7. DJI Phantom 3 Professional.

Para posterior visualização dos pontos de checagem e de apoio foram confeccionados alvos em eucatex e folhas de E.V.A. Antes do voo foram colocados os alvos nos pontos de controle e verificação pré-determinados, sendo os de cor amarela representando os pontos de checagem e os de cor branca os pontos de apoio, conforme Figura 8.



Figura 8. Alvos utilizados.

#### **2.1.4.4 Processamento das aerofotos**

Após execução do voo e captura das imagens passou-se então para a fase de processamento das aerofotos com o programa Agisoft Photoscan Professional conforme Figura 9.

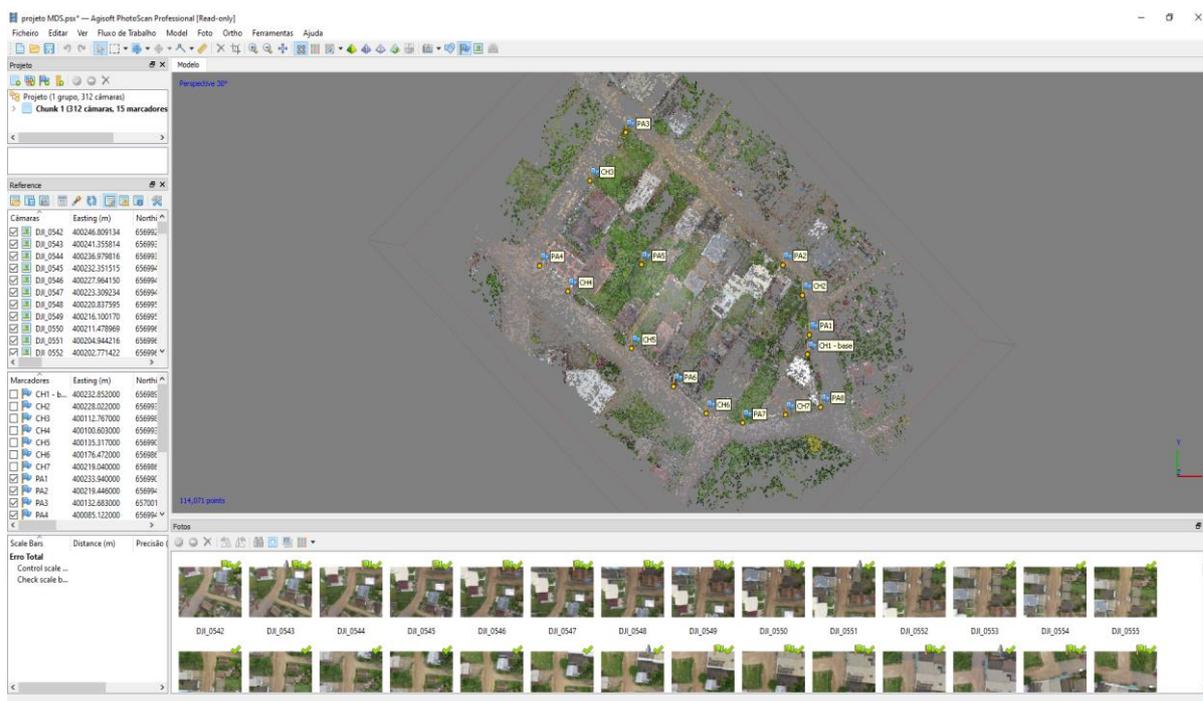


Figura 9. Programa Agisoft Photoscan.

Com o voo foram capturadas 312 aerofotos. Observa-se no fluxograma (Figura 10), as etapas realizadas no processamento destas imagens.

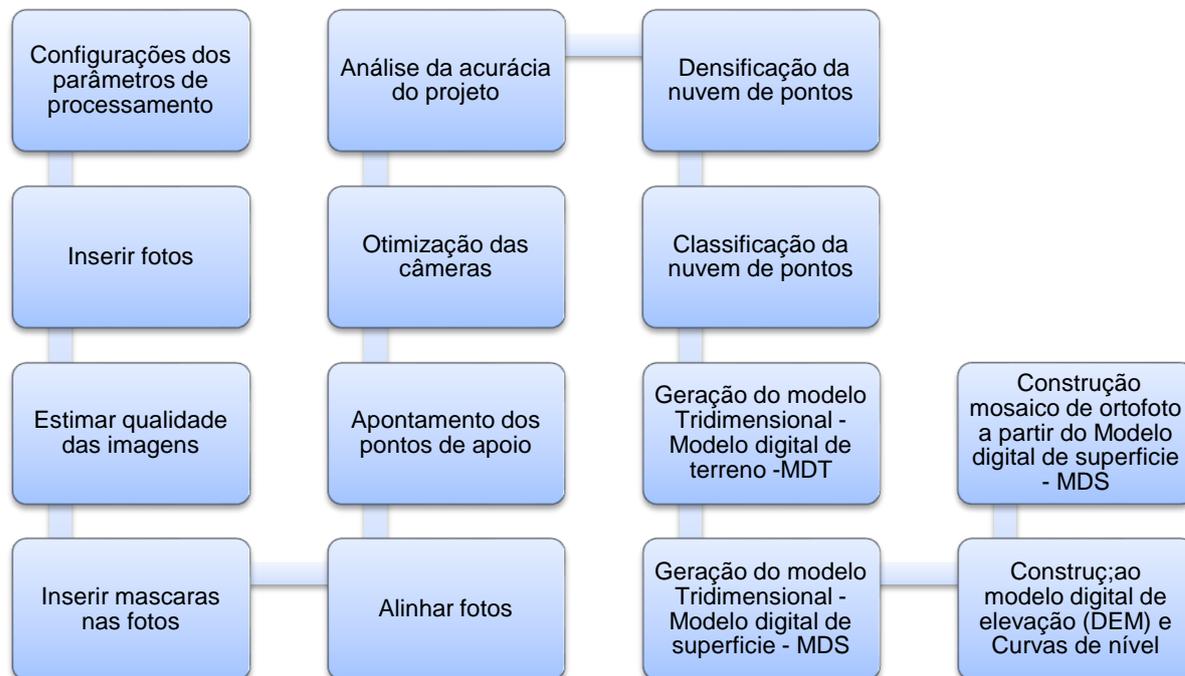


Figura 10. Fluxograma de etapas do processamento de imagens.

Após a geração dos modelos digitais (MDT e MDS), estes foram salvos e importados para o software QGIS. Nesse programa realizou-se o tratamento dos modelos, efetuou-se medições e confeccionou-se os mapas.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os produtos cartográficos de uma área piloto do município de Cristal – RS, foram escolhidos visando produtos que podem auxiliar a gestão ambiental municipal. Um dos produtos gerados foi uma planta cadastral atual da área piloto. Esse produto pode ser comparado com a base cadastral existente no município, após a aerotriangulação e mosaicagem das ortofotos, no qual se gerou o ortofotomosaico (Figura 11) no sistema de referência SIRGAS 2000/UTM zona 22 S. O qual posteriormente passar pelo processo de vetorização.



Figura 11. Otofotomosaico da área de interesse.

O resultado para este produto é demonstrado na Figura 12, na qual percebe-se que os pontos em preto são as marcações referente as coordenadas do centro perspectivo das imagens e as cor na figura representa a quantidade de

sobreposições entre as imagens, nesse caso a cor predominante é azul, a qual representa sobreposição igual ou maior que 9. A sobreposição entre as imagens é maior referência para obtermos qualidade para a ortofoto.

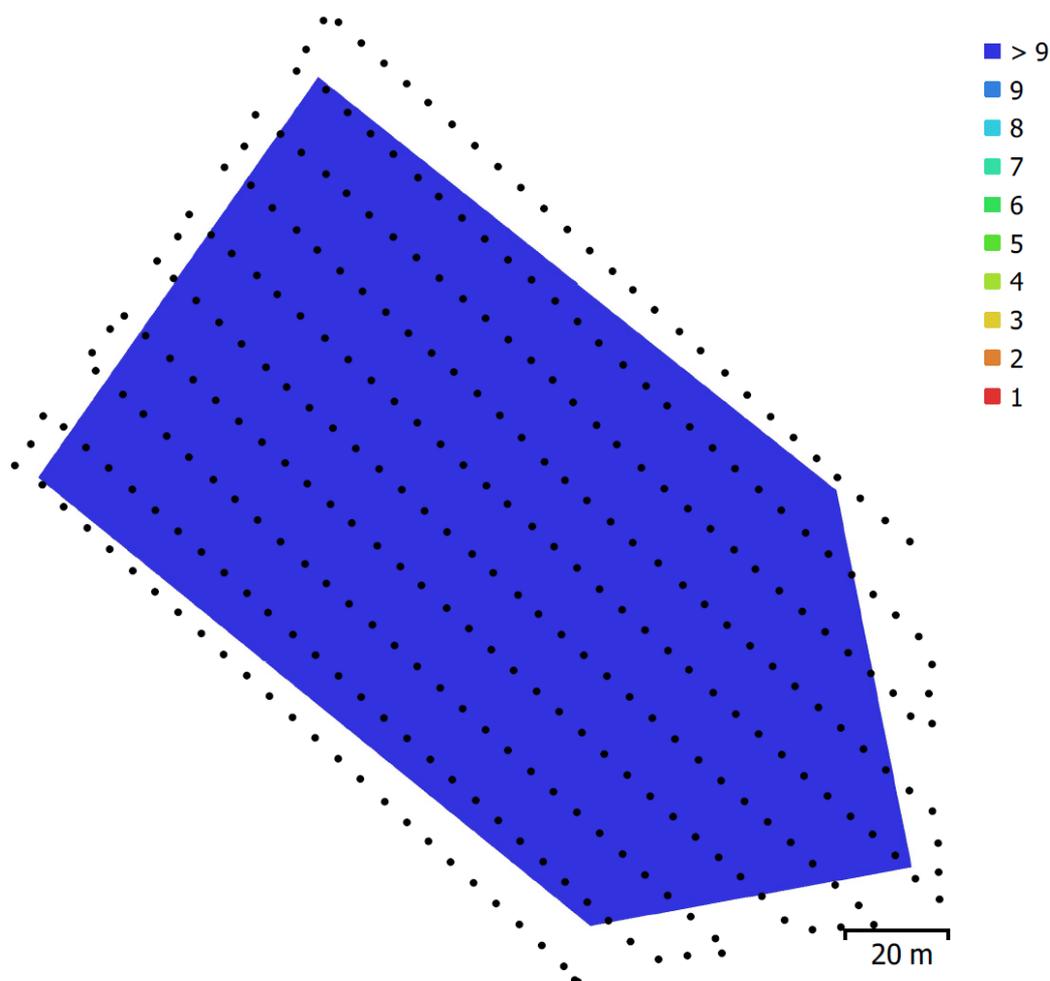


Figura 12. Modelo com informações de sobreposição de imagens gerado no software Agisoft PhotoScan Professional.

Observa-se na Tabela 2 o resultado do modelo com as informações de sobreposição das imagens. No voo foram capturadas 322 imagens, com altura de 42,2 metros e o GSD final de 1,62 cm/pixel, esse número representa a resolução de terreno. A área levantada tem dimensões de 0,015 km<sup>2</sup>, para ela foram gerados 114.071 mil pontos com 643.,567 mil projeções o que gerou um erro de projeção de 2,13 pixel.

Tabela 2. Resultados do modelo com informações de sobreposição de imagens.

Número de imagens	312	Estações de câmera	312
Altitude de voo	42,2 m	Ponto de amarração	114,071
Resolução do grid	1,62 cm/pixels	Projeções	643,567
Área coberta	0,015 km <sup>2</sup>	Erro de reprojeção	2,13 pixels

Na Figura 13 podemos observar a avaliação dos pontos de controle e dos pontos de checagem a partir das elipses de erro. Percebe-se que os maiores erros são para os pontos de checagem do que para os pontos de controle. Isso se explica pelo fato que os pontos de controle são utilizados no processo de aerotriangulação e também no processo de ajustamento. Para analisar os pontos de verificação comparam-se as coordenadas dos pontos na aerotriangulação com as coordenadas coletadas em campo. Apesar de ser coletado um total de 18 pontos, para este processamento foram utilizados 7 pontos de apoio e 5 pontos de controle. A legenda CH é referente aos pontos de checagem e PA é referente aos pontos de apoio conforme figura 13.

