

**FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL  
FACULDADE DE ENGENHARIAS, ARQUITETURA E URBANISMO E  
GEOGRAFIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS NATURAIS**

**HELOISY MARANGONI**

**CLASSIFICAÇÃO ORIENTADA A OBJETO UTILIZANDO *SOFTWARE* LIVRE E  
IMAGENS DE ALTA RESOLUÇÃO PARA APLICAÇÃO NA ARBORIZAÇÃO  
URBANA**

**CAMPO GRANDE – MS  
JULHO DE 2019**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL**  
**FACULDADE DE ENGENHARIAS, ARQUITETURA E URBANISMO E**  
**GEOGRAFIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS NATURAIS**

**HELOISY MARANGONI**

**CLASSIFICAÇÃO ORIENTADA A OBJETO UTILIZANDO *SOFTWARE* LIVRE E**  
**IMAGENS DE ALTA RESOLUÇÃO PARA APLICAÇÃO NA ARBORIZAÇÃO**  
**URBANA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (PPGRN – UFMS), para obtenção do título de Mestre.

FAENG/UFMS

**Orientadora:** Prof. Dra. Eliane Guaraldo

**Coorientador:** Antonio Conceição  
Paranhos Filho

**CAMPO GRANDE/MS**

**JULHO DE 2019**

**Folha de Aprovação**

**HELOISY MARANGONI**

**CLASSIFICAÇÃO ORIENTADA A OBJETO UTILIZANDO *SOFTWARE* LIVRE E  
IMAGENS DE ALTA RESOLUÇÃO PARA APLICAÇÃO NA ARBORIZAÇÃO  
URBANA**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (PPGRN – UFMS), como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Recursos Naturais junto à Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo e Geografia (FAENG)

**Aprovada em:** \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

**Banca Examinadora:**

---

**ELIANE GUARALDO**  
ORIENTADORA – PGRN - UFMS

---

**ROBERTO MACEDO GAMARRA**  
PGRN - UFMS

---

**HÉLIO RICARDO SILVA**  
UNESP - FEIS

## DEDICATÓRIA

*A todos estudantes e pesquisadores portadores de doenças psicossomáticas que lutam  
diariamente com algo invisível e silencioso.*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecimento especial ao CNPq e à Fundect pelo apoio financeiro.

À Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, por ter me dado a oportunidade de cursar o Mestrado em Recursos Naturais.

A todos os professores e funcionários vinculados ao Programa de Pós-graduação em Recursos Naturais, por fazerem excelentes trabalhos em prol do ótimo funcionamento do programa.

À minha orientadora professora Dra. Eliane Guaraldo, pela dedicação, competência e todo conhecimento compartilhado.

Ao meu coorientador professor Dr. Antonio Conceição Paranhos Filho por acreditar no meu potencial e me informar sobre a criação do PGRN.

A todos meus colegas de turma do PGRN, pelos momentos divididos.

Ao Dr. César Cláudio Cáceres Encina por todo conhecimento e paciência em me ajudar com as geotecnologias.

Ao Laboratório de Geoprocessamento para Aplicações Ambientais (LabGis – UFMS) e ao Laboratório da Paisagem (LabPA – UFMS) por toda infraestrutura fornecida para a execução dessa dissertação.

Aos professores Doutores Ivan Bergier Tavares de Lima, Roberto Macedo Gamarra, Diovany Doffinger Ramos e Hélio Ricardo Silva por fazerem parte das bancas de qualificação e defesa e por contribuírem com minha pesquisa.

A todos que direta ou indiretamente colaboraram com esse trabalho.

Aos meus pais, Francisco e Fátima e à minha irmã Anne Lize pelo incentivo e todo apoio psicológico e financeiro.

*“Não é o crítico que conta;  
Não o homem que aponta como o homem forte tropeça, ou onde o fazedor de ações poderia  
ter feito melhor.  
O crédito pertence ao homem que está realmente na arena, cuja face está manchada pela  
poeira e suor e sangue;  
Que se esforça valentemente;  
Que erra, que “quase chega lá” repetidamente, porque não há nenhum esforço sem erro ou  
falha;  
Mas quem realmente se esforça para fazer as obras;  
Que conhece grande entusiasmo, e grande devoção;  
Que se consome numa causa digna;  
Que, no melhor dos casos, conhece no final o triunfo da alta realização e que, no pior dos  
casos, se falhar, pelo menos falhará tendo ousado muito, de modo a que o seu lugar nunca  
estará com aquelas almas frias e tímidas que não conhecem a vitória ou a derrota.”*

*- Theodore Roosevelt em “THE MAN IN THE ARENA”, retirado do discurso  
“Citizenship in A Republic”, Paris, França, 1910*

## RESUMO

A arborização urbana é um personagem essencial para o equilíbrio ambiental urbano. Quando a sua existência ocorre de forma desorganizada e sem planejamento acarreta riscos à população e à qualidade de vida. O inventário florestal é uma das etapas mais importantes do planejamento de arborização urbana. Não obstante, é também a etapa mais longa e que demanda mais recursos. O uso das geotecnologias permite obter informações da realidade das floretas urbanas e o uso de *softwares* livres de SIG's, de código aberto e disponíveis de forma gratuita na internet, são grandes aliados ao mapeamento e planejamento urbano. A utilização das geotecnologias como ferramenta de quantificação automática de árvores apresenta diversos desafios, como: fator sombra, quantidade de copas sobrepostas e a ausência de técnicas específicas de ferramentas de Sistemas de Informações Geográficas (SIG). O presente estudo utilizou da classificação orientada a objeto e dos *softwares* livres como uma ferramenta de identificação de árvores urbanas em uma imagem de alta resolução. O objetivo geral da pesquisa foi verificar o estado da arte a respeito de classificação orientada a objeto utilizando programas livres para estudos de arborização urbana e verificar metodologias também de licença livre capazes de realizar tal procedimento.

O estudo comparou a utilização da metodologia com um programa proprietário e o processamento dos dados utilizando imagem de alta resolução ou uma imagem Landsat. O resultado mostrou que é possível o desenvolvimento de tal tecnologia, embora não tenha sido possível a realização da individualização das árvores, com a desvantagem de tempo e capacidade de processamento das máquinas a realizarem o procedimento. Os resultados aqui apresentados servirão de base para futuras análises ambientais e urbanísticas. Espera-se que as respostas alcançadas possam contribuir com futuros estudos pela busca de diretrizes para a transformação da paisagem urbana.

**Palavras-chave:** Árvores urbanas, Planejamento Urbano, Classificação Supervisionada

## **ABSTRACT**

*Urban afforestation is an essential character for urban environmental balance. When its existence occurs in a disorganized and unplanned way, it poses risks to the population and to the quality of life. Forest inventory is one of the most important stages of urban afforestation planning. Nevertheless, it is also the longest stage and it demands more resources. The use of geotechnologies allows to obtain information about the reality of urban florets and the use of open source GIS software, open source and freely available on the internet, are great allies to mapping and urban planning. The use of geotechnology as an automatic tree quantification tool presents several challenges, such as shadow factor, a number of overlapping canopies and the absence of specific techniques of Geographic Information Systems (GIS) tools. The present study used object-oriented classification and free software as a tool to identify urban trees in a high-resolution image. The main point of this research is verify the state of art about object oriented classification using open source softwares for urban arborization studies and look for methodologies capable of doing these studies also using open source softwares. The study compared the use of the methodology with a proprietary program and the processing of the data using a high-resolution image or a Landsat image. The result showed that it is possible to develop such a technology, although it has not been possible to perform the individualization of the trees, with the disadvantage of time and processing capacity of the machines performing the procedure. The results presented here will serve as a basis for future environmental and urban analyzes. It is hoped that the answers obtained could contribute to future studies by the search of guidelines for the transformation of the urban landscape.*

**Key words:** *Urban Trees, Urban Planning, Supervised Classification*

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 O desempenho de publicações selecionadas. Evolução quantitativa da produção científica entre 2007 e 2016.....	22
Figura 2: Quantidade de publicações por país.....	23
Figura 3: Relações acadêmicas entre os 22 países com colaboração internacional. ....	24
Figura 4: Número de autores por país. ....	26
Figura 5: SIGs de <i>softwares</i> livres citados em artigos publicados. ....	31
Figura 6: Mapa de localização do município de Paraíso das Águas .....	36
Figura 7: Imagem obtida através de RPA do município de Paraíso das Águas/MS. ....	37
Figura 8: Quadra 01 recortada para processamento, escolhida devido ao grande número de árvores visíveis. ....	39
Figura 9: Quadra 02 recortada para processamento, escolhida devido ao espaçamento entre as árvores observadas.....	39
Figura 10. Fluxograma das etapas metodológicas para o processamento das imagens .....	41
Figura 11: Segmentação realizado no <i>software</i> Ecognition. ....	43
Figura 12: Segmentação realizada no <i>software</i> Monteverdi da quadra 01.....	44
Figura 13: Segmentação realizada no <i>software</i> Monteverdi da quadra 02.....	45
Figura 14: Classificação realizada no Ecognition, utilizando a imagem da quadra 01 .....	46
Figura 15: Classificação quadra 01 .....	47
Figura 16: Classificação quadra 02 .....	48
Figura 17: Classificação utilizando uma imagem Landsat, que não gera resultados satisfatórios	50

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Atributos identificados para cada artigo, com no mínimo 04 temáticas coincidentes. 21	
Tabela 2: Pesquisadores e quantidade de artigos.....	24
Tabela 3. Instituições de pesquisa. Instituições com mais de 01 publicação. ....	25
Tabela 4. Principais periódicos publicados, e suas características. ....	27
Tabela 5. Palavras-chave mais utilizadas. Palavras-chave com mais de 5 ocorrências. ....	28
Tabela 6 : SIGs utilizados.....	29
Tabela 7: Informações sobre as imagens Landsat, a ortofoto inteira e as quadras recortadas para processamento. ....	40
Tabela 8: Comparativo do tempo de processamento das imagens RPA e Landsat nos Softwares livres e proprietários. ....	49

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL .....	12
1.1. OBJETIVOS .....	14
1.2. OBJETIVO GERAL .....	14
1.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	14
CAPÍTULO I – ESTUDO BIBLIOMÉTRICO DA CLASSIFICAÇÃO ORIENTADA A OBJETO UTILIZANDO <i>SOFTWARE</i> LIVRE E IMAGENS DE ALTA RESOLUÇÃO NA ARBORIZAÇÃO URBANA .....	15
1. INTRODUÇÃO .....	17
2. MATERIAIS E MÉTODOS .....	19
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	20
Desempenho das publicações selecionadas .....	20
Principais países que publicaram na área .....	22
Cooperação acadêmica .....	23
Performance de autores e coautores .....	24
Performance das principais instituições de pesquisa .....	24
Desempenho de pesquisa .....	25
Desempenho dos principais periódicos .....	26
Performance das palavras-chave .....	28
Presença de SIGs como softwares livres .....	29
4. CONCLUSÕES .....	31
CAPÍTULO II – CLASSIFICAÇÃO ORIENTADA A OBJETO UTILIZANDO <i>SOFTWARE</i> LIVRE E IMAGENS DE ALTA RESOLUÇÃO NA ARBORIZAÇÃO URBANA .....	33
1. INTRODUÇÃO .....	34
2. MATERIAIS E MÉTODOS .....	35
Área de Estudo .....	35
Processamento dos Dados .....	37
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	42
Segmentação .....	43
Classificação .....	45
Tempo de Processamento .....	49
4. CONCLUSÕES .....	50
2. CONCLUSÕES GERAIS .....	52
3. REFERÊNCIAS .....	53

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

Ao longo de sua existência, o homem vem interferindo nos recursos naturais, principalmente com a expansão agrícola e urbana, acentuando o processo de degradação do ambiente e desmatamento da cobertura vegetal, causando impactos negativos para o meio ambiente e interferindo em sua sobrevivência (CHELOTTI, 2017).

As tecnologias computacionais quando aplicadas à gestão dos recursos naturais e à gestão e monitoramento do território estão se tornando cada vez mais importantes (Campos *et al.*, 2015). A utilização de Aeronaves Remotamente Pilotadas (RPA) para estudo e monitoramento dos recursos naturais possui como vantagem as resoluções espaciais sub-decimétricas, o baixo custo para produzir imagens de alta resolução para pequenas e médias áreas e a sua grande flexibilidade de configuração e utilização (Teodoro e Araújo, 2015).

Os SIGs (Sistemas de Informações Geográficas) são ferramentas computacionais que permitem o estudo em diversas áreas do conhecimento, e podem ter aplicações diferentes, podendo ser empregadas na criação de bancos de dados geográficos e no estudo de imagens de alta resolução.

Quando os SIGs são utilizados em análises de imagens de alta resolução espacial, observa-se que métodos convencionais para classificação, como o baseado em pixel, têm apresentado resultados aquém do que seria considerado satisfatório. Considera-se, então, a utilização de novas técnicas e tecnologias, como a classificação orientada a objeto. Ela permite o uso de informações vindas dos agrupamentos de pixels, tais como a forma, brilho e textura, sendo possível a utilização de diferentes escalas, criando vários níveis de segmentação com diferentes tamanhos de objetos, os quais podem estar relacionados entre si, através de uma rede semântica, utilizando diferentes atributos geométricos (SILVA, 2015).

De entre os vários *softwares* que possuem métodos de classificação orientada a objeto, os proprietários são os mais populares e mais usados em trabalhos científicos, muito devido aos seus algoritmos estarem bem testados e por estarem há mais tempo no mercado. No entanto, existem vários *softwares Open Source* como o Spring, OTB/Monteverdi ou o GRASS que se mostraram eficazes e permitiram ao usuário a liberdade de serem alterados e adequados a problemas reais (Teodoro e Araújo, 2015). Os *softwares* proprietários são aqueles em que é necessário a compra para se obter o direito de uso, podendo ou não oferecer acesso ao código fonte. Já os *softwares* livres, ou *Open Source*, são aqueles que são distribuídos de forma gratuita e permitem total acesso ao código fonte.

A utilização de geotecnologias aplicadas ao ambiente urbano, auxiliando no planejamento e no desenvolvimento de aplicações para resolução de problemas está em plena

expansão. No aspecto do levantamento da situação das florestas urbanas nas cidades, para fins de reconhecimento e planejamento de ações de proteção e ampliação, ainda existem, contudo, algumas limitações para esta aplicação. O inventário florestal é uma das etapas mais importantes do planejamento de arborização urbana. Não obstante, é também a etapa mais longa e que demanda mais recursos. Desenvolver estudo de alternativa baseada na geotecnologia para dar suporte à obtenção de informações da realidade das florestas urbanas é, portanto, uma das intenções dessa pesquisa.

Tendo em vista melhorar a etapa de inventário florestal, unindo técnicas gratuitas, SIGs e arborização urbana, surge a presente pesquisa. Inicialmente é feito um levantamento a respeito da utilização da Classificação Orientada e Objeto, com *softwares* livres, e imagens de alta resolução em artigos científico, com ênfase naqueles utilizados para arborização urbana.

Posteriormente, surge a proposta de verificar a possibilidade de SIGs de código livre conseguirem individualizar árvores urbanas e contá-las, para facilitar o inventário florestal das cidades, servindo de suporte para um planejamento urbano mais adequado e eficaz.

Como estudo de caso, é selecionado o Município de Paraíso das Águas, em Mato Grosso do Sul. O município possui parceria de cooperação com a Universidade Federal de Mato Grosso do Sul e, através de tal parceria, fornece a infraestrutura necessária para a realização dos trabalhos, as imagens de alta resolução, materiais necessários e o RPA utilizado para obtenção das imagens. O pequeno porte da cidade é uma vantagem quando se trata de validar os dados em campo.

## **1.1. OBJETIVOS**

### **1.2. OBJETIVO GERAL**

Verificar o estado da arte a respeito de classificação orientada a objeto utilizando programas livres para estudos de arborização urbana e verificar metodologias também com *softwares* de licença livre capazes de realizar tal procedimento.

### **1.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Realizar análise bibliométrica do panorama mundial da classificação orientada a objeto utilizando *softwares* livres e imagens de alta resolução;
- Comparar e avaliar o desempenho de diferentes tipos de classificadores na fase de segmentação;
- Comparar a utilização de *softwares* livres e não-livres em estudos de arborização urbana e sensoriamento remoto;
- Verificar a possibilidade de constatar a quantidade das árvores existentes no município de Paraíso das Águas/MS;
- Contribuir para a otimização dos inventários florestais urbanos;
- Verificar como a metodologia desenvolvida pode ser comparada com outras já existentes, que utilizem programas proprietários.

## **CAPÍTULO I – ESTUDO BIBLIOMÉTRICO DA CLASSIFICAÇÃO ORIENTADA A OBJETO UTILIZANDO *SOFTWARE* LIVRE E IMAGENS DE ALTA RESOLUÇÃO NA ARBORIZAÇÃO URBANA**

### **RESUMO**

As geotecnologias representam um dos campos que mais crescem no mundo, entretanto sua utilização como ferramenta de quantificação automática de árvores apresenta diversos desafios, como: fator sombra, quantidade de copas sobrepostas e a ausência de técnicas específicas de ferramentas de Sistemas de Informações Geográficas (SIG). A bibliometria possibilita estudar este tema permitindo medir a sua produtividade, as tendências de publicação, lacunas e o surgimento de novos temas. O propósito deste trabalho é analisar a colaboração e crescimento da produção de literatura sobre a utilização das geotecnologias, bem como o emprego de *softwares* livres, imagens de alta resolução espectral e classificação orientada a objeto, no âmbito das florestas urbanas. Para isso, através da bibliometria, foram analisados os artigos publicados nas principais bases de pesquisa acadêmica entre 2007 e 2016. Foram encontrados mais de 25 mil registros que abarcavam os termos utilizados na pesquisa. Destes apenas 81 possuíam mais de uma conexão com a temática proposta, entretanto nenhum deles utiliza a classificação orientada a objeto para contar árvores urbanas. Houve uma tendência crescente em pesquisas relacionadas à área, sendo que o ano de 2016 apresentou uma maior quantidade de artigos publicados.

**Palavras-chave:** sensoriamento remoto, SIG, florestas urbanas, inventário florestal, contagem de árvores.

## ABSTRACT

Geotechnologies represent one of the more grows fields in the world, however their use as a tool for automatic quantification of trees presents several challenges, how to: shadow factor, number of overlapping canopies and the lack of specific techniques and tools of geographic information systems (GIS). Scientometrics makes it possible to study this theme by measuring its productivity, publication trends, gaps and the emergence of new themes. The purpose of this article is to analyze the collaboration and growth of literature production on the use of geotechnologies, as well as the use of free *softwares*, high-resolution spectral images and object-oriented classification, within the framework of urban forests. In order to do this, through the scientometrics, the articles published in the main databases of academic research were analyzed between 2007 and 2016. More than 25 thousand records were found that covered the terms used in the research, of these only 81 had more than one connection with the proposed theme; however, none of them uses object-oriented classification to count urban trees. There was a growing trend in research related to the area, and the year 2016 presented a greater number of published articles.

**Keywords:** Remote sensing, GIS, urban forests, forest inventory, tree count.

## 1. INTRODUÇÃO

A bibliometria é uma área multidisciplinar que possibilita estudar os aspectos da Ciência e Tecnologia e a qual se baseia em estudos quantitativos das atividades científicas, medindo a produtividade de uma área, possibilitando delinear o crescimento de determinado ramo, as tendências de publicação, suas lacunas e o surgimento de novos temas (OLIVEIRA, SANT'ANA e MIRANDA NETO, 2015).

O propósito deste artigo é analisar a colaboração e crescimento da produção de literatura sobre a utilização das geotecnologias, bem como o emprego de *softwares* livres, imagens de alta resolução espectral e classificação orientada a objeto, no âmbito das florestas urbanas e da mensuração individualizada de árvores através das geotecnologias. Para cumprir este objetivo, foram colocadas as seguintes questões: Existem trabalhos científicos nos quais as áreas de conhecimento listadas acima se entrelaçam? Qual é o padrão de crescimento desta produção? Quais são as tendências de pesquisa? Quais são os países que mais publicaram? Quais são as principais instituições de pesquisa, bem como periódicos, autores e coautores? Existe colaboração científica entre países? Quais foram as palavras-chave mais utilizadas? Dentro das geotecnologias, quais foram os *softwares* mais utilizados? Este artigo pretende responder a essas questões.

Segundo Bobrowski (2011), considera-se como florestas urbanas todo o tipo de vegetação arbórea existente, sejam elas florestas remanescentes ou arborização implantada, localizadas dentro do perímetro urbano e respectiva zona de influência. Em muitas situações, o poder público ao elaborar o planejamento urbano deixa de incluir a arborização como equipamento a ser devidamente planejado. A melhoria da qualidade de vida da população, diante dos efeitos negativos advindos do processo de urbanização, faz parte das metas do planejamento urbano, no qual o poder público dispõe de diversas medidas técnicas para compatibilizar o desenvolvimento com a conservação ambiental Bobrowski e Biondi (2012).

Esta pesquisa se justifica pelo fato de que as geotecnologias representam um dos campos que mais crescem no mundo (BARBOSA *et al.* 2015), e essa ciência atua de forma interdisciplinar, sendo importante destacar quais são os principais Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) utilizados, em relação ao uso de imagens de alta resolução e classificação orientada a objeto. Escolheu-se o ambiente urbano em virtude da dificuldade de se diferenciar as copas de árvores e individualizá-las, bem como da carência de estudos relativos ao tema.

As geotecnologias são amplamente utilizadas no levantamento de uso e ocupação dos solos, permitindo que sejam feitas análises e avaliações das condições e alterações ambientais. De acordo com Chelotti (2017), desde a década de 1960 o Sensoriamento Remoto vem se

mostrando uma importante ferramenta para o estudo da superfície terrestre. O desenvolvimento tecnológico proporcionou o surgimento de sensores de alta resolução espacial, espectral e temporal, bem como novas formas de imageamento. Junto com a evolução dos sensores, ocorreu a evolução das ferramentas e técnicas de processamento dos dados produzidos, entre os quais *softwares* livres e os classificadores.