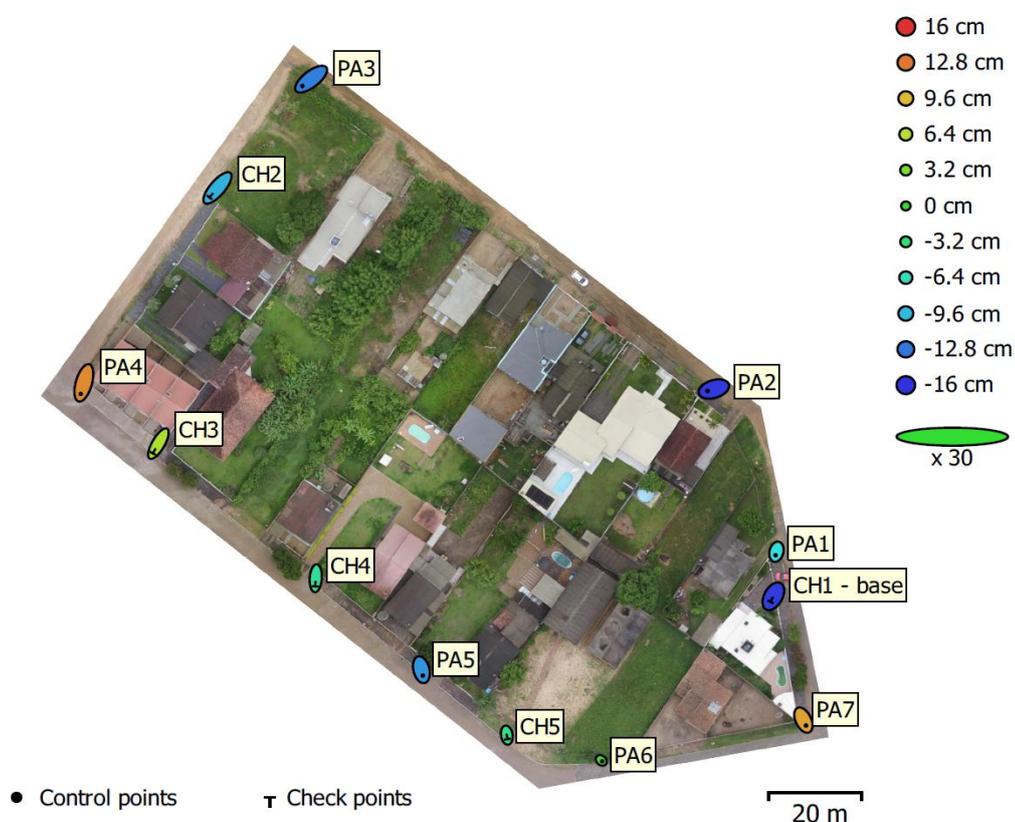


Figura 13. Avaliação dos pontos de controle e checagem.

Na Tabela 3 podemos verificar informações gerais dos pontos de controle e pontos de checagem. Observa-se o erro médio quadrático (RMSE), calculado de forma estatística e possibilita analisar a precisão e acurácia dos produtos gerados. Nos pontos de controle podemos perceber que o erro na coordenada x foi de 6,27 cm, na coordenada y foi de 8,82 cm na coordenada z de 11,01 cm, com erro tridimensional de 15,45 cm. Estes pontos são ajustados no processamento, portanto não são utilizados para verificar a qualidade posicional do produto. Os pontos de checagem são os resultados que utilizamos para avaliar a acurácia, obteve-se um erro na coordenada x de 6,53 cm, na coordenada y de 11,36 cm, e na coordenada z de 9,07 cm, ainda um erro planimétrico de 13,11 cm e um erro tridimensional de 15,94 cm.

Tabela 3. Avaliação dos pontos de controle e checagem.

Erro médio quadrático Pontos de Controle									
Número	Erro (cm)	X	Erro (cm)	Y	Erro (cm)	Z	Erro (cm)	Bidimensional	Erro Tridimensional (cm)
7	6,27		8,83		11,01		10,84		15,45
Erro médio quadrático dos pontos de checagem									
Número	Erro (cm)	X	Erro (cm)	Y	Erro (cm)	Z	Erro (cm)	Bidimensional	Erro Tridimensional (cm)
5	6,53		11,36		9,07		13,11		15,94

Ainda sobre os pontos de checagem (Tabela 3), pode se perceber que os erros bidimensionais e tridimensionais são respectivamente de 13,1124 cm e 15,9446 cm, este erro para um município de pequeno porte como Cristal-RS é considerado muito bom, pois o município não possui um sistema de informações territoriais (SIT) e o dado oficial com melhor qualidade é o mapeamento sistemático em nível nacional está na escala de 1:50.000. Esses resultados comprovam que a fotogrametria com o uso RPA de baixo custo pode obter acurácia na casa dos centímetros, assim os resultados alcançados foram dentro da expectativa, levando em consideração o GSD e a aplicação. Esse é um resultado adequado para o uso em áreas urbanas, como destaca Oliveira e Brito (2020), como aspectos positivos

destaca-se que o uso da RAP pode ser considerado para mapeamento urbano, sendo capaz de obter produtos com qualidade cartográfica aceitável, permitindo a identificação de edificações e estradas, além de possuir vantagem na economia de tempo e após processamento gerar um a gama de informações. Assim, com a qualidade do ortofotomosaico verificada foi possível realizar a vetorização dos elementos gráficos existentes na imagem, e compará-las com a base cadastral existente do cadastro da prefeitura municipal de Cristal.

Com a topografia convencional pode-se conseguir uma melhor acurácia posicional, porém o processo muito mais oneroso na questão de tempo, já a fotogrametria pode gerar um melhor detalhamento do terreno, o que neste caso faz grande diferença já que o objetivo é atualizar a planta cadastral e utilizar produtos como o modelo digital de superfície (MDS) que usualmente chama-se realidade virtual do terreno para medição das construções existentes. E ressalta-se que ambas as técnicas podem ser utilizadas em conjunto, uma complementando a outra.

Para realizar a avaliação do resultado obtido pelo levantamento fotogramétrico levamos em consideração os pontos de checagem/verificação. Na Tabela 4 apresenta-se os resultados dos erros dos pontos de checagem, esse se faz importante para avaliar da acurácia do projeto. Observa-se que o maior erro na coordenada X ocorreu para o ponto de checagem CH2 com aproximadamente 11cm, o maior erro na coordenada Y foi no ponto CH3 com aproximadamente 14cm e em altitude (Z) foi em torno de 15cm no CH1.

Tabela 4- Resultado com os erros dos pontos de checagem. Sendo X – este, Y – norte, Z – altitude.

Rótulo	Erro (cm)	X	Erro Y (cm)	Erro Z (cm)	Erro Total	Imagem (pixel)
CH1	-4,21		-8,073	-15,48	17,96	0,562
CH2	-11,45		-13,94	-9,98	20,62	0,412
CH3	-7,96		-14,34	5,70	17,37	0,423
CH4	-0,73		-12,03	-4,84	12,99	0,405
CH5	0,89		-5,96	-3,98	7,22	0,405
Total	6,53		11,36	9,07	15,94	0,450

Outro produto gerado é o modelo digital de elevação MDE com resolução de 3,24 cm/pixel e densificação de pontos de 952 pontos por m<sup>2</sup>. Na área em estudo pode ser percebida uma variação de altitude elipsoidal entre 53 metros e 70 metros, o que foi confirmado in loco.

Na Figura 14 observa-se o MDE da área. Percebe-se uma variação de cor, sendo as áreas que apresentam menores valores de elevação são representados na cor azul, e as maiores em vermelho. . A cor verde representa a parte do terreno e das construções, amarelo representa construções até chegar na cor vermelha que são consideradas as partes mais altas chegando a 70 metros.

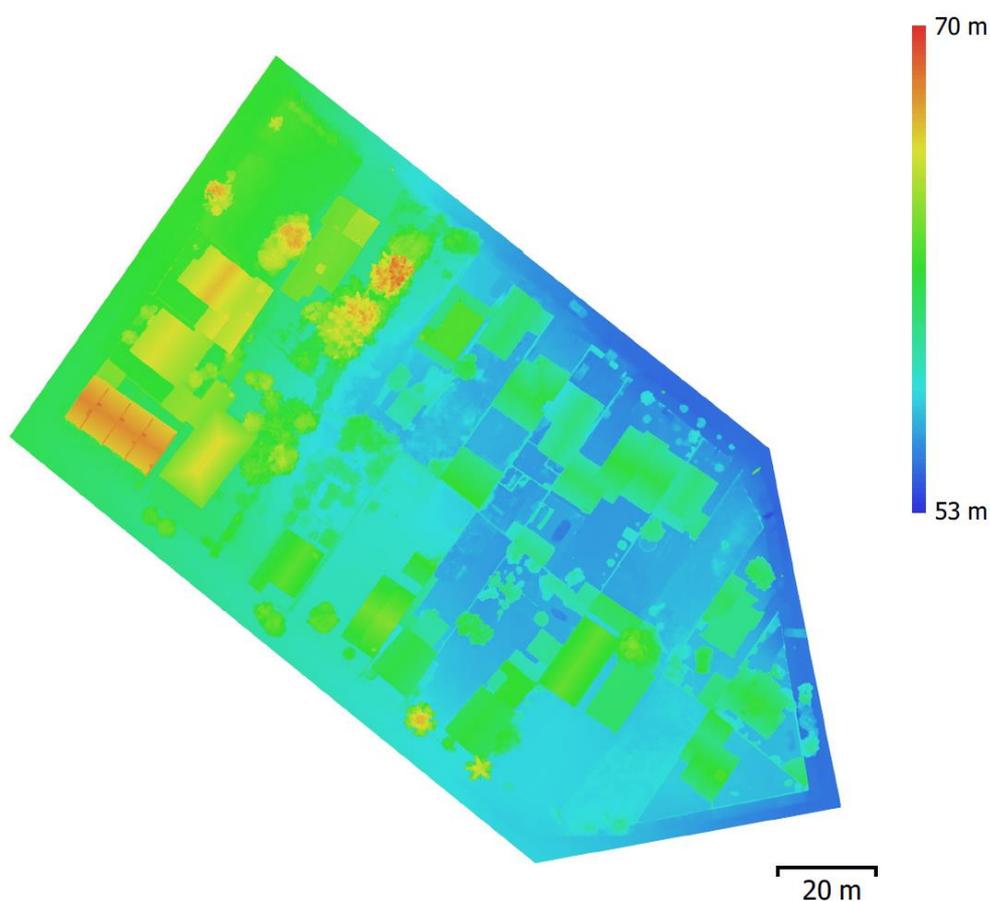


Figura 14. Modelo Digital de Elevação – DEM. Fonte: Relatório de processamento do software Agisoft PhotoScam Professional.

A planta cadastral da prefeitura municipal de Cristal-RS não é atualizada desde o ano de 2007, portanto está desatualizada há 13 anos, sendo realizados cadastros apenas de construções que são aprovadas pela secretaria de planejamento do município. Após esse trabalho foram desenhadas as construções na base de dados disponível para esses cadastros. Para realizar essa tarefa

empregou-se a plataforma de AutoCAD. Na Figura 15 pode-se observar a imagem existente no cadastro desta mesma área.

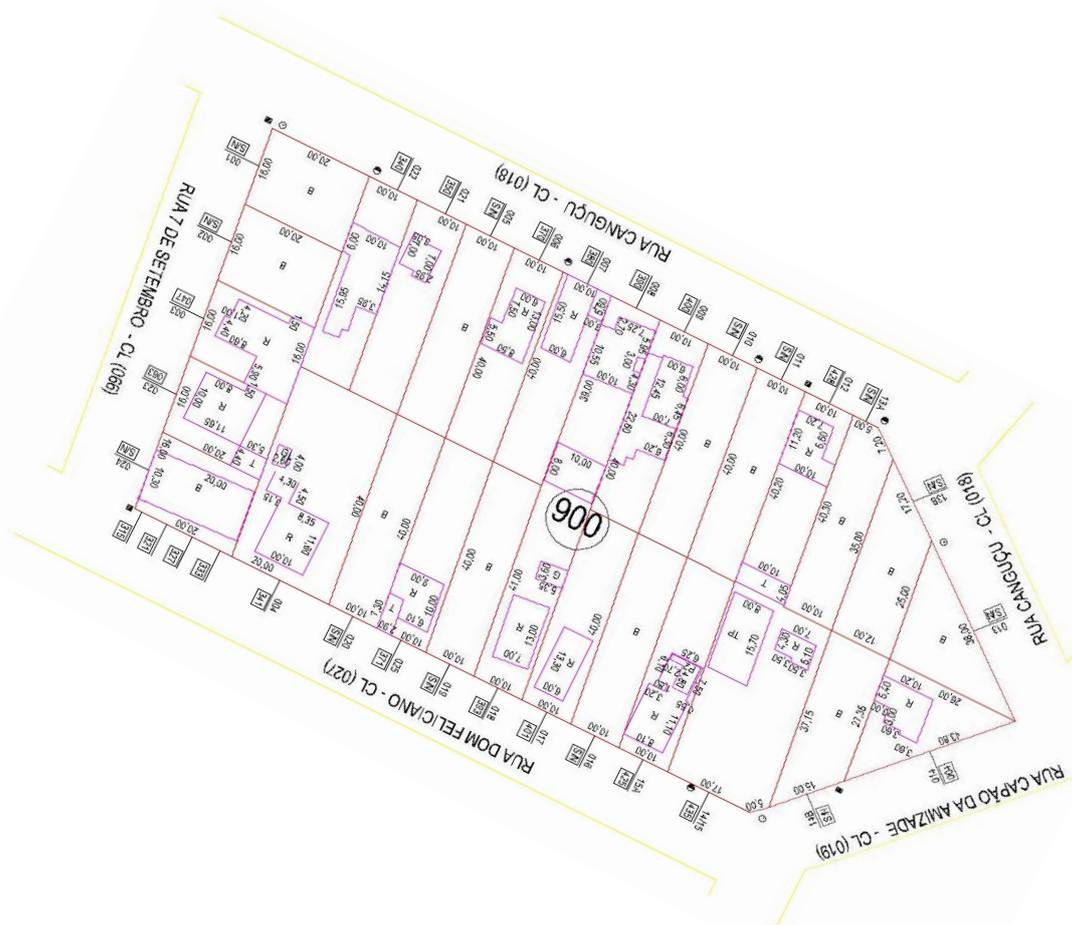


Figura 15. Cadastro existente da área de interesse no banco de dados do município.