Na área de geotecnologias existe um grande potencial para o uso de *softwares* livres, visto que a obtenção de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) comerciais é de alto custo de aquisição e exige qualificação para utilizar essas ferramentas. Dessa forma, os *softwares* livres representam uma forma de racionalização desses custos e a sua utilização vem se mostrando crescente, principalmente pelo fator econômico e o acesso a tutoriais e manuais existentes na rede (MILARÉ *et al.* 2016).

Nos últimos anos têm se observado uma crescente busca por análises da aplicação das imagens de satélite de alta resolução espacial, como Geoeye, IKONOS e WorldView. Isto ocorre porque elas conseguem identificar os alvos com maior definição e detalhamento, mostrando-se mais eficientes na extração de informações (Fernandes, 2005). Atualmente, destaca-se o crescente uso de Aeronaves Remotamente Pilotadas (RPAs) em vários projetos de sensoriamento remoto para uso científico e civis, pois possuem como vantagens: redução dos custos de coleta de dados; possibilidade de obtenção de dados de maneira segura mesmo em situações adversas, e um menor gasto de treinamento de profissionais aptos a coletar dados aéreos; e a obtenção de imagens aéreas de alta resolução espectral e espacial (Dutra e Guimarães, 2015).

Em relação à classificação de imagens de satélite, a Classificação Orientada ao Objeto – OBIA (*Object Based Image Analysis*) vem ganhando importância nos últimos anos. Essa técnica visa unir as ferramentas de processamento e extração de informações com o raciocínio humano, ou seja, com a forma de pensar e de reconhecer padrões que intuitivamente adotamos ao interpretar uma imagem ou apreciar uma paisagem (BAATZ & SCHÄPE, 2001). Ela utiliza dois critérios para descrever a separação do objeto da imagem: cor (espectral) e forma (suavização e compactação) (ANTUNES, 2003).

Dessa forma, a segmentação da imagem é obtida de acordo com a homogeneidade e agrupamento de pixels, definindo a uniformidade dos segmentos e impedindo a confusão na interpretação de objetos muito próximos. No ambiente urbano, todos os elementos que compõem uma cena estão muito próximos entre si, dificultando a separação dos objetos, e é por isto que essa técnica tem se mostrado promissora, principalmente quando se trata de separar e identificar copas de árvores.

Atualmente, mesmo com os avanços tecnológicos, a utilização do sensoriamento remoto como ferramenta de quantificação automática de árvores, apesar da grande vantagem se comparada aos métodos tradicionais, apresenta desafios quanto à precisão e acurácia, sendo influenciada por diversos fatores, como: fator sombra, quantidade de copas sobrepostas e a ausência de técnicas específicas de ferramentas de Sistemas de Informações Geográficas (SIG).

O principal objetivo desse estudo foi fornecer um panorama atual sobre o uso das geotecnologias em pesquisas científicas sobre contagens de árvores urbanas utilizando classificações orientada a objeto e *softwares* livres, com base nas informações disponíveis no banco de dados da fundação brasileira Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pertencente ao Ministério da Educação (MEC).

## **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

O presente estudo se caracteriza como uma pesquisa bibliométrica, de caráter descritivo e exploratório, sobre o estado-da-arte da produção científica relacionada à classificação orientada a objeto utilizando SIG como *software* livre e imagens de alta resolução, na mensuração individualizada de árvores urbanas, para fins de suporte ao planejamento da arborização e às políticas públicas.

Uma das principais dificuldades desta análise é a de encontrar na base de dados as informações pertinentes ao objeto de estudo, principalmente nas áreas multidisciplinares, visto que os temas multidisciplinares estão espalhados por diversos veículos e também devido à tendência de os autores publicarem em veículos que são representativos de suas especialidades (LIMA, VELHO e FARIA, 2007).

Para facilitar a análise bibliométrica, foi utilizado o *software* livre *Bibexcel* (PERSSON, 2009). Ele extrai informações básicas de cada artigo pesquisado, incluindo informações do ano de publicação, tipo de publicação e palavras-chave, facilitando a análise detalhada dos resultados de pesquisa. Foram analisadas as seguintes variáveis de interesse: autores e coautores, ano e número de publicações por ano, periódicos, identificação da instituição, idioma, país, cooperação acadêmica, e as palavras-chave.

A coleta de dados foi realizada na base de dados da CAPES, disponibiliza para instituições de pesquisa o acesso gratuito aos periódicos nacionais e internacionais, abrangendo diversas áreas do conhecimento científico. O período estudado foi de janeiro de 2008 a dezembro de 2016, tendo iniciado em 2008 por ser este o primeiro ano com resultados relevantes encontrados. O rastreamento utilizou termos em inglês, remetendo diretamente ao objeto de interesse: “*urban trees*”; “*forestry inventory*”; “*inventory urban trees*”; “*trees inventory*”; “*oriented and urban trees*”; “*oriented and urban isolated trees*”; “*urban trees*

*and geo*"; *“urban trees and gis”*; *“urban trees and remote sensing”*; *“counting trees”*; e *“automatic counting trees”*.

A presente análise foi realizada em concordância com a técnica de mineração de dados (*data mining*), que vem crescendo cada vez mais como uma forma de solução dentro de um banco de dados. Ela é realizada através de levantamento de requisitos criteriosos, visando identificar possíveis interações entre temas, as quais podem estar ocultas em um grande conjunto de dados. Tal análise minuciosa raramente é um processo completamente automatizado, sendo necessária uma grande intervenção do analista que conduz o estudo (CAMILO e SILVA, 2009; GREGORY e PRETTO, 2016).

No primeiro momento, foram encontrados 25.940 registros que abarcavam os termos utilizados na pesquisa. Os registros passaram então por análise de aderência em relação a título, resumo e palavra-chave, de forma a serem excluídos os registros duplicados ou relacionados a áreas de conhecimento que não eram do interesse da pesquisa, como a área médica ou de comunicações. Foram ainda observados quais artigos estavam disponíveis para leitura gratuita. 1690 artigos foram, portanto, pré-selecionados.

Por fim, foram os arquivos foram analisados na íntegra, observando-se quais eram os objetivos, conexões com a temática proposta, programas utilizados. Foram identificados 81 artigos, que compuseram a amostra inicial para análise bibliométrica.

### **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### *Desempenho das publicações selecionadas*

A análise bibliométrica se concentrou nos 81 artigos identificados. Esta escolha deu-se devido à complexidade do tema, visto que para compor o objeto da pesquisa uniram-se várias temáticas de áreas diferentes. Isto acarretou um elevado grau de incompatibilidade com o objeto central desta pesquisa. Desta forma, cada um destes artigos foi explorado integralmente, a fim de identificar a aderência com a ideia central da pesquisa.

Nenhum dos artigos analisados abordou todos os cinco requisitos estipulados pelas palavras-chave: individualização de árvores, ambiente urbano, classificação orientada a objeto, imagens de alta resolução e *softwares* livres. O maior número de requisitos estipulados pelas palavras-chave que ocorreu simultaneamente foi de 04, e isso se verifica para apenas 05 dos artigos (Tabela 1).

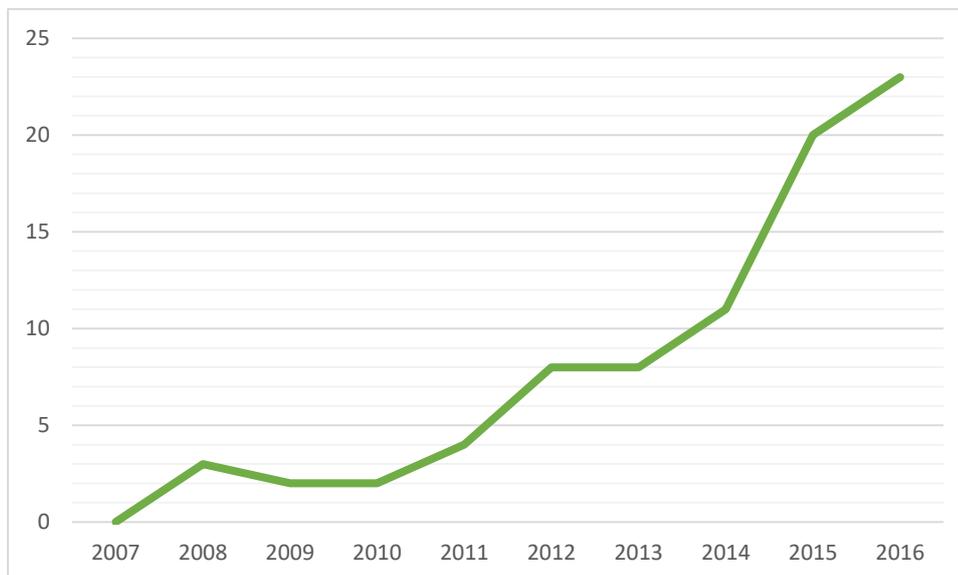
**Tabela 1.** Atributos identificados para cada artigo, com no mínimo 04 temáticas coincidentes.

Artigos Encontrados	Temáticas				
	Individualização de árvores	Ambiente urbano	Classificação orientada a objeto	Imagens de alta resolução espectral	SIGs livres
<b>Agarwal, et al. (2013)</b>	✓	✓	✓	✓	
<b>Deng, et al. (2014).</b>	✓		✓	✓	✓
<b>Guerra-Hernandez, et al. (2016)</b>	✓		✓	✓	✓
<b>Teodoro e Araújo, (2016)</b>		✓	✓	✓	✓
<b>Wieland e Pittore, (2014)</b>		✓	✓	✓	✓

Sobre a amostra de 81 artigos foi realizado um conjunto de análises estatísticas por meio do uso da ferramenta *Microsoft Office Excel 2016*. Essa análise permitiu verificar os seguintes aspectos: a evolução da quantidade de publicações ao longo dos anos, identificando tendências de pesquisas, principais autores, a distribuição de artigos por países, e a classificação das principais palavras-chave, com o objetivo de identificar os principais tópicos relacionados com o tema de estudo.

O período amostral é de 2008 a 2016, sendo 2008 o primeiro ano em que foram encontrados resultados dentro do tema analisado. O número de publicações vem evoluindo significativamente com o decorrer dos anos (Figura 1).

**Figura 1:** O desempenho de publicações selecionadas. Evolução quantitativa da produção científica entre 2007 e 2016.



#### *Principais países que publicaram na área*

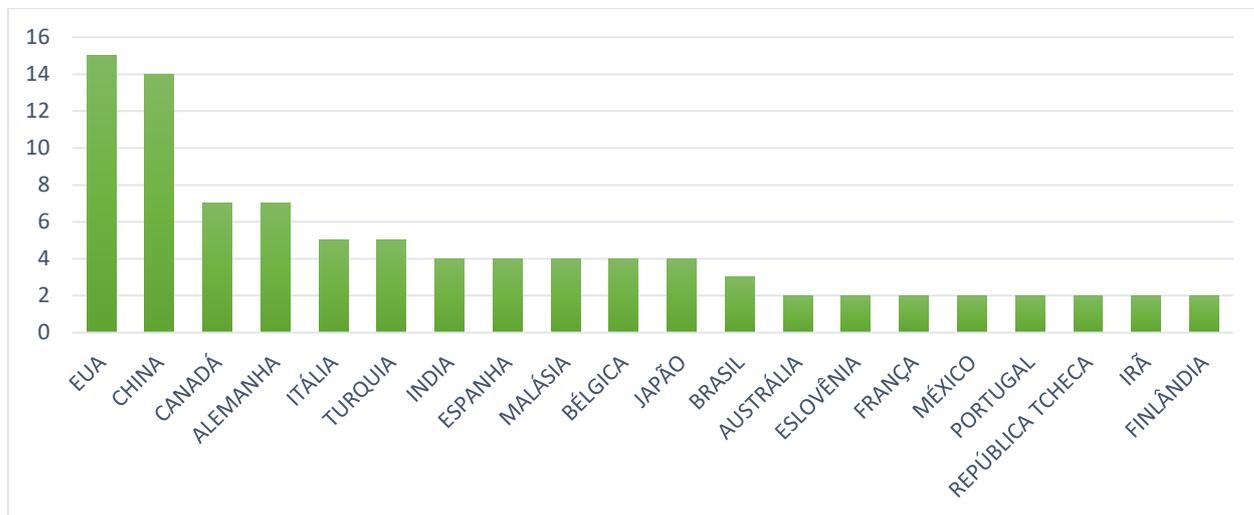
Todos os artigos selecionados foram escritos em inglês, uma vez que, para maior abrangência de títulos, os termos foram pesquisados em inglês. Isto está diretamente relacionado tanto com a universalidade da língua inglesa quanto ao fato de que os periódicos de maior impacto e abrangência estão neste idioma. Isto se reforça ao analisar os países que tiveram mais de uma publicação (Figura 2), onde se pode observar que nem todos os países que possuem mais de uma publicação possuem o inglês como língua nativa. O país que possui mais publicações é os EUA, com 15 publicações, seguido diretamente pela China, com 14 publicações.

As últimas décadas foram caracterizadas pela crescente urbanização, com taxas particularmente elevadas em países em desenvolvimento. A evidência da insustentabilidade ambiental e socioeconômica deste crescimento urbano tem cada vez mais atraído a necessidade de criar modelos urbanos mais sustentáveis e resilientes; com isto, os EUA e a China têm se destacado e lideram a implementação de programas que promovem a silvicultura urbana como instrumento de desenvolvimento urbano sustentável e resiliente, fator este que tem influenciado os demais países a se preocuparem mais com os recursos florestais urbanos (FAO, 2016).

No total 31 países possuem publicações, com destaque para a Alemanha, Canadá, Itália, Turquia, Japão, Bélgica, Índia, Malásia, Espanha, Brasil, Irã, Austrália, Eslovênia, Finlândia, França, México, Portugal e República Tcheca. Outros 11 países tiveram apenas uma publicação cada, sendo eles: Lituânia, Etiópia, África do Sul, Reino Unido, Grécia, Noruega,

Paquistão, Tailândia, Nepal, Suíça e Singapura.

**Figura 2:** Quantidade de publicações por país. Países com mais de 01 publicação. Destaque para o Brasil, que possui 3 publicações.

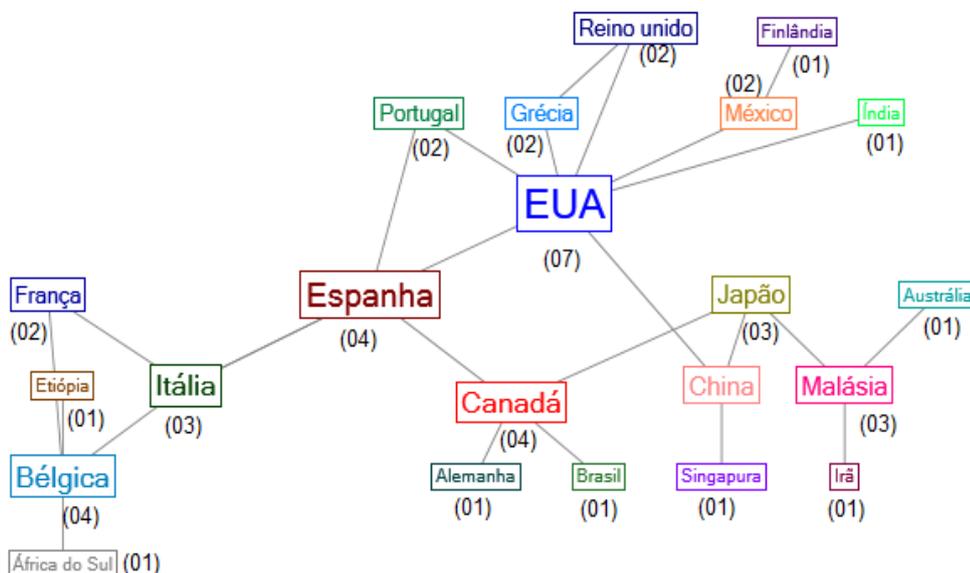


### *Cooperação acadêmica*

Para a análise em rede dos países que colaboraram internacionalmente foi utilizada a versão gratuita do *software NodeXL* (*Social Media Research Foundation, 2015*). A análise realizada através de *softwares* de análise permite que algoritmos específicos calculem as medidas e desenhem as redes, levando em conta determinadas formas de visualização (*RECUERO, BASTOS & ZAGO, 2015*).

O mapa de conexões (Figura 03), criado com o programa NodeXL Basic (*SMITH et al, 2016*), mostra a colaboração acadêmica entre os 22 países que colaboraram entre si. O tamanho de cada nó representa o número total de publicações de um país através da colaboração internacional, quanto maior o retângulo, mais internacionalmente ativo é o país. Os EUA, além de ser o país com o maior número de publicações é também o país mais ativo em termos de colaboração internacional, relacionando-se com o México, Portugal, Espanha, Índia, Grécia e Reino Unido. Em se tratando de quantidades de publicações, a China é a segunda colocada. Entretanto, ao analisar seu desempenho quanto à colaboração internacional, ela não apresenta a mesma performance que os EUA e demonstra baixa colaboração internacional, perdendo para a Espanha, Itália, Bélgica, Canadá, Japão e Malásia.

**Figura 3:** Relações acadêmicas entre os 22 países com colaboração internacional.



### *Performance de autores e coautores*

Foram totalizados 315 autores e coautores, sendo que 10 foram aqueles que publicaram mais de um artigo (Tabela 2). Em que pese a relação número de artigos/autor, nenhum dos pesquisadores analisados dentro da temática contribuiu com mais de 02 artigos e mais de 96% contribuiu com apenas 01 artigo.

**Tabela 2:** Pesquisadores e quantidade de artigos. Mais de 96% dos autores escreveu apenas um artigo.

Principais autores e coautores	Quantidade de artigos publicados
Aguilar, F. J.	2
Aguilar, M. A.	2
Bianconi, F.	2
Huang, X.	2
Katoh, M.	2
Magnussen, S.	2
Schneider, T.	2
Shen, Z. Q.	2
Wang, K.	2
Zhang, J.	2
Demais autores e coautores	305
<b>TOTAL</b>	<b>315</b>

### *Performance das principais instituições de pesquisa*

O desempenho das instituições mais produtivas mostra que foram encontradas 140

instituições, sendo que apenas 9 destas possuíam mais de uma publicação (Tabela 3).

O *Canadian Forest Service* (Serviço Florestal Canadense), concentrou a maioria das publicações, sendo seguido pela *Chinese Academy of Sciences*, Universidade de Wuhan (China) e pela Universidade de Almería (Espanha). Em geral, a China possui mais instituições de pesquisa com publicações na área e isto é reiterado tanto na análise dos países, quanto nas instituições que mais publicaram, o que indica que as instituições chinesas têm se dedicado a tal tema de pesquisa, devido ao seu desenvolvimento rápido e à preocupação constante com a sustentabilidade ambiental. Ao se compararem países e instituições mais produtivas, observa-se que os EUA assim como a Alemanha não concentram suas pesquisas em uma única instituição, assim como a Alemanha. Outro destaque se dá para as instituições na Malásia e do Japão, visto que não estão entre os primeiros 10 países com maior número de publicações, entretanto, duas de suas instituições de pesquisa aparecem mais de uma vez, o que pode indicar uma certa centralidade destas instituições a respeito desta temática.

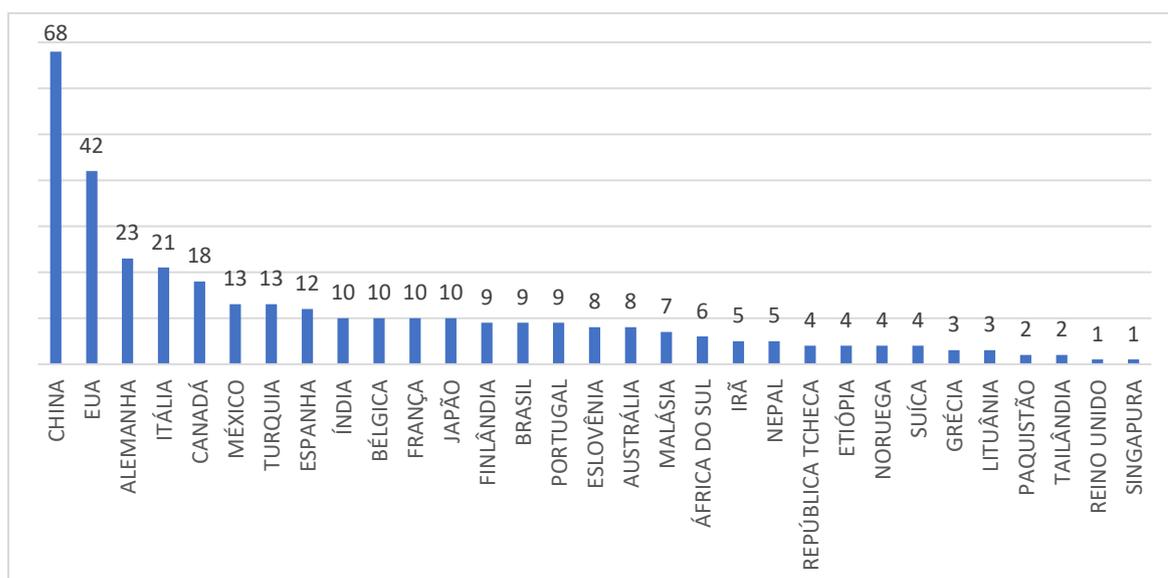
**Tabela 3.** Instituições de pesquisa. Instituições com mais de 01 publicação.

Principais instituições de pesquisa	País	Quant. de artigos publicados
Natural Resources Canada, Canadian Forest Service	Canadá	4
Chinese Academy of Sciences	China	3
Wuhan University	China	3
University of Almería	Espanha	3
Universiti Teknologi Malaysia	Malásia	2
US Forest Service	EUA	2
Shinshu University	Japão	2
Zhejiang University	China	2
Università degli Studi di Perugia	Itália	2
Demais Instituições		131
<b>TOTAL</b>		<b>140</b>

#### *Desempenho de pesquisa*

Foram identificados 31 países e 140 instituições de pesquisa, com 315 autores e coautores, deles 20 estão ligados a mais de uma instituição de pesquisa no mesmo país, e às vezes mais de um país, o que demonstra que nestes casos o relacionamento entre autores, instituições e países ocorreu de forma dinâmica (Figura 4).