### 3.1 COMPARATIVO ENTRE CADASTRO EXISTENTE E ORTOFOTOMOSAICO

Para realizar a comparação entre o cadastro existente na base de dados da prefeitura e o levantamento atual da área piloto, foram realizadas as vetorizações no software QGIS e uso de calculadora de campo para as medições. Para fins de comparação foram vetorizadas três construções existentes, nas quais foi possível realizar a análise e a elaboração do mapa conforme Figura 16.

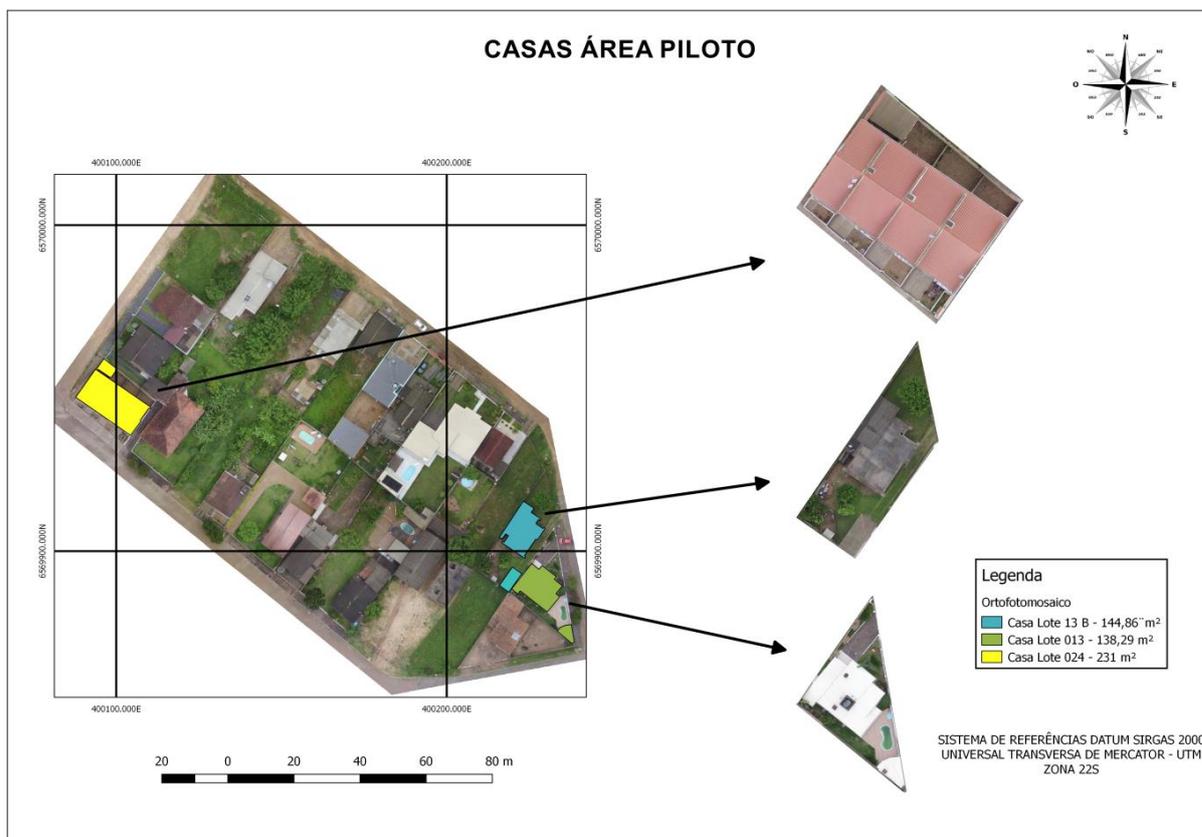


Figura 16. Vetorização 3 lotes área piloto para comparação com existente no cadastro municipal.

Após realizar a vetorização, foram descontados 10% da área de cada imóvel, esse valor equivale a uma média que usualmente é utilizada para desconto dos beirais, áreas construídas ao redor das casas muitas vezes para proteção das paredes externas ou simplesmente para embelezar suas residências. Na Tabela 5 pode ser observado o comparativo entre: área existente no cadastro da prefeitura, medição realizada na ortofotomosaico e a medição realizada in loco com uso de trena.

Tabela 5 – Áreas construções das parcelas analisadas em m<sup>2</sup>

<b>Lote</b>	<b>13 B</b>	<b>13</b>	<b>024</b>
Cadastro Municipal	128,14	103,82	206,00
Medição ortofotos	144,86	138,29	231,00
Medição in loco	132,50	103,82	208,00
Medição com 10% desconto	130,37	124,46	207,90

No lote 13 B chegamos a uma diferença entre o cadastro municipal e a medição in loco de  $-4,36\text{m}^2$ , já entre a medida final das aerofotos descontando 10% dos beirais e o medido in loco chegou-se à diferença de  $-1,53\text{m}$ . Se comparados o cadastro municipal e as aerofotos descontando os 10% dos beirais, no lote 13 B temos uma diferença de  $2,23\text{ m}^2$ .

No lote 13 o valor da área cadastrada na prefeitura é igual ao encontrado in loco, foi encontrada uma maior diferença entre a medida final com desconto de 10% e a realidade in loco, pela análise feita e medição no local, atribui-se esta diferença as medidas dos beirais, que neste caso ao invés de descontar 10% deveria ter sido descontado entre 24 e 25%, pois os beirais desta construção possuem maiores medidas (largura de  $0,80\text{ cm}$ ), estando fora do padrão habitual. Se comparados o cadastro municipal e as aerofotos descontando os 10% dos beirais, no lote 13 temos uma diferença de  $20,82\text{ m}^2$ .

No lote 024 a diferença entre a medida contida no cadastro municipal e a medição in loco é de  $-2,00\text{m}$ , já a diferença da medição in loco e a medição pela ortofoto já descontado os 10 % foi de  $0,10\text{cm}$ . Se comparados o cadastro municipal e as aerofotos descontando os 10% dos beirais, no lote 024 temos uma diferença de  $1,90\text{ m}^2$ .

Para finalizar o comparativo entre o cadastro municipal e o levantamento aerofotogramétrico da área total de todos os lotes, utilizou-se o ortofotomosaico para vetorização e medição das construções existentes onde obtivemos o total de  $3.588,21\text{ m}^2$ , diminuindo 10% valor equivalente aos beirais chegamos à medida final de  $3.229,39\text{ m}^2$  no total. Comparando com o existente no cadastro municipal que é de  $3.200,26\text{m}^2$ , podemos afirmar a eficácia deste método para levantamentos futuros, ocorreu divergência entre a vetorização e o cadastro municipal de  $29,13\text{m}^2$ , que é um erro muito pequeno, podendo ser facilmente identificado por algum erro na vetorização ou erro no próprio cadastro municipal, podendo ainda comparar com a diferença dos beirais (que são de  $0,80\text{ cm}$ ) do lote 13.

Deve-se salientar que conforme informações do município de Cristal-RS, a área piloto está devidamente atualizada no sistema do cadastro tributário, porém, na planta cadastral não está, a falta de tempo dos servidores públicos do setor de tributos para 'desenhar' no arquivo do programa do AutoCAD é um dos motivos. Na Figura 17 pode ser observado o ortofotomosaico com as medições dos lotes.

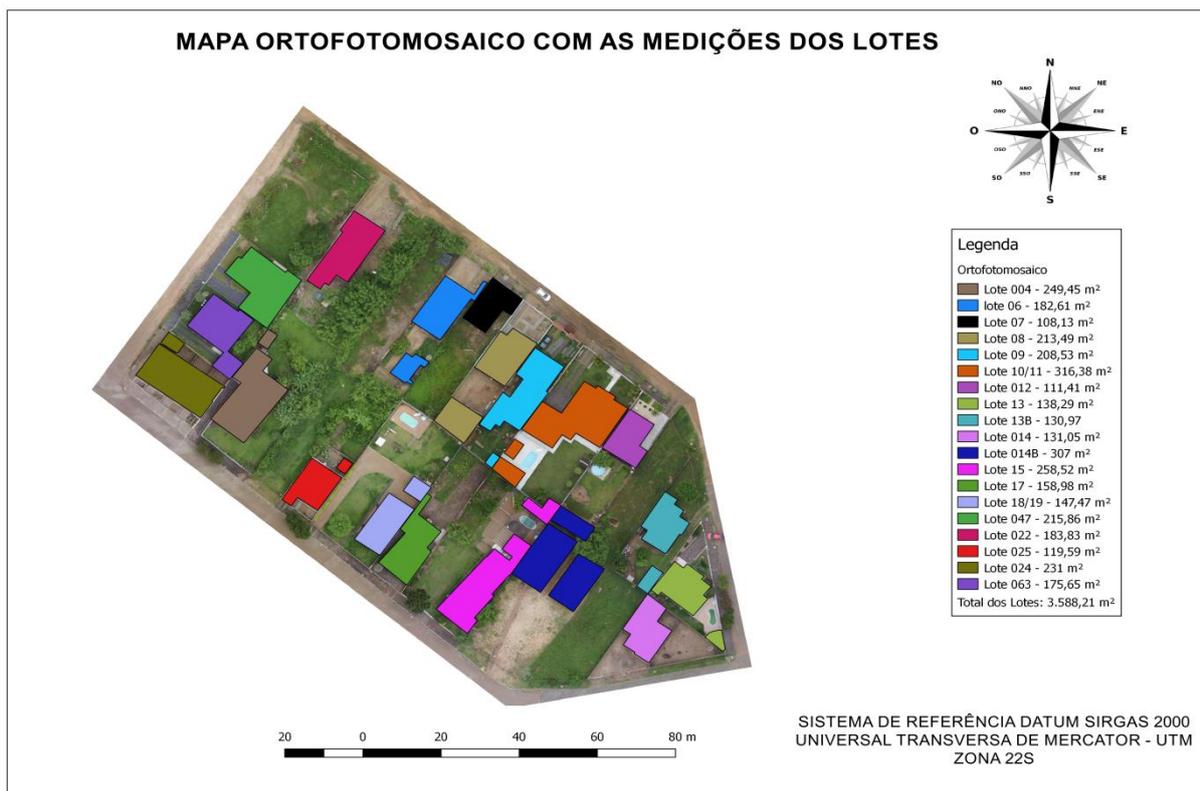


Figura 17. Ortorectificado com as medições.

Após essas análises fez-se a representação de mais dois mapas. Um mapa com o ortorectificado georreferenciado (Figura 18) e outro mapa com o modelo digital de elevação (Figura 19) da área piloto deste artigo.

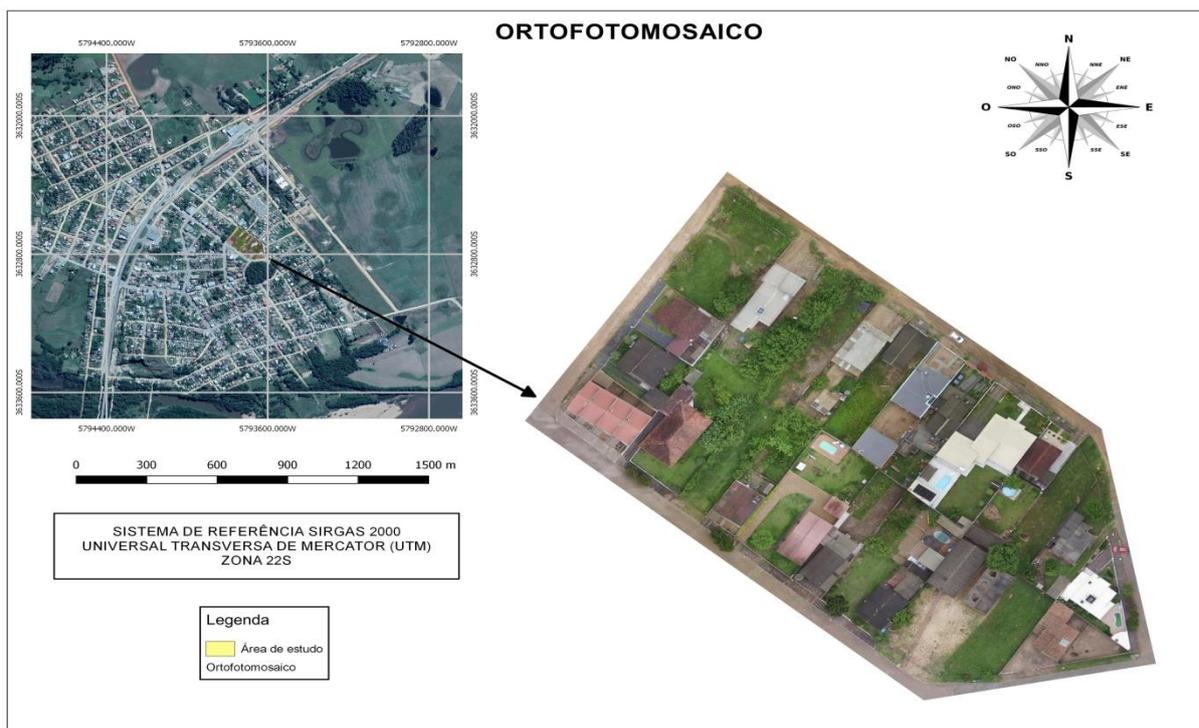


Figura 18. Ortorectificado final.