**Figura 4:** Número de autores por país.



Notou-se que os EUA possuem a maior quantidade de instituições de pesquisa, entretanto é a China quem apresenta uma maior quantidade de pesquisadores, totalizando 68, contra 42 dos EUA. No panorama geral, houve um predomínio maior de por país do que de instituições por país, com exceção do Reino Unido, que apresentou um pesquisador vinculado a duas instituições de pesquisa, e de Singapura que apresentou apenas um pesquisador para uma instituição de pesquisa.

Além disso, apesar de os Estados Unidos possuírem a maior quantidade de instituições de pesquisa e configurar entre os com maior número de pesquisadores, apenas uma instituição americana produziu mais de um artigo. A instituição com maior número de artigos foi o Canadá, que está em quinto lugar quanto ao número de pesquisadores.

#### *Desempenho dos principais periódicos*

Do total de 34 periódicos 11 (Tabela 4) foram aqueles que mais publicaram, o que representa mais de 71% das publicações totais, apontadas no início deste estudo. A Revista *Remote Sensing* domina sobre a temática e sua área de atuação é concentrada em *Earth and Planetary Sciences*. As outras revistas predominantes estão nas áreas de atuação Ciência Agrícola, Ciências Biológicas, Ciência Ambiental e Ciência Florestal.

Para cada uma destas revistas foi encontrado o indicador *SCImago Journal Rank (SJR)* (<http://www.scimagojr.com/>). O indicador SJR surgiu em 2006, ele é um recurso publicamente disponível que inclui diversas revistas científicas contidas no *Scopus*<sup>®</sup> de (*Elsevier B.v.*), (SCIMAGO, 2007). Ele mede o prestígio de uma revista, utilizando algoritmos e expressa o número médio de citações ponderadas recebidas num determinado ano, através de documentos

publicados na revista nos três anos anteriores. No entanto, de forma a prevenir o uso excessivo de autocitações da revista, destas apenas são consideradas no máximo de 33% do total de citações (LOPES *et al*, 2012).

Curiosamente, não houvenexo de causalidade entre a quantidade de artigos publicados em uma revista e o indicador SJR. Isto pode ser causado pelo fato de que a maioria das revistas com maior reputação cobre muitas áreas de pesquisa, das quais a temática de classificação orientada a objeto e florestas urbanas é apenas uma delas.

**Tabela 4.** Principais periódicos publicados, e suas características. Mais de 71% das publicações ocorreram nestas 11 revistas.

Quant. de artigos	Periódicos	País	SJR	Área de atuação e categorias
25	<i>Remote Sensing Journal of</i>	Suíça	54	Terra e Ciências planetárias
9	<i>Applied Remote Sensing European</i>	EUA	31	Terra e Ciências planetárias
4	<i>Journal of Forest Research</i>	Itália	14	Terra e Ciências planetárias; Ciência Ambiental; matemática
4	<i>Journal of the Indian Society of Remote Sensing Environmental</i>	Índia	24	Terra e Ciências planetárias; Ciências Sociais; Geografia, Planejamento e Desenvolvimento
3	<i>Monitoring and Assessment European</i>	Holanda	77	Ciência Ambiental; Gestão, Monitoramento, Política e Legislação; Poluição
3	<i>Journal of Forest Research</i>	Alemanha	43	Ciências Agrárias e Biológicas; Silvicultura; Ciência Vegetal
2	<i>Forestry</i>	Reino Unido	48	Agrícola e Ciências Biológicas; Florestal
2	<i>Forests Iforest-</i>	Suíça	22	Agrícola e Ciências Biológicas; Florestal
2	<i>Biogeosciences and Forestry Isprs</i>	Itália	19	Agrícola e Ciências Biológicas; Ciência Ambiental; Florestal; Ecologia; Natureza e Paisagem Conservação
2	<i>International Journal of Geo-Information</i>	Suíça	15	Terra e Ciências planetárias; Social Ciências; Computadores na terra Ciências; Geografia, Planejamento e Desenvolvimento

2	<i>Wetlands Ecology and Management</i>	Noruega	48	Agrícola e Ciências Biológicas; Ciência Ambiental; Ciências Aquáticas; Ecologia, Evolução, Comportamento e Sistemática; Gestão, Monitoramento, Política e Legislação
23	Demais periódicos			
<b>34</b>	<b>TOTAL</b>			

### *Performance das palavras-chave*

As palavras-chave representam o foco de uma pesquisa, orientando o leitor na busca de artigos de seu interesse. Realizou-se a análise de palavras-chave a fim de se revelar a frequência e tendências dos termos utilizados para facilitar a busca sobre o assunto. Foi encontrado um total de 285 palavras-chave. A fim de melhorar a eficácia da análise das palavras-chave, todos os dados brutos foram previamente tratados para que as palavras-chave com significados semelhantes bem como siglas, fossem representados por uma única palavra. Por exemplo, as palavras “OBIA”, “object-based image”, “analysis (OBIA)”, “GEOBIA” e “Object based image analysis”, que se referem ao mesmo termo, que é “object-based image analysis (OBIA)”. Após tal tratamento, também foram desconsideradas as palavras que possuíam apenas uma ocorrência.

A operação resultou em 62 palavras-chave com mais de uma ocorrência, sendo que destas 27% está focalizada em métodos e técnicas de pesquisa, 6% em objetos de pesquisa e 5% em imagens aéreas. Na Tabela 5, estão demonstradas as palavras-chave com mais de 5 ocorrências. Observa-se que nenhuma das palavras-chave fugiu do foco desta temática, tais como “forest inventory” e “remote sensing”, etc. Essas palavras-chave podem auxiliar os leitores a entender melhor os principais tópicos de um artigo, facilitando o aprofundamento de suas pesquisas.

**Tabela 5.** Palavras-chave mais utilizadas. Palavras-chave com mais de 5 ocorrências. Como a pesquisa foi realizada em inglês, os resultados estão sendo apresentados na mesma língua.

Palavras-Chave	Quant.
Object-Based Image Analysis	
(Obia)	26
Remote Sensing	10
Support Vector Machine (SVM)	9
Forest Inventory	8

K-Nearest Neighbor (K-NN)	8
Texture	8
Unmanned Aerial Systems (UAS)	6
Geographic Information System	5
High Spatial Resolution	5
Land Cover	5
Maximum Likelihood Classifier	5
Tree Species	5
Worldview-2	5
Demais palavras-chave	180
<b>TOTAL</b>	<b>285</b>

#### *Presença de SIGs como softwares livres*

Por serem gratuitos, os *softwares* livres ou *OpenSource* permitem que uma quantidade maior de pessoas tenha acesso aos meios e técnicas de pesquisa. Contudo, o fato de não ser comercial não indica que um *software* seja propriamente livre. De acordo com Hexsel (2002) a característica mais importante de um *software* livre é a liberdade de uso, cópia, modificações e redistribuição, através da distribuição dos códigos-fonte dos programas, dada pelos autores. Assim, todos os *softwares* livres são gratuitos, entretanto existem aqueles que são gratuitos, mas não livres.

Para identificar quais foram os SIGs preferidos pelos autores, cada um dos 81 artigos selecionados foi lido na íntegra. Observou-se que nem todas as publicações informaram em sua metodologia os SIGs utilizados. Observa-se também que em outras publicações foram usados mais de um SIG. Nesse caso eles foram computados em relação ao número de vezes em que foram citados. Um total de 27 SIGs foi encontrado (Tabela 6).

**Tabela 6 :** SIGs utilizados. Destaque para os *softwares* livres, em negrito, e para os gratuitos, sublinhados.

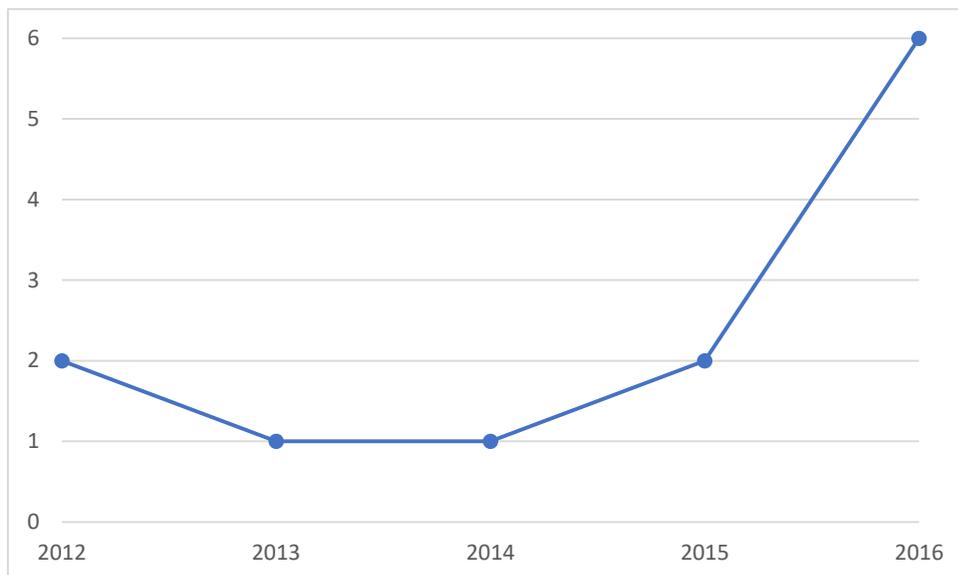
<i>Softwares</i>	Vezes que foram utilizados
ECognition	28
ArcGIS	20
ERDAS Imagine	14
ENVI	13
PCI Geomatica	8
<u>Google Earth Engine</u>	6
<b>Qgis</b>	4

<u>Berkeley Image Segmentation</u>	2
eMotion 2	2
VLS Feature Analysis	2
<b>GRASS</b>	<b>2</b>
Individual Tree Crown (ITC)-Suite	2
<b>Spring</b>	<b>2</b>
TerraScan	2
INPHO 5.3	1
<u>K-NN FOREST</u>	1
MATCH-AT	1
<b>MICMAC</b>	<b>1</b>
<u>MultiSpec</u>	1
ORTHOMASTER	1
<b>OTB/Monteverdi</b>	<b>1</b>
ORTHO VISTA	1
PARGE	1
PosPac	1
<b>TerraView</b>	<b>1</b>
<b>Viper Tool</b>	<b>1</b>

---

No total das publicações analisadas, o uso de SIGs esteve presente 123 vezes, sendo que em apenas 11 foram utilizados *softwares* não comerciais, entre os quais 07 são *softwares* livres e 04 são *softwares* gratuitos não livres. Os *softwares* livres utilizados foram: QGIS, Grass, Spring, MICMAC, Orfeo Toolbox (OTB/Monteverdi), TerraView e Viper Tool. Foi observado em seguida desempenho dos SIGs como *softwares* livres em artigos publicados sobre a temática estudada, entre os anos de 2007 e 2016 (Figura 5).

**Figura 5:** SIGs de *softwares* livres citados em artigos publicados. Destaque para o início em 2012 e o aumento no número de citações, evidenciando uma maior aceitabilidade no meio científico.



Dentre estes, destacaram-se dois *softwares* brasileiros, Spring e TerraView, o que mostra que o Brasil tem investido na aplicação das geotecnologias e no desenvolvimento de SIGs gratuitos e de código aberto. As citações tiveram início em 2012 e desde então têm crescido. Milaré *et al.*, (2016), analisando a utilização de *softwares* livres em Sistemas de Informações Geográficas no Brasil, no período de 1978 a 2013, também identificaram que o número de citações em *softwares* com estas características tem crescido, principalmente pelo fator econômico e o acesso a tutoriais e manuais existentes na rede.

#### 4. CONCLUSÕES

Através da mineração dos dados é possível encontrar informações relevantes dentro de um grande conjunto de dados, fato esse comprovado por essa pesquisa. Ao analisar os 81 artigos amostrados, identificou-se que a língua predominante foi o Inglês. Ao se analisar o comportamento das publicações em relação aos anos de 2007 a 2016, identificou-se que há uma tendência crescente de pesquisa sobre os temas estudados, (juntos ou individualmente) para os próximos anos.

De todos os artigos analisados, nenhum utilizou ao mesmo tempo todas as temáticas pesquisadas, ou seja: individualização de árvores, ambiente urbano, classificação orientada a objeto, *softwares* livres e imagens de alta resolução. O maior número de requisitos estipulados pelas palavras-chave que ocorreu simultaneamente foi de 04, e isso se verifica para apenas 05 dos artigos.

Na escala global, EUA e China foram os países com mais publicações. Os Estados

Unidos demonstraram uma maior cooperação internacional, sendo o país mais influente no meio acadêmico, enquanto a China foi o país que apresentou a maior quantidade de pesquisadores, embora com pouca cooperação internacional. Sobre as instituições mais produtivas, *Canadian Forest Service*, Órgão Governamental Canadense, destacou-se como sendo a principal organização de pesquisa sobre a temática, seguido pela *Chinese Academy of Sciences* e a Universidade de Wuhan. De 315 pesquisadores, nenhum contribuiu com mais de 2 artigos; e 96% contribuiu com apenas 1 artigo. Observou-se que alguns autores estão vinculados a mais de uma instituição de pesquisa e também a mais de um país.

A Revista *Remote Sensing* destacou-se como a que recebeu mais publicações sobre a temática, com 25 artigos. Sua área de atuação é concentrada em *Earth and Planetary Sciences*. Ao se compararem os periódicos analisados quanto ao indicador *SCImago Journal Rank (SJR)* identificou-se que não houve nexo de causalidade entre a quantidade de artigos publicados e o fator de impacto da revista.

A operação resultou em 62 palavras-chave com mais de uma ocorrência, sendo que destas 27% está focalizada em métodos e técnicas de pesquisa, 6% em objetos de pesquisa e 5% em imagens aéreas. A palavra-chave mais utilizada foi referente à técnica de identificação de áreas e objetos por sensoriamento remoto denominada de Classificação Orientada a Objeto, (*Object-Based Image Analysis OBIA*), seguida das palavras-chave *Remote Sensing* e *Support Vector Machine (SVM)*.

Em se tratando de Sistemas de Informações Geográficas como um meio gratuito e de código aberto, identificou-se que a sua utilização foi baixa no período, porém demonstrando crescimento gradual. Dos 07 SIGs encontrados como *softwares* livres, 02 destes são brasileiros, sendo eles Spring e TerraView, o que demonstra que as iniciativas brasileiras, públicas e privadas, têm se unido a fim de tornar as geotecnologias acessíveis à comunidade acadêmica e técnica, no intuito de difundir o conhecimento. Os resultados deste estudo podem ajudar os pesquisadores a compreenderem a interação sobre os temas estudados, bem como sugerir direções para futuras pesquisas.

As referências bibliográficas deste capítulo estão inseridas no item 3. Referências, páginas 56 a 59 desta Dissertação de Mestrado.

## **CAPÍTULO II – CLASSIFICAÇÃO ORIENTADA A OBJETO UTILIZANDO SOFTWARE LIVRE E IMAGENS DE ALTA RESOLUÇÃO NA ARBORIZAÇÃO URBANA**

### **RESUMO**

A arborização urbana no Brasil é uma atividade relativamente nova e por diversas vezes ainda ocorre sem planejamento prévio. Tal falta de planejamento pode acarretar prejuízos para o meio ambiente e para o desenvolvimento urbano. Um elemento essencial da arborização urbana é conhecer o inventário de árvores de uma cidade, seja identificando sua localização ou contando sua quantidade. Entretanto, as atuais técnicas facilmente encontradas para realização de tal inventário utilizam de programas pagos, o que limita a viabilidade de um estudo sobre a arborização urbana em municípios com menor recursos disponíveis. A partir disso surge o presente estudo, que busca desenvolver uma metodologia para classificação orientada a objeto utilizando programas livres, de forma a identificar as árvores em uma imagem. O estudo comparou a utilização da metodologia com um programa proprietário e o processamento dos dados utilizando imagem de alta resolução ou uma imagem Landsat. O resultado mostrou que é possível o desenvolvimento de tal tecnologia, embora não tenha sido possível a individualização das árvores, com a desvantagem de tempo e capacidade de processamento das máquinas a realizarem o procedimento.

**Palavras-chave:** RPA, VANT, SIG, Sensoriamento Remoto, Árvores Urbanas.

### **ABSTRACT**

The urban afforestation in Brazil is a relatively new activity and several times still occurs without previous planning. Such lack of planning can cause damage environmental and urban development losses. An essential element of urban afforestation is to know the inventory of trees in a city, either by identifying its location or by counting its quantity. However, the current techniques easily found to perform such inventory use commercial *softwares*, which limits the feasibility of a study on urban afforestation in municipalities with lower resources available. From that, the present study is developed, creating a methodology for object-oriented classification using free *software* to identify trees on an image. The research compared the use of the methodology with the use of proprietary *software* and the data processing of the high-resolution image with a Landsat image. The results showed that it is possible the development of the methodology, although it was not possible to individualize the trees, with the disadvantage of the requiring from the machine more process capacity and time.

**Keywords:** RPA, GIS, Remote Sensing, Urban Trees.

## 1. INTRODUÇÃO

A vegetação nas cidades é tida como elemento essencial para regulação de processos ecológicos do ecossistema urbano. Ela proporciona maior infiltração da água da chuva, diminuição da poluição sonora e do ar, equilíbrio da umidade local e regula o microclima urbano. O verde urbano interfere diretamente na qualidade de vida dos seres por meio das funções sociais, ecológicas, estéticas e educativas, amenizando os impactos negativos da urbanização (SILVA, 2015).

A arborização urbana no Brasil é uma atividade relativamente nova e por diversas vezes ainda ocorre sem planejamento prévio. Isso acarreta prejuízos para o meio ambiente e para o desenvolvimento urbano. Para se conhecer a arborização urbana, é necessária à sua avaliação, o que depende da realização de inventário. Neste inventário são avaliados parâmetros como: localização da árvore (nome da rua, bairro, número da casa) e características do meio (largura de ruas e passeios, espaçamento do plantio, pavimentação dos passeios, presença de redes de serviços, afastamento predial, tipo de forração na área de crescimento) (Melo *et al.*, 2007).

O uso de ferramentas de sensoriamento remoto e de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) auxilia na gestão do verde urbano, de forma integrada com os tradicionais inventários. Essas técnicas possuem como vantagem a agilidade na obtenção de dados quando comparados às técnicas tradicionais de inventário. Ela permite também, identificar as árvores existentes dentro das casas, nos terrenos de particulares, fazendo com que os inventários sejam mais precisos e abrangentes.

A utilização de Aeronaves Remotamente Pilotadas (RPAs) no imageamento urbano é recente e traz consigo benefícios, (agilidade, alta resolução espacial) e novos problemas (quantidade elevada de objetos em uma cena e tamanho da imagem), o que torna as técnicas “tradicionais” de processamento de imagem insatisfatórias. Muitos autores utilizam a classificação orientada a objeto como um meio de reconhecimento das propriedades dos objetos nas cenas urbanas, como forma, textura, cor, contexto, etc.

Na área de geotecnologias existe grande potencial do uso de *softwares* livres, visto que o uso de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) comerciais é de alto custo para aquisição. A utilização de programas livres vem se mostrando crescente, principalmente pelo fator econômico e o acesso a tutoriais e manuais existentes na rede (MILARÉ *et al.* 2016).

Entretanto, são poucos os *softwares* livres que possuem algoritmos de classificação orientada a objeto que conseguem lidar com a elevada quantidade de dados de um levantamento de VANT (Teodoro e Araújo, 2015).

TEODORO e ARAÚJO (2015) avaliaram o desempenho de algoritmos de classificação orientada a objetos para classificação de dados de alta resolução espacial em zonas urbanas utilizando *softwares* livres. Os autores explanam que devido ao tamanho das imagens de alta resolução, é recomendado que sejam feitos testes em áreas menores, recomendação seguida no presente estudo. E a quantidade elevada de informação de uma imagem de alta resolução espacial é uma vantagem em trabalhos em que é necessário realizar uma discriminação mais precisa do uso do solo, o que é o caso dos inventários arbóreos.

O presente estudo visa analisar metodologias de emprego do geoprocessamento para suprir uma deficiência do monitoramento do espaço urbano. Serão comparados diferentes *softwares*, entre livres e um proprietário, a fim de se verificar quais ferramentas são mais eficientes na classificação orientada a objeto. Também será comparada a classificação utilizando a imagem de alta resolução com uma imagem Landsat. Para tanto, será utilizado como estudo de caso o Município de Paraíso das Águas, em Mato Grosso do Sul, local já imageado por RPAs e que pode, portanto, ser utilizado como exemplo.

## **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

### *Área de Estudo*

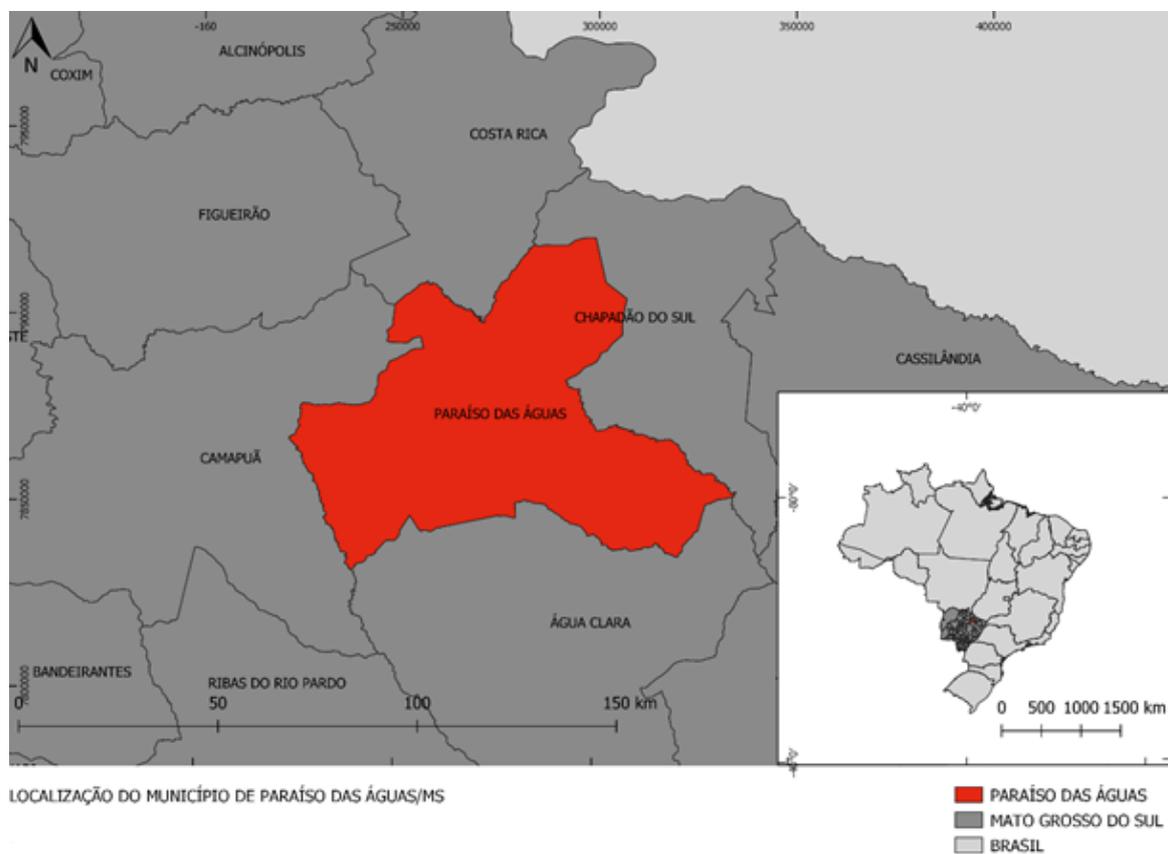
Paraíso das Águas (Figura 6) é um município brasileiro da região Centro-Oeste, situado no estado de Mato Grosso do Sul. Possui aproximadamente 5.033 km<sup>2</sup> e uma população estimada em 5.051 habitantes. Seu território abrange parte dos municípios de Água Clara, Costa Rica e Chapadão do Sul e sua economia baseia-se na agricultura e pecuária (IBGE, 2016).