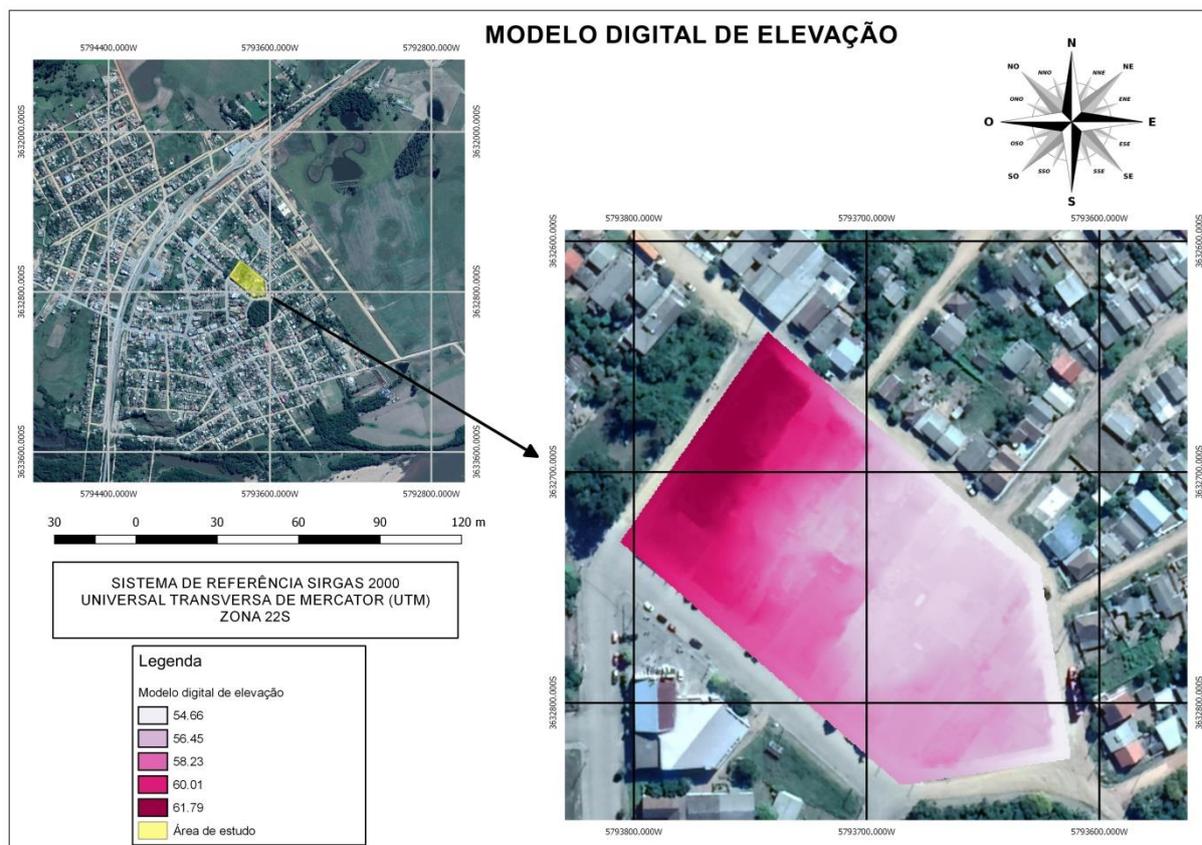


Figura 19. Modelo digital de elevação - DEM.

Os produtos resultantes da tecnologia empregada podem ser úteis à gestão municipal em diversos segmentos, dentre eles estão o planejamento de redes de esgoto e água, planejamento de construção de estações de tratamento de efluentes, as quais devem ser instalados levando em consideração o escoamento das redes. Um exemplo refere-se a análise do MDE para avaliar o porquê as metas do plano de saneamento não estão sendo cumpridas. No município de Cristal existem diversas áreas sujeitas a inundações, pois o município está às margens do rio Camaquã e seus diversos lagões, portanto o MDE pode ajudar a defesa civil municipal a planejar e/ou mapear áreas de risco, podendo definir ações para eventuais emergências.

Ainda sobre o MDE, pode-se utilizá-lo para o planejamento urbano, evitando futuras instalações em áreas de preservação permanente e áreas de risco. Pode ser elaborado mapa temático simples e claro para a população ter conhecimento e evitar problemas para com a administração pública.

## 4 CONCLUSÕES

Com o conhecimento das áreas do município, a utilização de RPA e softwares livres, podemos comprovar a viabilidade de atualizar a planta cadastral de um município de pequeno porte que muitas vezes tem recursos escassos para este tipo de levantamento. Sendo que os produtos gerados podem contribuir de certa forma para a gestão ambiental do município, bem como atualizar a planta cadastral do município e criar um Sistema de Informação Territorial.

Com a atualização da planta cadastral foi possível fazer a medição das construções existentes e atualizar a planta cadastral, conseqüentemente pode-se realizar a atualização da planta de valores municipal para a cobrança do Imposto Predial e Territorial Urbano (IPTU), que é maneira mais justa para os munícipes. Pois, com essa estratégia não haveria aumento da alíquota geral e sim aumento do IPTU de quem realmente ampliou as construções sem a devida autorização do setor de engenharia e tributário dos municípios, deixando o processo transparente e aumentando a receita do município com baixo custo e ótima qualidade.

Após análise dos resultados avaliou-se que o método e a técnica proposta para os levantamentos aerofotogramétricos com a utilização do RPA obtiveram qualidade técnica muito boa e são viáveis para utilização para atualização da planta cadastral da área piloto e pode ser aplicado nas demais áreas do município.

## REFERÊNCIAS

ANDRADE, J.B. **Fotogrametria**. Curitiba, 258p. 1998.

AMERICAN SOCIETY OF PHOTOGRAMMETRY(ASP). Manual of Photogrammetry, 1966, 1220p.

DA SILVA, Marcelo da Fonseca Ferreira; DE MENDONÇA CRUZ, César Albenes. **Gestão e planejamento urbano—uma análise do plano diretor urbano da cidade de Vitoria-ES**/Urban management and planning-an analysis of the urban director's plan of the city of Vitoria-ES. Brazilian Journal of Development, v. 6, n. 4, p. 17134-17156, 2020.

GHILANI, C. D.; WOLF, P. R. **Geomática**. Tradução Daniel Vieira. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 13ª Edição, 2013.

HERCULANO, Renata N. **Os (des)caminhos da linguagem coletiva nas paisagens urbanas brasileiras: a forma urbana modelada pela norma**. 2018. 248 f. Dissertação – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, UFMG, Belo Horizonte, 2018.

MANYOKY M, Theiler P, Steudler D, Eisenbeiss H. Unmanned aerial vehicle in cadastral applications. **International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences**. 2011 Set;63:1-6.

MACHADO, Gustavo Gomes; GUIMARÃES, Humberto Alvim. **Plano diretor e o futuro das cidades**. Cadernos da Escola do Legislativo-e-ISSN: 2595-4539, v. 21, n. 36, p. 9-44, 2020.

MONICO, J. F. G. **Posicionamento pelo GNSS: descrição, fundamentos e aplicações**. São Paulo: Editora UNESP, 2ª ed., 2008. 480p.

MOURA, Ana Clara M.; SANTANA, Sheyla. From authorial drawings to the parametric modeling of territorial occupation: representation and modeling influences in the process of designing the urban space. **Revista Brasileira de Cartografia**. the process of designing the urban space. Revista, 2015.

OLIVEIRA, Dayanne Vieira; BRITO, Jorge Luís Silva. Avaliação da Acurácia Posicional de Dados Gerados por Aeronave Remotamente Pilotada. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 71, n. 4, p. 934-959, 2019.

PEDREIRA, Wallace John Pereira; DE ANDRADE OLIVEIRA, Joanito; SANTOS, Pablo Santana. AVALIAÇÃO DA ACURÁCIA ALTIMÉTRICA USANDO A TECNOLOGIA VANT. **Caminhos de Geografia**, v. 21, n. 73, p. 209–222-209–222, 2020.

REZENDE, Denis Alcides; ULTRAMARI, Clovis. Plano diretor e planejamento estratégico municipal: introdução teórico-conceitual. **Revista de Administração Pública**, v. 41, n. 2, p. 255-271, 2007.

ROSENFELDT, Yuzi Anaí Zanardo et al. **Integração da geodésia, da fotogrametria e da fotointerpretação na construção de sistema cadastral para viabilizar a regularização fundiária plena**. 2016.

SILVA, D. **Evolução da Fotogrametria no Brasil**. Revista Brasileira de Geomática, Pato Branco, v. 3, n. 2, p.90-105, 14 dez. 2015. Disponível em: <http://revistas.utfpr.edu.br/pb/index.php/RBGeo/article/view/1924>.

ZYNGIER, Camila M. **Paisagens possíveis: geoprocessamento na an poss da ação de agentes modeladores das paisagens urbanas dos Bairros Santa Lúcia e Vale do Sereno**. 2012. 296 f. Dissertação Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, UFMG, Belo Horizonte, 2012.

\_\_\_\_\_. Paisagens urbanas possíveis: c. **Paisagens urbanas possquite dos sistemas de suporte ao planejamento e do Geodesign**. 2016. 280 f. Tese Doutorado – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, UFMG, Belo Horizonte, 2016.

**ARTIGO III**

SANTOS, DANIEL BRITTO DOS; LEANDRO, DIULIANA.

**CARACTERIZAÇÃO E DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DAS ÁREAS DE  
PRESERVAÇÃO PERMANENTE NA ZONA URBANA DO MUNICÍPIO DE  
CRISTAL - RS**

**RESUMO**

A demarcação das áreas de preservação permanentes é fundamental para o planejamento urbano e ambiental das cidades, bem como a proteção dos recursos hídricos ainda existentes nessas cidades, o conhecimento destas áreas pela população traz transparência e evita problemas. Com o intuito de deixar mais claro para a população em geral a delimitação das áreas de preservação permanente de trecho e perímetro urbano da cidade de Cristal/RS utilizou-se as geotecnologias e o software livre Quantum GIS com suas ferramentas para delimitação dessas áreas. Empregou-se como base a legislação que rege as áreas de preservação permanente, quantificando em metros quadrados estas áreas existentes neste trecho estudado, dando subsídios ao município para que promova ações de educação ambiental e recuperação das áreas em que de alguma forma foram invadidas por construções ou degradada com a própria ação da natureza.

Palavras-chave: APP, Geotecnologias, Mapeamento.

**ABSTRACT**

The demarcation of permanent preservation areas is essential for urban and environmental planning in cities, as well as the protection of water resources still existing in these cities, the knowledge of these areas by the population brings transparency and avoids problems. In order to make it clearer to the general population the delimitation of the areas of permanent preservation of the stretch and urban perimeter of the city of Cristal / RS, the geotechnologies and free software

Quantum GIS were used with its tools for delimiting these areas. The legislation that rules the permanent preservation areas was used as a basis, quantifying the existing areas in this section in square meters, giving subsidies to the municipality to promote environmental education actions and the recovery of areas in which they were somehow invaded by buildings or degraded with the very action of nature.

Keywords: APP, Geotechnologies, Mapping.

## 1 INTRODUÇÃO

A ocupação do território no Brasil, desde os tempos da colonização até os dias atuais utiliza como referencial a proximidade das áreas urbanas com os cursos d'água e suas matas ciliares. Segundo Braga *et al.* (2007), os recursos hídricos são de fundamental importância para a manutenção da vida na Terra, sendo essenciais para as mais diversas atividades, atendimento das necessidades humanas, além de auxiliar o desenvolvimento econômico. Porém, mesmo com toda sua relevância, é o recurso natural mais afetado pela urbanização, quando esta ocorre de forma desordenada. O avanço da urbanização sem prévio planejamento do espaço, causa diversos impactos ao meio ambiente, prejudicando a qualidade dos cursos d'água, pois muitas vezes são receptores de esgotos domésticos lançados sem tratamento.

A Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), instituída através da Lei 9.433 em 08 de janeiro de 1997, fundamenta que a água é um bem de domínio público e um recurso natural limitado e em seu Art. 2º objetiva assegurar à atual e futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos. Mesmo passados mais de 20 anos da criação da PNRH, ainda são incipientes as ações visando a preservação de nossos recursos hídricos demandados de forma desafiadora.

Frente a essa questão e tendo em vista a preservação e qualidade dos recursos hídricos, conforme Morais e Sais (2016), faz-se necessária a manutenção das matas ciliares, que são as formações vegetais situadas ao longo dos cursos d'água. Quando elas são mantidas, conservam a biodiversidade e preservam a

qualidade da água, evitando processos erosivos ao longo das margens e assoreamento dos corpos hídricos devido ao carreamento de solo exposto ocasionado pela falta de proteção das mesmas. SEMA (2007), acrescenta também que as matas ciliares além de abrigar várias espécies vegetais, servem de abrigo e fornecem alimento para a fauna, bem como auxiliam na regulação das características físicas e química dos cursos d'água.