Paraíso das Águas foi emancipado pelo governo estadual em 2003 após a realização de plebiscito entre os moradores das cidades de Água Clara, Costa Rica e Chapadão do Sul. A cidade de Água Clara recorreu da decisão do plebiscito, fazendo com que o processo de criação fosse suspenso na Justiça ficando em trâmite até o ano de 2009. Após ser declarada sua legitimidade, o TRE estipulou que no ano de 2012 fossem realizadas as eleições de prefeito e vereador para o município. Em decorrência destas eleições, Paraíso das Águas passou a existir oficialmente em 01/01/2013, tornando-se o mais novo município do Estado de Mato Grosso do Sul (IBGE, 2016).

A prefeitura de Paraíso das Águas, através da Secretaria Municipal de Planejamento e Fomento ao Desenvolvimento, firmou em 2013 parceria com a Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), com objetivo de elaborar estudos urbanos e ambientais para subsidiar programas de desenvolvimento e o crescimento da economia municipal. Um dos resultados da parceria foi a produção de imagens de alta resolução espacial, cedidas pela prefeitura e pela

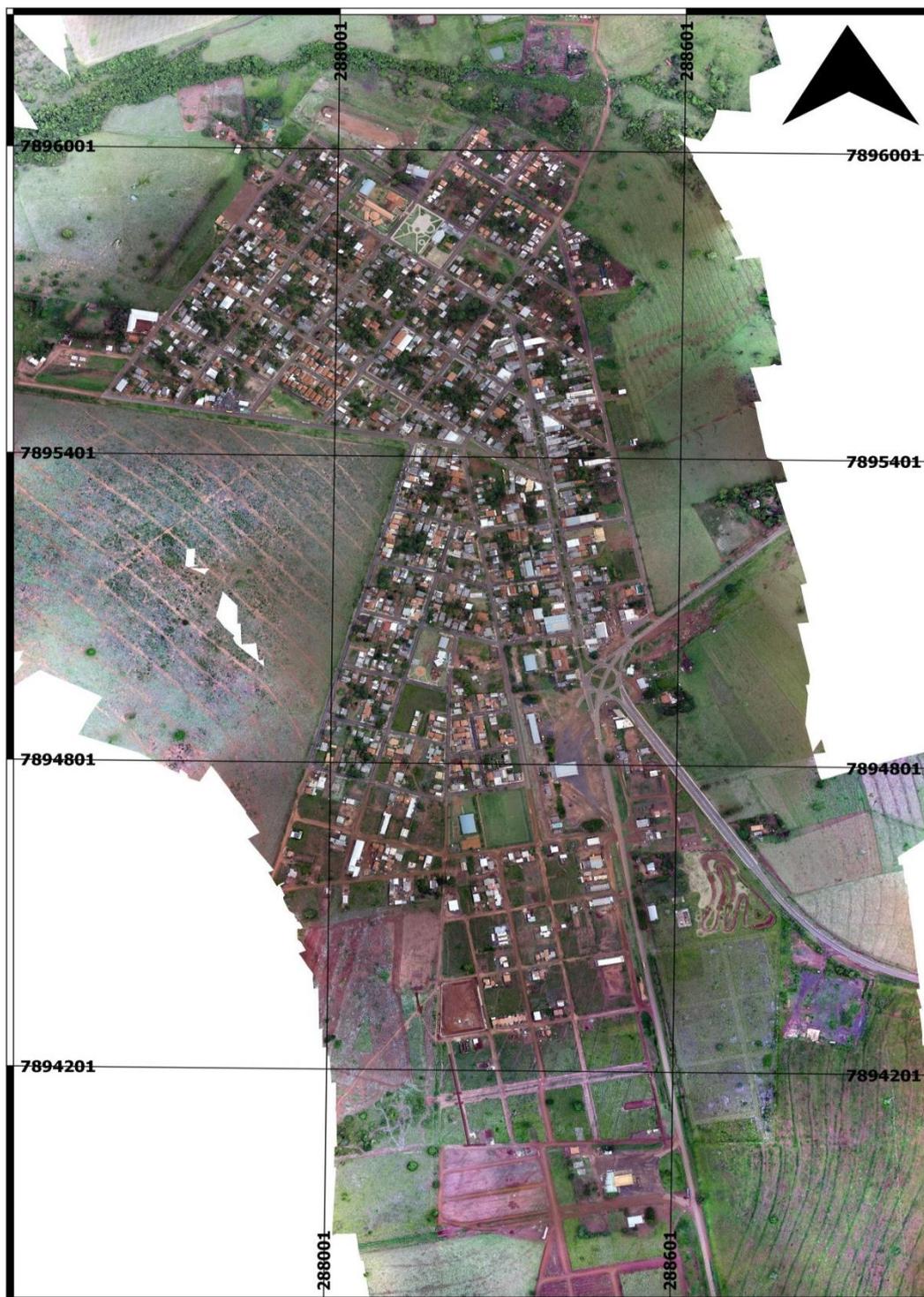
UFMS para realização deste estudo (Figura 7).

**Figura 6.** Mapa de localização do Município de Paraíso das Águas



Fonte: IBGE, 2018, projeção UTM SIRGAS 2000 22S

**Figura 7:** Imagem obtida através de RPA do município de Paraíso das Águas/MS



Fonte: NASCIMENTO (2017)

### *Processamento dos Dados*

Escolheu-se utilizar tanto imagens do satélite *Landsat* (órbita/ponto 224/073) como as imagens de alta resolução de RPA utilizadas no imageamento da área urbanizada do Município de Paraíso das Águas - MS, com aproximadamente 190 hectares. Essas imagens foram obtidas

pela Geógrafa Luana Nayara Nascimento durante a parceria entre o município e a UFMS. Ressalta-se que o Regulamento Brasileiro da Aviação Civil Especial - RBAC-E nº 94 aborda os requisitos gerais para a operação das aeronaves não tripuladas.

As imagens de alta resolução obtidas pelo RPA foram georreferenciadas e mosaicadas em 2016. A imagem final está no espectro do visível, possui resolução espacial de 4 centímetros e foi obtida através de voo realizado a 120 metros de altura.

Para a realização da classificação a imagem foi recortada e foram utilizadas duas diferentes quadras para os testes. A escolha das quadras baseou-se em quantidade de árvores observáveis para que fosse possível e fácil a verificação da metodologia. Estas quadras apresentaram uma maior estabilização da imagem, maior diversificação dos elementos e uma boa quantidade de árvores, sendo elas agrupadas e também isoladas. Além disso, foi considerado o tempo de processamento, menor em caso de análise de quadras individuais. As quadras possuem as seguintes localizações:

**Quadra 01**(Figura 8):

Norte: Rua Manoel Vicente de Souza

Sul: rua sem denominação;

Leste: MS-316;

Oeste: Valdeci Feltrim.

**Quadra 02** (Figura 9):

Norte José Almeida Sobrinho;

Sul: Rua Manoel Vicente de Souza

Leste: Antônio Dias da Rocha;

Oeste: Sebastiana Rodrigues Rezende.

**Figura 8:** Quadra 01 recortada para processamento, escolhida devido à cobertura arbórea. É possível observar as construções e as linhas de árvores em conjunto, bem como as árvores isoladas.



Fonte: NASCIMENTO (2017)

**Figura 9:** Quadra 02 recortada para processamento, escolhida devido ao espaçamento entre as árvores observadas.



Fonte: NASCIMENTO (2017)

As imagens obtidas através de aeronaves não tripuladas possuem alta resolução e são mais ricas em detalhes do que as imagens de satélite mais comumente utilizadas, como as imagens *Landsat*. Entretanto, acabam por ser imagens mais pesadas ( $1,5 \cdot 10^5$  KB) e que cobrem menor área. Para fins de comparação de tempo de processamento, foi realizada a classificação orientada a objeto na imagem Landsat recortada para a extensão de toda a área urbana do município estudado. Na Tabela 7, é possível observar as principais diferenças entre ambas as imagens.

**Tabela 7:** Informações sobre as imagens Landsat, a ortofoto inteira e as quadras recortadas para processamento.

<b>Dados</b>	<i>RPA</i>	<i>Landsat</i>	<i>Quadra 01</i>	<i>Quadra 02</i>
<b>Resolução Espacial</b>	0,04m	30m	0,04m	0,04m
<b>Comprimento</b>	$2,1 \cdot 10^3$ m	$2,2 \cdot 10^3$ m	$2,4 \cdot 10^2$ m	$2,4 \cdot 10^2$ m
<b>Largura</b>	$3,8 \cdot 10^3$ m	$4 \cdot 10^3$ m	$1,25 \cdot 10^2$ m	$1,26 \cdot 10^2$ m
<b>Pixels</b>	$1,9 \cdot 10^{10}$	$2,9 \cdot 10^5$	$7,4 \cdot 10^7$	$7,4 \cdot 10^7$
<b>Tamanho da Imagem</b>	$1,5 \cdot 10^5$ KB	$2,6 \cdot 10^2$ KB	$1,6 \cdot 10^4$ KB	$1,6 \cdot 10^4$ KB
<b>Área Coberta</b>	$7 \cdot 10^6$ m <sup>2</sup>	$8,8 \cdot 10^6$ m <sup>2</sup>	$2,9 \cdot 10^4$ m <sup>2</sup>	$3 \cdot 10^4$ m <sup>2</sup>

A classificação orientada a objetos propõe um esquema de reconhecimento de padrões de objetos em processamento digital de imagens (COUTINHO, 2006). Dentre os *softwares* que possuem métodos OBIA, os proprietários são os mais populares e mais usados em trabalhos científicos, muito devido aos seus algoritmos estarem bem testados e serem altamente eficientes (Teodoro e Araújo, 2015). No entanto, esta pesquisa visa testar alguns dos *softwares Open Source* existentes, tendo sido selecionados os seguintes:

OTB/Monteverdi: O Orfeo ToolBox (OTB) é um projeto de código aberto para sensoriamento remoto de última geração (ORFEO Toolbox, 2018). Realiza processamentos em imagens de alta resolução, principalmente em relação a classificações automáticas. Possui tanto um *software* próprio, onde seus algoritmos podem ser processados, quanto pode ser utilizado como um *plugin* do QGIS.