O Código Florestal Brasileiro, por meio da Lei 12.651, de 25 de maio de 2012 em seu artigo 3º, inciso II, estabelece que Área de Preservação Ambiental é: “área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas.” Porém, devido à expansão das atividades agrícolas, em conjunto com o crescimento das áreas urbanas, as Áreas de Preservação Permanentes e matas ciliares, acabam por ter suas áreas de vegetação reduzidas e fragmentadas. A falta de cumprimento da legislação vigente e a pouca fiscalização por parte dos entes públicos tendem a agravar este quadro, muitas vezes irreversível, pelo fato da devastação se encontrar consolidada.

Com o avanço da sociedade houve o surgimento de novas tecnologias, muitas das quais tem o potencial de auxiliar no diagnóstico das situações em que se encontram nossos recursos hídricos, bem como a vegetação de seu entorno, podemos citar como exemplo, o geoprocessamento, que é uma ferramenta cuja utilização cresce a cada dia. Simões *et. al* (2013) definem o geoprocessamento como “um conjunto de tecnologias voltado à coleta e tratamento de informações espaciais para um objetivo específico.” Esses sistemas são conhecidos como Sistemas de Informação Geográfica (SIG), programas importantes que auxiliam no monitoramento das áreas de preservação, dentre outras inúmeras possibilidades, pois permitem integrar e analisar dados complexos, além de automatizar a produção de banco de dados georreferenciados e documentos cartográficos.

De acordo com Morais e Sais (2016), a tecnologia SIG vem sendo utilizada como ferramenta de planejamento por setores que trabalham a questão ambiental, pois simplifica e trata de forma rápida um número grande de variáveis, gerando informações intermediárias e finais, além de possibilitar novas interações quando necessário.

Há uma diversidade de softwares SIG sendo comercializados no mercado, porém muitos ainda com custo elevado, o que acaba por dificultar sua utilização por municípios com recursos escassos. No entanto, há uma série de softwares livres disponíveis atualmente. E dentre esses destaca-se por ser um dos mais utilizados o Quantum Gis, o qual foi criado em 2002 por Gary Sherman, que incentivou um grupo de voluntários com diferentes capacidades e formações para atuarem como desenvolvedores, tradutores e autores de documentação a dedicarem-se ao projeto QGIS. Sendo o projeto oficial incubado no *Open Source Geospatial Foundation* (OSGeo), que é organização sem fins lucrativos que prega o desenvolvimento de tecnologias com códigos abertos e ações colaborativas. Assim o projeto baseia-se no desenvolvimento de um programa *Open Source* que roda em diversos sistemas operacionais livremente distribuído sob a Licença Pública Geral GNU (*General Public License*) (MANGHI *et al.*, 2011).

O presente artigo possui por finalidade caracterizar o uso do solo no entorno dos cursos de água da zona urbana do município de Cristal, RS, realizar seu diagnóstico ambiental, baseado no uso o software livre QGIS.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

Cristal- RS é um município com área de 681,6 km<sup>2</sup> e possui 7.280 habitantes (IBGE, 2010). Localiza-se na mesorregião Sudeste Rio-grandense, sendo conhecido historicamente pela Estância Cristal, a qual pertenceu ao herói farroupilha General Bento Gonçalves da Silva. O remanescente desta propriedade constitui o Parque Histórico Bento Gonçalves da Silva que abriga um museu às margens da BR-116. A criação do município ocorreu em 29 de abril de 1.988, formado por áreas dos municípios de Camaquã, São Lourenço do Sul e Canguçu (CRISTAL, 2008) conforme figura 1.

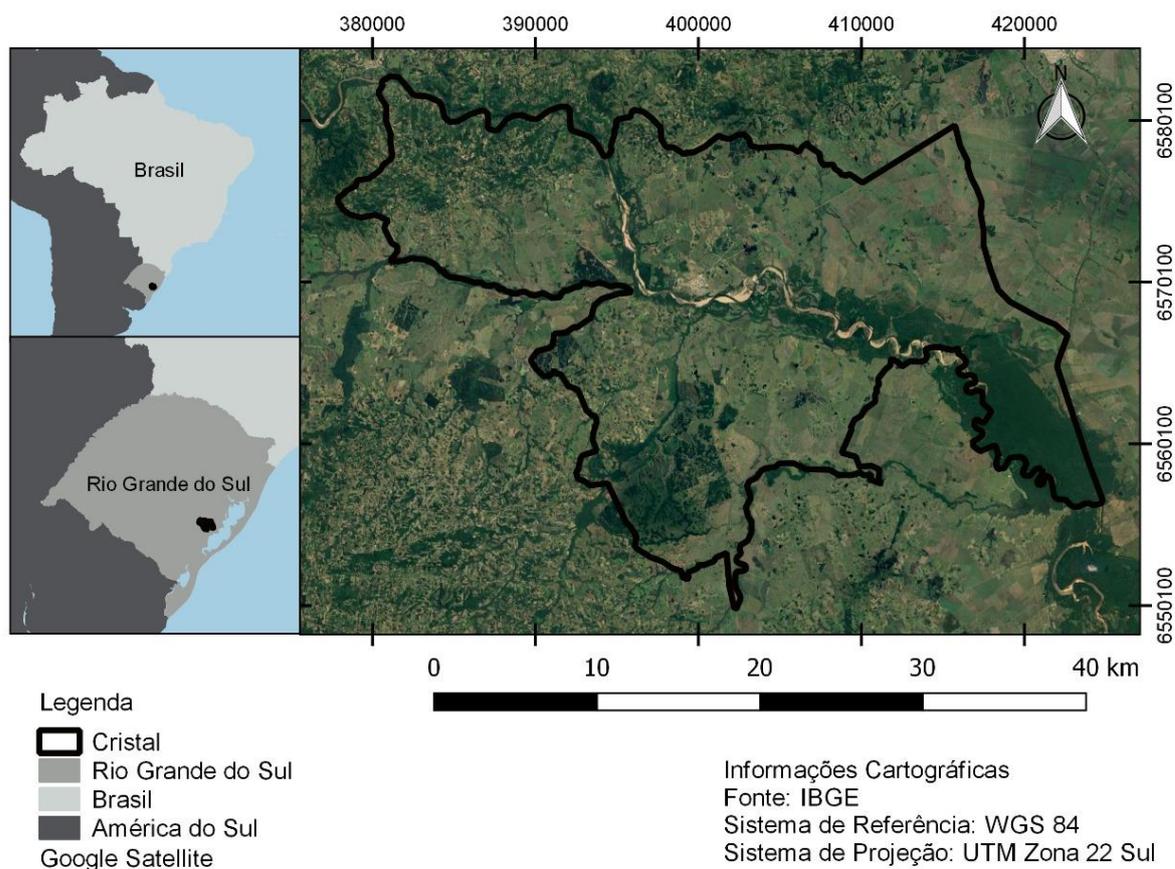


Figura 1. Localização de Cristal -RS

De acordo com Cristal (2008, p. 11), o relevo do município é dividido entre “uma planície de cotas baixas que vai de encontro à Laguna dos Patos oriundos de sedimentos quaternários e o início da Encosta do Sudeste formada por encostas e morros, originárias de rochas graníticas.” Na área de várzea a vegetação é mais rala, tornando-se mais espessa à medida que se aproxima da encosta e da serra, formando a Floresta Estacional Decidual. Esta vegetação natural se encontra descaracterizada em função da ocupação do solo, ocorrendo sob forma de fragmentos isolados, remanescentes localizados e sob forma de matas ciliares ao longo dos cursos d’água, onde também tem sofrido a ação do homem em diversos locais.

A economia do município é baseada na produção primária, nas atividades de culturas anuais (arroz, soja, milho, fumo, bata inglesa), além da pecuária e plantio de acácia e eucalipto. Atividades de mineração e olarias também contribuem de forma importante na economia local.

O município está inserido no Bioma Pampa e pertence à Bacia Hidrográfica do Rio Camaquã, sendo o Rio Camaquã seu principal recurso hídrico, tanto do ponto de vista ambiental, quanto social e econômico.

Pelo relevo característico do Município, há trecho em que ainda possui maior desnível para depois percorrer a planície costeira. Por seu curso já encontrar-se na parte inferior, é acompanhado por matas de galerias, paludosas e também pantanais. É o maior curso d'água da região do Sudeste, provocando suas cheias prejuízos não só na agropecuária, mas também em estradas e transtornos aos habitantes de áreas mais baixas. (Cristal, 2011).

A área de estudo localiza-se no município de Cristal-RS, compreendendo a zona urbana e parte de seu entorno, às margens do Rio Camaquã, curso d'água que origina o nome da Bacia Hidrográfica a que pertence. A bacia hidrográfica do Rio Camaquã totaliza área de 17.033 km<sup>2</sup> e o município de Cristal situa-se em sua maior parte na região denominada baixo Camaquã. Cristal-RS possui à montante do município área de contribuição superior a 13.000 km<sup>2</sup> oriunda de 10 municípios, cujas atividades refletem na qualidade da água e na extensão das cheias que provocam danos ao município. A falta de estudos ambientais acerca da situação da preservação das matas ciliares do Rio Camaquã e demais cursos d'água que nele desembocam são as principais motivações deste artigo.

O desenvolvimento do trabalho foi realizado no software de geoprocessamento Quantum Gis, principalmente por ser de livre acesso e desempenhar de forma satisfatória os objetivos propostos. Inicialmente buscou-se os dados espaciais hidrográficos da região, verificou-se a existência de dados na escala 1:50.000 das cartas topográficas do exército digitalizadas disponíveis no Banco de Dados Geográfico do Exército (BDGEx), assim como no Centro de Ecologia da UFRGS (2010). Porém, a qualidade, acurácia e detalhes da superfície, que esses dados apresentam, não atendia o presente estudo.

Definiu-se adotar a metodologia de vetorização de imagem de satélite com escala adequada para a discussão do uso do solo da mata ciliar, de acordo com resoluções e normativas vigentes. Para tal utilizou-se o complemento disponível no QGIS denominado *OpenLayers Plugin*, que é um complemento que permite acesso a imagens de satélite de empresas como *DigitalGlobe*, *GeoImage* ou *NRSC* (na Índia) que visa fornecer imagens de satélite gratuitas e de alta qualidade para

pesquisadores e estudantes para uso não comercial (KHAN *et al.*, 2015). De acordo com o *OpenLayers* (2018), ele é um complemento grátis, de Interface de Programação de Aplicativos em *JavaScript*, lançado sob a licença BSD (também conhecida como *FreeBSD*, ou seja, licença de código aberto). O mesmo autor ainda coloca que essa ferramenta permite usar as imagens de satélite de qualquer local no globo, o que a localização dos recursos hídricos existentes na zona urbana do município de Cristal. Sobrepos-se a esse *shape* a imagem de satélite do *Google Earth*, inserida por meio do complemento *OpenLayers plugin*. Delimitou-se os cursos d'água de forma mais precisa através do comando “adicionar feições” do QGIS utilizando Sistema de Coordenadas SIRGAS 2000 / UTM zona 22 S e escala de 1:2.500. Após delimitou-se por meio da ferramenta *buffer* a largura no entorno desses cursos d'água indicado como as Áreas de Preservação Permanente, conforme o Novo Código Florestal (Tabela 1).

Tabela 1. Faixa de preservação de acordo com a largura e natureza dos corpos d'água.

Situação	Largura Mínima da Faixa
Cursos d'água com menos de 10m de largura	30m em cada margem ao longo do curso
Cursos d'água com largura entre 10m e 50m	50m em cada margem ao longo do curso
Cursos d'água com largura entre 50m e 200m	100m em cada margem ao longo do curso
Cursos d'água com largura entre 200m e 600m	200m em cada margem ao longo do curso
Cursos d'água com largura superior a 600m	500m em cada margem ao longo do curso
Áreas no entorno de lagos e lagoas naturais com área de superfície de até 20 hectares em áreas rurais	Largura mínima 50m de faixa marginal
Áreas no entorno de lagos e lagoas naturais em áreas urbanas	Largura mínima 30m de faixa marginal
Áreas em torno de nascentes e olhos d'água perenes	Raio mínimo de 50m

Fonte: Adaptado de Lei 12.651, de 25 de maio de 2012.

Com a delimitação das Áreas de Preservação Permanente conforme visualiza-se na Figura 1, tornou-se possível quantificá-las. Para tanto, utilizou-se a ferramenta união do QGIS com o objetivo de unificar as áreas de preservação permanente dos lagoões, Rio Camaquã e sanga Leste que ocupassem território em

comum, de modo a evitar duplicidade de resultados. Com este procedimento finalizado, criou-se novo campo na tabela de atributos dos *shapes* para cálculo de área através da ferramenta calculadora de campo. Paralelamente, realizou-se pesquisa exploratória do uso do solo dessas áreas.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

As Áreas de Preservação Permanentes identificadas na área de estudo situam-se, de acordo com a Figura 2 às margens do Rio Camaquã, no entorno dos lagoões naturais que se formam próximos ao Rio e ao redor da denominada Sanga Leste, a qual recebe boa parte da drenagem pluvial e do esgoto cloacal da cidade.

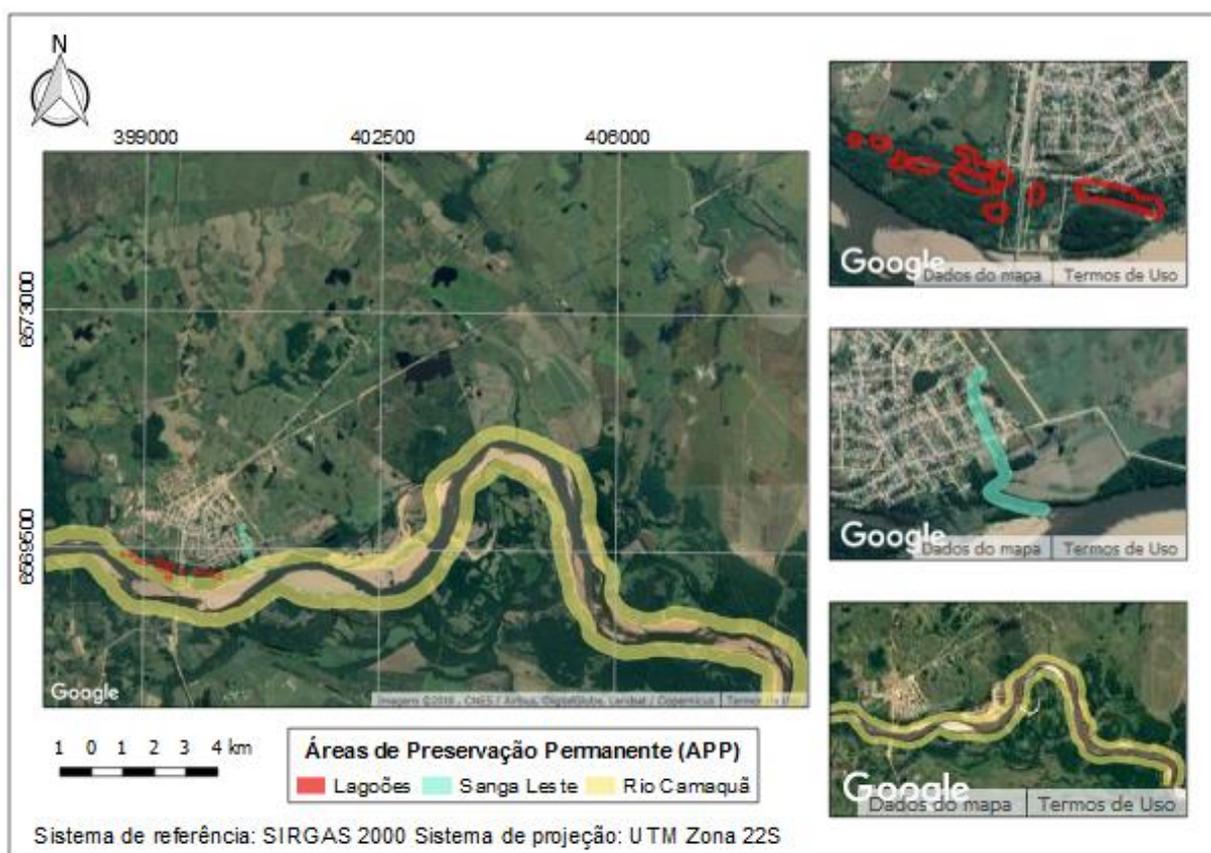


Figura 2. Mapa com delimitação das APP.

Embora o município de Cristal esteja situado à margem do Rio Camaquã, poucas são as ações voltadas para a preservação dele e de seus afluentes. Em pesquisa

sobre a existência de legislação que verse sobre a preservação dos recursos naturais, localizou-se o Plano Ambiental Municipal, que possui como objetivo, dentre outros: “promover a preservação do meio e a recuperação das áreas degradadas, zelando pelo manejo sustentável dos recursos naturais”. Sabe-se de acordo com informações do município, que embora previstas revisões semestrais, mesmo após praticamente 10 anos, alguns programas ainda não tiveram sua implementação efetivada. Pode-se citar, por exemplo, o projeto de educação ambiental, a ser desenvolvido de forma integrada pelo município, por meio de algumas secretarias, mas que continua sendo desenvolvido de forma pontual pela Biblioteca Pública Municipal Luiz Carlos Barbosa Lessa.

Na temporada de verão é realizado na margem esquerda do Rio Camaquã, no conhecido balneário do município o mais antigo campeonato Praiano da região. Evento realizado há 38 anos, movimentando o comércio existente no local. Do ponto de vista ambiental, a ocupação na Área de Preservação Permanente pela atividade de lazer é uma situação consolidada tendo em vista o lastro temporal em que vem sendo realizada. Na Figura 3 pode-se visualizar as consequências da utilização, com destaque para perda de mata ciliar e exposição do solo pelo arruamento do local.



Figura 3. Balneário do município de Cristal.

No período de 2001 a 2014, o município respondeu a um Termo de Ajustamento de Conduta (TAC) com o Ministério Público de Camaquã. O processo foi aberto em virtude de uma denúncia pela utilização da área próxima ao Rio. Durante anos o município realizou plantio compensatório de mudas nativas e seu monitoramento, bem como cumpriu uma série de medidas restritivas à utilização da área, tais como

proibição do aumento da área de construções existentes e limpeza periódica das fossas dos banheiros, além de ter que desenvolver ações de educação ambiental. Em 09 de outubro de 2014 o município obteve junto à Fundação Estadual de Proteção Ambiental (FEPAM) a Licença de Operação sob nº 5706/2014 da área de lazer com área de aproximadamente 5,4 hectares denominada balneário de Cristal. Na licença ambiental há uma relação de condicionantes a serem cumpridas de modo a manter a vigência da mesma. A maior parte delas, como a limpeza mensal das fossas dos banheiros, instalação de lixeiras na área e ações de educação ambiental junto aos frequentadores do balneário, vêm sendo executadas. Verifica-se, porém, que o município possui dificuldade em controlar o trânsito e o estacionamento de veículos na Área de Preservação Permanente, o que foi proibido pelo órgão ambiental estadual. Na ausência de delimitadores que demarquem essa área e impeçam o acesso de veículos automotores, principalmente na margem do Rio Camaquã paralela ao balneário, cuja mata ciliar é praticamente inexistente, a população invade esses locais para utilizar como estacionamento, intensificando os impactos advindos da ocupação humana.

Com relação ao plantio compensatório exigido pelo Ministério Público, constatou-se que muitas mudas morreram por falta de cuidados e manutenção pelo próprio município. As áreas em recuperação deveriam estar protegidas por cercamento, porém as cercas foram depredadas e muitas mudas foram danificadas pelo acesso de animais nas áreas, principalmente cavalos pertencentes aos moradores que costumam amarrá-los nas árvores e os deixam pastando no local o dia inteiro. É de conhecimento da população que o município tentou conscientizar os proprietários por diversas vezes, porém sem sucesso, visto que a situação persiste até hoje.

Já nos lagoões naturais existentes nas áreas de várzea próximas ao Rio, formados pelo nivelamento das lâminas de água entre os mesmos, há alguns aspectos a observar. A ocupação urbana invade parte da APP da maior lagoa natural próxima ao balneário, conforme pode-se visualizar no mapa da Figura 2, o que causa impactos à mata ciliar, que é devastada para dar lugar às construções. Porém, em épocas de elevada precipitação, o Rio Camaquã recebe grandes volumes de água, devido à sua extensão e o grande número de afluentes que possui. Suas águas se espriam além das Áreas de Preservação Permanente e chegam a atingir a largura de 600 a 700 metros na zona urbana, invadindo as residências próximas e trazendo riscos à população. Não há legislação que impeça

as construções nestas áreas que não configurem Áreas de Preservação Permanente, mas devido à frequente ocorrência das cheias durante o ano, considera-se importante o município regulamentar esse tema e atuar de modo preventivo, de modo a evitar novas ocupações nestas áreas que oferecem riscos à saúde e ocasionam perdas materiais recorrentes aos moradores.

Como ação corretiva, o município deve fortalecer a fiscalização no balneário e nas áreas próximas, bem como frisar as restrições das ações no local nas atividades de educação ambiental para a conscientização dos que utilizam o local.

O relevo da zona urbana do município possui características acidentadas, dividindo a região em microbacias para drenagem das águas pluviais. Um dos principais receptores é a conhecida Sanga Leste, que recebe esse nome pela sua localização. Em seu início, é considerada área de escoamento sem caracterizar Área de Preservação Permanente pois não configura curso d'água natural, já que antes da obra de canalização caracterizava-se como efêmero. É canalizada desde as imediações da BR 116 e possui extensão de 660 metros, desembocando no curso d'água natural, conforme visualiza-se na figura 2, que corta parte da cidade em meio às casas e, quase sem mata ciliar em boa parte de seu percurso, deságua no Rio Camaquã. Além de receber grande quantidade de esgoto proveniente do sistema misto de esgotamento sanitário e drenagem do município, também recebe arraste de partículas de solo devido à pouca ocorrência de mata ciliar.

Conforme a Lei nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979, que dispõe sobre Parcelamento do Solo urbano, e cita em seu Capítulo II, artigo 4º, alínea II que: “Ao longo das águas correntes e dormentes,... será obrigatória a reserva de uma faixa *non aedificandi* de 15 metros de cada lado,...”. Porém, na região da Sanga Leste a situação se encontra consolidada e a construção da canalização foi direcionada para o centro da rua na sua execução de modo a não precisar realocar as famílias que ocupam a área e frequentemente sofriam com as cheias.

Caracterizar uma Área como sendo de Preservação Permanente ou não, embora em um primeiro momento pareça simples, de acordo com Sepe *et al.* (2014, p.14) “traz à tona a complexidade quanto ao entendimento das funcionalidades dos elementos da natureza quando seus ciclos naturais são modificados pela ação antrópica e até que grau de alteração destas funcionalidades acarreta a sua perda definitiva”.

Frente a isto, expõe-se a dificuldade em delimitar a Área de Preservação Permanente do Rio Camaquã, em sua zona urbana e arredores. O Novo Código Florestal, em seu artigo 3º, inciso XIX, define leito regular como: “a calha por onde correm regularmente as águas do curso d’água durante o ano”. Porém, o Rio Camaquã a partir do município de Cristal e até o seu encontro com a Lagoa dos Patos, atravessa uma região de grandes áreas planas, potencializando a formação de praias fluviais devido à acumulação de sedimentos em seu leito em trechos com baixa velocidade de escoamento (CAMPAGNOLO, 2013), conforme ilustra a figura 4. A Lei 12.651 de 2012, bem como as demais normativas de todas as esferas que dizem respeito às Áreas de Preservação Permanente, favoreceram a criação de uma lacuna a respeito da delimitação das mesmas em função do leito regular em cursos d’água de grande porte e que se encontram assoreados, dificultando a demarcação destas áreas. Campagnolo (2013), relata a mesma situação e sugere que as praias fluviais sejam incluídas na faixa de proteção permanente dos cursos d’água, sugestão que foi acatada neste trabalho, dada a relevância ambiental do Rio Camaquã no contexto regional.



Figura 4. Imagem aérea do Rio Camaquã.

A largura predominante das Áreas de Preservação Permanente do Rio Camaquã delimitada neste trabalho foi de 200 m, sendo possível constatar na Figura 2. Analisando a imagem de satélite, verifica-se em alguns trechos a existência de barra de sedimento que, conforme a portaria da FEPAM nº 09/2018, inciso VI significam: “depósito sedimentar inconsolidado e emerso relativamente ao nível médio do rio”. Nestes locais encontram-se instaladas e em operação mineradoras que extraem areia em recurso hídrico, ambas com Licenças de Operação vigentes. Visualiza-se

ainda na Figura 3 a regeneração das cavas após o período de extração da areia e o acúmulo de galhos e troncos de árvores arrastados pelas cheias do Rio que se depositam após a sua baixa. A Figura 4 permite visualizar uma das empresas em operação.



Figura 4. Empresa de mineração extraíndo areia do Rio Camaquã.

As APPs delimitadas possibilitaram o cálculo de suas respectivas áreas, obtendo resultados de acordo com a Tabela 2. Visual e numericamente, percebe-se que devido à extensão, o Rio Camaquã possui maior faixa de preservação, reiterando sua importância não só local, mas também regional, embora este estudo tenha se detido à área urbana de Cristal e arredores, abrangendo locais e atividades que de alguma forma estejam relacionados com o uso e ocupação das áreas de interesse.

Tabela 2. Quantificação das Áreas de Preservação Permanente após delimitação.

Corpo d'água	Faixa de largura (m)	APP (m <sup>2</sup> )
Lagoões	30	109.872,2
Sanga Leste	30	59.180,6
Rio Camaquã	200	6.101.400,4
Total (após união)	-	6.196.863,3

Mediante análise visual das áreas delimitadas, observou-se diversos usos do solo nas mesmas, preponderando o uso para lazer (balneário municipal) e mineração, já discutidos no decorrer do trabalho. Mas, chama a atenção no Rio Camaquã também a quantidade de trechos em que as matas ciliares foram

substituídas por campos utilizados para pecuária, inclusive em um trecho com essa característica, há uma estrada de servidão consolidada que está desaparecendo através da erosão causada pela ação do Rio e o avanço de suas margens. Todo esse material carreado contribui para o assoreamento do próprio rio, o que agrava o desequilíbrio ambiental já evidente no local. Outro uso das APPs, identificado em poucos trechos são as lavouras. Esse uso próximo ao Rio decorre da facilidade de acesso a água, principalmente para irrigação. Percebe-se também vários trechos com solo exposto, seja pelas longas faixas de areia nas margens ou pelas estradas que dão acesso ao Rio.

#### **4 CONCLUSÕES**

Os usos inadequados de áreas de grande importância ambiental como as APPs, descritos no desenvolvimento deste trabalho, dos quais muitos destes usos já se encontram em situação consolidada cuja recuperação é praticamente improvável, revela a insuficiência de ações e falta de conhecimento ou conscientização por parte daqueles que são ou deveriam ser responsáveis pelo melhor uso, preservação e recuperação destas áreas. O assoreamento em grandes proporções do Rio Camaquã recebe contribuições de diversas ações antrópicas, tais como crescimento urbano ao redor da sanga Leste e dos lagoões, bem como o lançamento dos esgotos e águas pluviais do município de Cristal na sanga Leste e no Rio Camaquã. O solo exposto, as áreas de campo e lavoura que tomam o lugar das matas ciliares, impedem e reduzem o equilíbrio natural do ecossistema, contribuem para o assoreamento pela lixiviação de partículas dos solos.

Através do *software* QGIS podemos delimitar os usos inadequados das áreas de preservação permanente, o qual foi verificado que em sua maioria o impacto ambiental maior é a ocupação humana.

Esse trabalho possibilita a diversos setores relacionados (órgãos públicos, comitê de bacia hidrográfica, proprietários de terras, sociedade em geral) um diagnóstico, bem como fornece subsídios para a preservação, gestão e recuperação das APPs identificadas.

## REFERÊNCIAS

BRAGA, Benedito, et al. **Introdução à Engenharia Ambiental - 2ª ed.** São Paulo, Pearson Prentice Hall, 2007. 332 p.

DO SOLO URBANO, BRASIL-Parcelamento. **Lei Nº 6.766 de 19 de dezembro de 1979.** Brasília, (DF), 1979.

BRASIL, Lei Nº. 9.433, de 8 de janeiro de 1997. **Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art, v. 21, p. 9433-97,** 2010.

BRASIL. Lei Nº 12.651, DE 25 DE MAIO DE 2012. **Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa,** p. 2.166-67, 1981.

BDGex. **Banco de Dados Geográficos do Exército.** Disponível em <http://www.geoportal.eb.mil.br/mediador/>. Acessado em: fev. de 2020.

CRISTAL. **Plano Municipal de Saneamento Básico.** Cristal, 2011. 44 p.

CRISTAL. **Plano Ambiental Municipal.** Cristal, 2008. 57 p.

CAMPAGNOLO, Karla et al. **Área de Preservação Permanente de um Rio e análise do código florestal brasileiro.** 2013.

HASENACK, H.; Weber, E.(org.) **Base cartográfica vetorial contínua do Rio Grande do Sul - escala 1:50.000.** Porto Alegre: UFRGS Centro de Ecologia. 2010. 1 DVD-ROM. (Série Geoprocessamento n.3). ISBN 978-85-63483-00-5 (livreto) e ISBN 978-85-63843-01-2 (DVD).

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades, 2016.** Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/painel/populacao>>. Acesso em 17/02/2020 às 15:00 h.

KHAN, A. P.; KHARE, Sangeeta; DANDRIYAL, Atirek. **Employing Open Source GIS (QGIS) for Retrieving and Generating Satellite Image. Organized By Department of Civil Engineering, Indian Institute of Technology (Banaras Hindu University), Varanasi-221005.**Uttar Pradesh, India, p. 1, 2015.

MANGHI, Giovanni et al. **Quantum Gis: Um desktop potente e amigável.** Revista Brasil FossGIS, Ano 1, Ed. 2, 2011. Páginas 10-15.

MORAIS, Rosângela S. de. SAIS, Adriana C.. **Caracterização e diagnóstico ambiental das áreas de preservação permanente da calha principal do manancial de abastecimento da cidade de Teófilo Otoni, MG.** Revista GEONORTE, V. 7, N. 27. 2016. Páginas 1-17.

MONTEIRO, António et al. SIG Contribution in the Making of Geotechnical Maps in Urban Areas. In: **IOP Conference Series: Materials Science and Engineering**. IOP Publishing, 2017. p. 022029.

**OpenLayers**. Disponível em: <<http://openlayers.org/>>

QGIS, “**User Guide**”, “**Training Manual**”. Release 2.8. July 30, 2016. Disponível em <<http://www.qgis.org/en/docs/index.html#20>>. Acesso em: maio de 2020.

RIO GRANDE DO SUL. Portaria nº 09, de 30 de janeiro de 2018. **Atualiza as definições e os critérios técnicos ambientais para os procedimentos de licenciamento ambiental referente as atividades de lavra de areia e/ou cascalho no Estado do Rio Grande do Sul**. Disponível em: <<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=356251>>. Acesso em: maio de 2020.

SEMA – Secretaria Estadual do Meio Ambiente. **Diretrizes ambientais para restauração de matas ciliares**. Departamento de Florestas e Áreas Protegidas. Porto Alegre. 33 p. 2007.

SEPE, Patricia Marra; PEREIRA, HMSB; BELLENZANI, M. L. **O novo Código Florestal e sua aplicação em áreas urbanas: uma tentativa de superação de conflitos**. III Seminário Nacional sobre o Tratamento de Áreas de Preservação Permanente em Meio Urbano e Restrições Ambientais ao Parcelamento do Solo, 2014.

SIMÕES, Carla A. et al. **Transversal. Princípios básicos de geoprocessamento para seu uso em saneamento. Guia do profissional em treinamento**. Nível 2. Núcleo Sudeste de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental – Nucase. Minas Gerais, 2013. 80 p.

UJAVAL, Gandhi, “**Raster Mosaicing and Clipping**” [online] 2015, disponível em: <[http://www.qgistutorials.com/en/docs/raster\\_mosaicing\\_and\\_clipping.html](http://www.qgistutorials.com/en/docs/raster_mosaicing_and_clipping.html)>. Acesso em: fev 2020.

## CAPÍTULO IV - CONCLUSÃO GERAL

Esta dissertação de mestrado foi elaborada em formato de artigos e teve como objetivo o uso de técnicas, equipamentos e softwares livres para criação de produtos que contribuam para a gestão ambiental no Município de Cristal/RS.

Para tal, foi criado mapa de uso e cobertura do solo de toda área do município em escala adequada para auxiliar no planejamento tanto territorial quanto ambiental do município.

Com utilização de Aeronave Remotamente Pilotada-RPA (drone) juntamente com pontos de apoio e checagem coletados com GPS GNSS foi possível a geração de diversos produtos como modelo tridimensional – modelo digital de terreno - MDT, modelo digital de elevação – DEM, modelo tridimensional – modelo digital de superfície - MDS que possibilitou a construção do ortofotomosaico para posterior medição de casas/construções com o software QGIS e comparação com os dados existentes no cadastro tributário municipal e com a medida *in loco*, com escala centimétrica o que gerou um resultado de excelente qualidade para um município que não possui dados georreferenciados possibilitando a atualização cadastral da área piloto.

Com auxílio do *software* QGIS e conhecimento da área junto a sanga leste, Rio Camaquã e seus lagões que margeiam toda zona urbana do município de cristal, foi possível a elaboração de um mapa delimitando as Áreas de Preservação Permanente–APPs existentes no município, ainda pode-se analisar suas fragilidades para futuros planejamentos para sua proteção.

Conclui-se, ainda que o uso destas técnicas e geotecnologias podem ser replicadas em outros municípios que possuam demandas parecidas ou iguais.

As potencialidades dos produtos cartográficos gerados mostraram-se eficientes para fortalecer a gestão ambiental municipal, atribuindo uma nova visão para os técnicos do município e aos munícipes, conseguindo transparecer os seus resultados.

## CAPITULO V

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN SOCIETY OF PHOTOGRAMMETRY(ASP). **Manual of Photogrammetry**,1966, 1220p.

ALBANO, M. P. (2013). **A importância do planejamento urbano ambiental – a habitação social e a expansão urbana em Presidente Prudente-SP** (Dissertação de mestrado). Universidade do Oeste Paulista, Presidente Prudente.

ALMEIDA, J. R., Marques, T., Moraes, F. E. R., Bernardo, J. (1999). **Planejamento ambiental: caminho para a participação popular e gestão ambiental para o nosso futuro comum – uma necessidade, um desafio** (2a ed.). Rio de Janeiro: Thex Ed.

AMORIM, Amilton; PELEGRINA, Marcos; JULIÃO, Rui Pedro Sousa Pereira Monteiro. **Cadastro e gestão territorial: Uma visão luso-brasileira para a implementação de sistemas de informação cadastral nos municípios**. 2018.

ALVES, H.P.F. **Análise dos fatores associados às mudanças na cobertura da terra no Vale do Ribeira através da integração de dados censitários e de sensoriamento remoto**. 2004. 293 f. Tese (Doutorado) -Departamento de Sociologia do Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Estadual de Campinas,Campinas, 2004.

ANDRADE, J.B. **Fotogrametria**. Curitiba, 258p. 1998.

ARGENTA, A; POSTIGLIONE, G. S; OLIVEIRA, F. H. **A importância do cadastro urbano para fins de planejamento urbano - experiência em Florianópolis/Brasil e Santa Fé/Argentina**. Tese apresentada a Centro de Ciências Humanas e da Educação – FAED. Florianópolis – SC, 2007. ARRUDA, Ridalvo Machado de. O Registro de Imóveis e o Cadastro - Ano IV Nº 29 Novembro de 1999.

BRAGA, Benedito, et al. **Introdução à Engenharia Ambiental - 2ª ed.** São Paulo, Pearson Prentice Hall, 2007. 332 p.

BDGex. **Banco de Dados Geográficos do Exército**. Disponível em <http://www.geoportal.eb.mil.br/mediador/>. Acessado em: 05 de fev. de 2020.

BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil**: promulgada em 5 de outubro de 1988.

BRASIL – Diário Oficial da União. **Portaria nº 511, de 5 de Abril de 2018.**

Disponível em: <http://www.ibapepb.org.br/?wpdmact=process&did=MS5ob3RsaW5r>. Acesso: 22 de jun. de 2019.

BRASIL. **Lei Federal nº 6.938 de 31 de agosto de 1981.** Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências.

BRASIL, Lei Nº. 9.433, de 8 de janeiro de 1997. **Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. v. 21, p. 9433-97, 2010.**

BRASIL. Lei Nº 12.651, DE 25 DE MAIO DE 2012. **Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa**, p. 2.166-67, 1981.

BRASIL. Política Nacional do Meio Ambiente. Lei nº. 6.938, de 31 de agosto de 1981. Brasília, 1981.

CÂMARA, G. & MEDEIROS, J.S. **Geoprocessamento para projetos ambientais.** Tutorial. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, São Paulo, 1998.

CAMARGO, F.F.; Almeida, C.M.; Costa, G.A.O.P.; Feitosa, R.Q.; Oliveira, D.A.B.; Heipke, C.; Ferreira, R.S. **An open source object-based framework to extract landform classes**, v. 39, n. 1, p. 541-554, 2012.

CAMPAGNOLO, Karla et al. **Área de Preservação Permanente de um Rio e análise do código florestal brasileiro.** 2013.

CANEPA, C. (2007). **Cidades sustentáveis: o município como locus da sustentabilidade.** São Paulo: RCS Editora.

CARVALHO, A. W. B.; GRIPP JÚNIOR, Joel. **Cadastro Técnico Municipal.** Apostila e notas de aula da disciplina CIV429 – Cadastro Técnico Municipal, Departamento de Engenharia Civil, UFV, 1999;

CARVALHO, G.A.; LEITE, D.V.B. **GEOPROCESSAMENTO NA GESTÃO URBANA MUNICIPAL – A EXPERIÊNCIA DOS MUNICÍPIOS MINEIROS SABARÁ E NOVA LIMA.** Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, INPE, p. 3643- 3650

CECCONELLO, S.T. **análise ambiental dos processos dinâmicos do uso e Cobertura da terra sobre as áreas de preservação Permanente no município de pelotas entre os anos de 1985 e 2015.** Dissertação de Mestrado em Desenvolvimento Territorial e Sistemas Agroindustrias UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS.

CUNHA, E.M.P. E ERBA, D.A. (Org.). **Manual de Apoio – CTM: Diretrizes para a criação, instituição e atualização do cadastro territorial multifinalitário nos municípios brasileiros.** Ministério das Cidades. Brasília – DF, 2010. Disponível em

<http://www.capacidades.gov.br/media/doc/acervo/c4924c559c0b1b95a8ad38c47fda4799.pdf>. Acesso em 07 de jul de 2019.

CRISTAL. **Lei municipal nº 1238 de 21/11/2011**. Dispõe sobre o parcelamento do solo urbano e dá outras providências.

CRISTAL. **Plano Municipal de Saneamento Básico**. Cristal, 2011. 44 p.

CRISTAL. **Plano Ambiental Municipal**. Cristal, 2008. 57 p.

DA SILVA, Marcelo da Fonseca Ferreira; DE MENDONÇA CRUZ, César Albenes. **Gestão e planejamento urbano—uma análise do plano diretor urbano da cidade de Vitória-ES**/Urban management and planning-an analysis of the urban director's plan of the city of Vitória-ES. *Brazilian Journal of Development*, v. 6, n. 4, p. 17134-17156, 2020.

DE ARAÚJO, Fernando Alves; DA SILVA, Christian Nunes. **O CADASTRO TERRITORIAL MULTIFINALITÁRIO (CTM):(MULTI) FINALIDADES E PERSPECTIVAS PARA O ORDENAMENTO TERRITORIAL URBANO**. *Formação (Online)*, v. 2, n. 21, 2014.

DO SOLO URBANO, BRASIL-Parcelamento. **Lei Nº 6.766 de 19 de dezembro de 1979**. Brasília, (DF), 1979.

ERBA, D. A.; OLIVEIRA, F. H.; JÚNIOR, P. (Orgs.). **Cadastro multifinalitário como instrumento da política fiscal e urbana**. Rio de Janeiro: Ministério das Cidades, 2005.

Espinosa N, Monsalve J and Gómez S 2013 **Análisis de la metodología de los sistemas de información geográfica (SIG) en la cartografía de la guerra en Colombia Tabula Rasa** 19 315–353

FITZ, Paulo Roberto, **Geoprocessamento sem Complicação**, São Paulo, Ed. Oficina de Textos, 2008a.

FLORES, C.A.; FASOLO, P.J. e POTTER, R.O. Solos: levantamento semidetalhado. In: FALCADE, I. e MANDELLI, F. Vale dos Vinhedos: **caracterização geográfica de região. Caxias do Sul**: EDUCS, 1999.

GARCIA, Romay Conde. **Cadastro Técnico Multifinalitário e os Desafios das Prefeituras**. Disponível em: [http://www.uff.br/sigcidades/images/Romay/CadTec\\_Sig](http://www.uff.br/sigcidades/images/Romay/CadTec_Sig). Acesso em: 29 de jun de 2019.

GHILANI, C. D.; WOLF, P. R. **Geomática**. Tradução Daniel Vieira. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 13ª Edição, 2013.

GONZÁLEZ RODRÍGUEZ, Rubén. **Análisis de imágenes satelitales para la evaluación del seguimiento temporal de la urbanización del territorio**. 2018. Tese de Doutorado.

HASENACK, H.; Weber, E.(org.) **Base cartográfica vetorial contínua do Rio Grande do Sul - escala 1:50.000. Porto Alegre: UFRGS Centro de Ecologia. 2010.** 1 DVD-ROM. (Série Geoprocessamento n.3). ISBN 978-85-63483-00-5 (livreto) e ISBN 978-85-63843-01-2 (DVD).

HERCULANO, Renata N. **Os (des)caminhos da linguagem coletiva nas paisagens urbanas brasileiras: a forma urbana modelada pela norma.** 2018. 248 f. Dissertação – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, UFMG, Belo Horizonte, 2018.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades, 2016.** Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/painel/populacao>>. Acesso em 17 de fev. de 2020.

INPE. **CBERS.** Disponível em: < <http://www.cbbers.inpe.br/sobre/index.php> >. Acessado em: 05 de fev. de 2018.

INPE. **Catálogo de Imagens.** Disponível em: < <http://www.dgi.inpe.br/catalogo/> >. Acessado em: 05 de fev. de 2020.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE) - **Manuais: tutorial de geoprocessamento SPRING.** 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Manual técnico de uso da terra.** 3 ed. Rio de Janeiro, 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo 2010.**

JENSEN, J. R. Sensoriamento Remoto do Ambiente: **uma perspectiva em recursos terrestres.** 2. ed. São José dos Campos: Parêntese, 2011. 672 p.

JENSEN, J. R. **Introductory digital image processing.** Englewood Cliffs: Prentice - Hall, 1986. 51 p.

JULIÃO, R. P. **Guia metodológico para a cartografia de risco: um produto do diálogo ciência/utilizadores.** Realidades e desafios na gestão dos riscos: diálogo entre ciência e utilizadores. Capítulo IV. Núcleo de Investigação Científica de Incêndios Florestais – Nicif. Coimbra: Imprensa Universidade de Coimbra. Coimbra, 2014.

Kotz S, Johnson NL. **Encyclopedia of statistical sciences.** New York: John Wiley & Sons; 1983. v.4, p.352-4.

KHAN, A. P.; KHARE, Sangeeta; DANDRIYAL, Atirek. **Employing Open Source GIS (QGIS) for Retrieving and Generating Satellite Image. Organized By Department of Civil Engineering, Indian Institute of Technology (Banaras Hindu University), Varanasi-221005.** Uttar Pradesh, India, p. 1, 2015.

LANDGREBE, David y Biehl, Larry. **An Introduction & Reference for MultiSpec®.** Purdue Research Foundation, West Lafayette, EE.UU, 2011.

Loch, Carlos; Diego Alfonso Erba. **Cadastro Técnico Multifinalitário: rural e urbano**. Cambridge, MA: Lincoln Institute of Land Policy, 2007.

MANGHI, Giovanni et al. **Quantum Gis: Um desktop potente e amigável**. Revista Brasil FossGIS, Ano 1, Ed. 2, 2011. Páginas 10-15.

MANYOKY M, Theiler P, Steudler D, Eisenbeiss H. **Unmanned aerial vehicle in cadastral applications**. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. 2011 Set;63:1-6.]

MACHADO, Gustavo Gomes; GUIMARÃES, Humberto Alvim. **Plano diretor e o futuro das cidades**. Cadernos da Escola do Legislativo-e-ISSN: 2595-4539, v. 21, n. 36, p. 9-44, 2020.

MEDEIROS, A. (2012) **O Geoprocessamento e Suas Tecnologias**. Disponível em < <http://andersonmedeiros.com/geotecnologias-parte1/>> Acesso em 25/04/2020.

Meneses, P. R., & Almeida, T. D. **Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto**. Brasília: UnB, p. 01-33, 2012.

MIRANDA, J. I. **Fundamentos de Sistemas de Informações Geográficas**. 4. ed. Brasília: EMBRAPA, 2015. 399 p.

Monico, J. F. G. **Posicionamento pelo GNSS: descrição, fundamentos e aplicações**. São Paulo: Editora UNESP, 2ª ed., 2008. 480p.

MONTEIRO, António et al. SIG Contribution in the Making of Geotechnical Maps in Urban Areas. In: **IOP Conference Series: Materials Science and Engineering**. IOP Publishing, 2017. p. 022029.

MORAIS, Rosângela S. de. SAIS, Adriana C.. **Caracterização e diagnóstico ambiental das áreas de preservação permanente da calha principal do manancial de abastecimento da cidade de Teófilo Otoni, MG**. Revista GEONORTE, V. 7, N. 27. 2016. Páginas 1-17.

MORAIS, R. M. **50 anos de aprendizado em Planejamento local: do plano diretor ao sustentável**. 2002. 133 p. Dissertação (Mestrado) – Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília, Brasília.

MOREIRA, M.A. **Fundamentos de Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação**. 2ª ed. Viçosa, UFV, 2003

MOURA, Ana Clara M.; SANTANA, Sheyla. From authorial drawings to the parametric modeling of territorial occupation: representation and modeling influences in the process of designing the urban space. **Revista Brasileira de Cartografia the process of designing the urban space**. Revista, 2015.

MultiSpec. **Purdue Research Foundation**, West Lafayette, EE.UU, 2018. Disponível em: <<https://engineering.purdue.edu/~biehl/MultiSpec/#>>

NASCIMENTO, I.S. et al. Avaliação da exatidão dos classificadores MaxVer e iso cluster do software Arcgis for desktop, com uso de imagem LANDSAT 8 do município de Cáceres/MT. **Revista Continentes**, Rio de Janeiro, v. 5, n. 8, p.48-62, jan. 2016.

OLIVEIRA, Dayanne Vieira; BRITO, Jorge Luís Silva. Avaliação da Acurácia Posicional de Dados Gerados por Aeronave Remotamente Pilotada. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 71, n. 4, p. 934-959, 2019.

OLIVEIRA, F. G.; Seraphim, O. J.; Gurgel, E. M. **Comparação de métodos de classificação na análise do uso e cobertura do solo**. 2011. XL Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola – CONBEA 2011.

**OpenLayers**. Disponível em: <<http://openlayers.org/>>

PEREIRA, R.M. **Comparação entre os métodos de classificação supervisionada maxver e distância mínima na análise do uso e cobertura do solo na região do alto araguaia**, VI Jornada de Pesquisa e Pós-Graduação e Semana Nacional de Ciência e Tecnologia UNIVERSIDADE ESTADUAL DE GOIÁS. QGIS.

PEDREIRA, Wallace John Pereira; DE ANDRADE OLIVEIRA, Joanito; SANTOS, Pablo Santana. AVALIAÇÃO DA ACURÁCIA ALTIMÉTRICA USANDO A TECNOLOGIA VANT. **Caminhos de Geografia**, v. 21, n. 73, p. 209–222-209–222, 2020.

PESSOA, Lorayne Costa; DOS REIS FILHO, Antônio Aderson; ROCHA, João Vítor Vieira. O cadastro territorial multifinalitário como ferramenta no planejamento urbano/The multifinality territorial registry as a tool for urban planning. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 1, p. 915-926, 2018.

REZENDE, Denis Alcides; ULTRAMARI, Clovis. Plano diretor e planejamento estratégico municipal: introdução teórico-conceitual. **Revista de Administração Pública**, v. 41, n. 2, p. 255-271, 2007.

RIO GRANDE DO SUL. Portaria nº 09, de 30 de janeiro de 2018. **Atualiza as definições e os critérios técnicos ambientais para os procedimentos de licenciamento ambiental referente as atividades de lavra de areia e/ou cascalho no Estado do Rio Grande do Sul**. Disponível em: <<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=356251>>. Acesso em: maio de 2020.

ROSENFELDT, Yuzi Anaí Zanardo et al. **Integração da geodésia, da fotogrametria e da fotointerpretação na construção de sistema cadastral para viabilizar a regularização fundiária plena**. 2016.

QGIS, “**User Guide**”, “**Training Manual**”. Realease 2.8. July 30, 2016. Disponível em <<http://www.qgis.org/en/docs/index.html#20>>. Acesso em: 01 de maio de 2020.

SCARASSATTI, Daniella Farias, Edgardo Javier Ramírez, Diogenes Cortijo Costa, Jorge LuizAlves Trabanco. **Cadastro multifinalitário e a estruturação de sistemas de informações territoriais**. 2014.

SEMA – Secretaria Estadual do Meio Ambiente. **Diretrizes ambientais para restauração de matas ciliares**. Departamento de Florestas e Áreas Protegidas. Porto Alegre. 33 p. 2007.

SEPE, Patricia Marra; PEREIRA, HMSB; BELLENZANI, M. L. **O novo Código Florestal e sua aplicação em áreas urbanas: uma tentativa de superação de conflitos**. III Seminário Nacional sobre o Tratamento de Áreas de Preservação Permanente em Meio Urbano e Restrições Ambientais ao Parcelamento do Solo, 2014.

SILVA, C. N. **O Cadastro Territorial Multifinalitário (CTM) como Instrumento de Planejamento e Gestão Municipal**. Grupo Acadêmico Produção do Território e Meio Ambiente Faculdade de Geografia e Cartografia UFPA -COBRAC 2012.

SILVA, D. Evolução da Fotogrametria no Brasil. **Revista Brasileira de Geomática**, Pato Branco, v. 3, n. 2, p.90-105, 14 dez. 2015. Disponível em: <http://revistas.utfpr.edu.br/pb/index.php/RBGeo/article/view/1924>.

SILVA, Geovany Jessé Alexandre da, WERLE, Hugo José Scheuer. **Planejamento urbano e ambiental nas municipalidades: da cidade à sustentabilidade**, da lei à realidade. 2007.

SIMÕES, Carla A. et al. **Transversal. Princípios básicos de geoprocessamento para seu uso em saneamento. Guia do profissional em treinamento**. Nível 2. Núcleo Sudeste de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental – Nucase. Minas Gerais, 2013. 80 p.

SOUZA, M. P. **As bases legais e os Zoneamentos Ambientais**. In: 2º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, 2009, Corumbá. Anais eletrônicos... Campinas: Embrapa Informática Agropecuária; São José dos Campos: INPE. Disponível em: <<http://www.geopantanal2009.cnptia.embrapa.br/cd/pdf/palestra8.pdf>>. Acesso em: 13 de maio de 2020.

STEINIGER, S.; Hay, G. J. **Free and open source geographic information tools for landscape ecology**. Ecological Informatics, v. 4, n. 4, p. 183–195, 2009.

UJAVAL, Gandhi, **“Raster Mosaicing and Clipping”** [online] 2015, disponível em: [http://www.qgistutorials.com/en/docs/raster\\_mosaicing\\_and\\_clipping.html](http://www.qgistutorials.com/en/docs/raster_mosaicing_and_clipping.html)>. Acesso em: 05 de fev. de 2020.

ZYNGIER, Camila M. **Paisagens possíveis: geoprocessamento na an poss da ação de agentes modeladores das paisagens urbanas dos Bairros Santa Lúcia e Vale do Sereno**. 2012. 296 f. Dissertação Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, UFMG, Belo Horizonte, 2012.

\_\_\_\_\_. Paisagens urbanas possíveis: c. **Paisagens urbanas possquite dos sistemas de suporte ao planejamento e do Geodesign**. 2016. 280 f. Tese Doutorado – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, UFMG, Belo Horizonte, 2016.