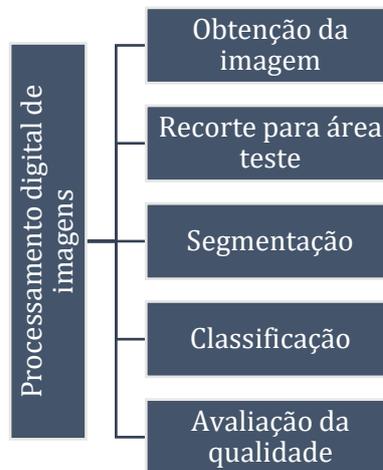
QGIS: em suas diversas versões; é *software* livre de código aberto desenvolvido pelo projeto oficial Open Source Geospatial Foundation (OSGeo) (QGis, 2018). Trata-se de um Sistema de Informações Geográficas (SIG) que analisa, manipula e altera imagens e dados

geográficos.

GRASS GIS: é um Sistema de Suporte à Análise de Recursos Geográficos, é de código aberto usado para gerenciamento e análise de dados geoespaciais. É um membro fundador da Open Source Geospatial Foundation (OSGeo) (GRASS GIS, 2018).

A metodologia desenvolvida neste trabalho (Figura 10) é apresentada desde a obtenção de imagens, a recomendação de TEODORO & ARAUJO (2015) sobre a realização de testes em áreas menores, até a classificação final e a verificação do resultado. Para todos os testes, a fase de Obtenção de Imagens e de Recorte para área teste mantiveram-se as mesmas.

**Figura 10.** Fluxograma das etapas metodológicas para o processamento das imagens



Fonte: autoria própria (2019)

A fase de segmentação é parte fundamental, realizada antes da classificação em si. Trata-se da vetorização da imagem, em busca de identificar os diferentes objetos contidos na imagem. A imagem segmentada pode, de forma opcional, passar por um processo de suavização, que une aqueles objetos com maior semelhança entre si.

Por fim, vem a parte de classificação. No geral, são colhidas amostras de classe, por tratar-se de classificação supervisionada. No caso das imagens de estudo, foram criadas as classes: Árvores, Asfalto, Casas, Solo. O processo de classificação compara, então, tanto os valores de pixels da imagem, quanto a proximidade dos objetos criados no processo de segmentação.

Para verificação da metodologia, foi ainda realizado o processo completo de classificação orientada a objeto em um *software* proprietário, o programa Ecognition™ (Trimble, 2019), na versão *trial*, que realiza todos os processos de classificação apenas para visualização, sem a geração de imagem final, que possa ser analisada.

Ao final, a metodologia que forneceu resultados satisfatórios combinou os programas QGIS e Monteverdi para a classificação orientada a objeto.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Diferentes metodologias e programas foram testados, entretanto, apenas uma gerou resultados satisfatórios e está, portanto, aqui descrita.

A principal limitação encontrada foi a falta de programas amplamente conhecidos que realizassem a operação e fossem livres. O *software* QGIS, um dos mais comentados e difundido entre pesquisadores que trabalhem com Sistemas de Informações Geográficas não possui as ferramentas necessárias para a execução do processo em sua versão inicial, obtida diretamente do endereço eletrônico da equipe de desenvolvimento. São necessários diferentes *plugins*, extensões que adicionam funções e recursos para que seja possível o procedimento.

Os *plugins* e extensões disponíveis são inúmeros, entretanto, durante a pesquisa foi visível a falta de informações sobre quais podem ser utilizados e como utilizar. O pouco de informação encontrada não vem de artigos ou endereços eletrônicos oficiais, mas sim de comunidades informais, grupos em mídias sociais, onde não há informações sobre correta utilização das metodologias e validação de seus resultados. Muitos foram, portanto, nem considerados para utilização.

No caso do *software* Monteverdi, outras barreiras também foram encontradas. Uma das principais vantagens desse programa em relação a semelhantes que sejam proprietários é a alta possibilidade de adequação de parâmetros e personalização de resultados de acordo com as necessidades dos pesquisadores. Entretanto, essa vantagem também demonstra ser a própria desvantagem do programa.

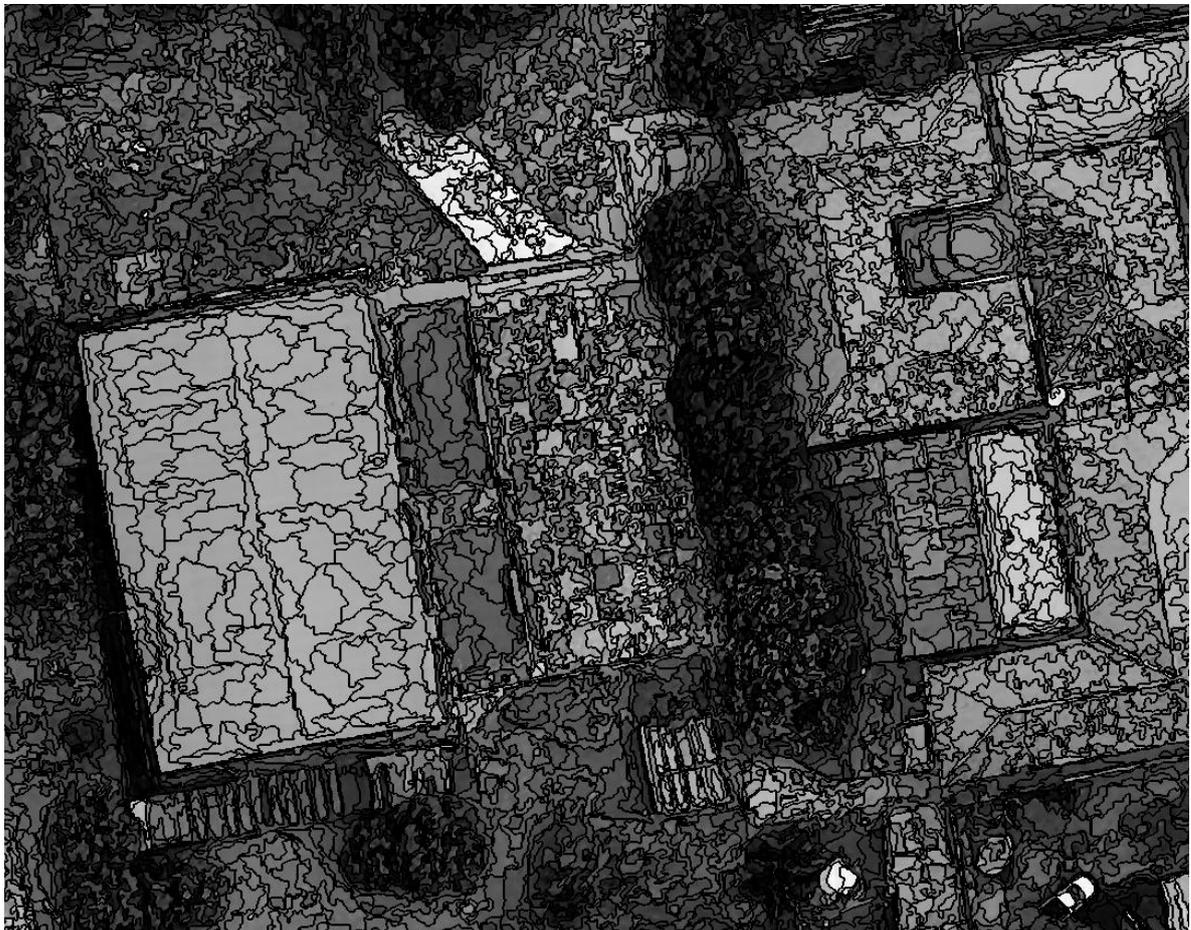
Por conta da existência de inúmeros parâmetros a serem ajustados para produção de resultados, os resultados gerados podem variar muito entre si, necessitando a realização de diversos testes até a produção de resultados satisfatórios. O tempo de processamento para a realização desses testes foi o principal motivo para a tomada de decisão de recortar a imagem a ser analisada em duas quadras a serem estudadas.

Além disso, tantos os poucos manuais que existem a respeito do *software* quanto os artigos científicos publicados utilizando o programa não exemplificam os resultados a serem gerados de acordo com a escolha de parâmetros, cabendo a cada pesquisador, ao realizar nova pesquisa, dedicar parte de seu tempo na realização dos testes e processamentos desses.

### Segmentação

Para que seja possível avaliar a eficiência dos *softwares* livres na classificação orientada a objeto uma classificação utilizando o programa proprietário Ecognition foi realizada (Figura 11) utilizando uma das quadras analisadas. A classificação foi feita com a versão gratuita do programa, que possui algumas limitações de processamento e exportação de resultado final. No *software* proprietário, a segmentação não produz um resultado por si, não sendo possível exportar a imagem segmentada.

**Figura 11:** Segmentação realizado no *software* Ecognition, que encontra inúmeros objetos pequenos que, após a classificação, os unirá, formando uma feição para cada classe encontrada.



A segmentação foi realizada no *software* Monteverdi, a partir da linguagem C++, (Figura 12 e Figura 13). Primeiramente, como etapa facultativa, é possível suavizar a imagem que será analisada, o que foi realizado para ambas as quadras analisadas. A suavização é feita através da ferramenta *Smoothing*. A imagem suavizada é, então, segmentada, através da ferramenta *LSMSSegmentation*. A segmentação gera dois diferentes resultados. Primeiramente, uma imagem *raster*, que, para que seja realizada a classificação, precisa ser vetorizada através

da *LSMSVectorization*. O vetor é, portanto, o segundo resultado gerado nessa fase. Uma última etapa, também opcional, permite a junção das feições geradas na vetorização em uma única feição por classe. O mesmo processo também é feito no *software* proprietário, porém em etapa posterior à classificação. Neste estudo de caso, essa etapa foi realizada, pois na vetorização mais de 30 mil feições eram geradas, com problemas de geometria e tamanho.

É importante ressaltar que as etapas realizadas durante a segmentação dependem de o pesquisador fornecer diversos parâmetros, como tamanho mínimo de pixel, quantidade de pixel em cada feição a ser gerada no vetor, extensão da imagem a ser gerada. O resultado que forneceu os melhores resultados, com menor tempo hábil foram os padrões do próprio programa, sem personalização por parte do pesquisador. A imagem *raster* gerada foi no formato *tif* e o vetor no formato *shapefile*.

No *software* QGIS, a segmentação não pode ser realizada sem a utilização de extensões adicionais. Há o plugin OTB, que utiliza os mesmos algoritmos que o *software* Monteverdi, e realiza a vetorização da mesma maneira que o Monteverdi, mas dentro do QGIS.

**Figura 12:** Segmentação realizada no *software* Monteverdi da quadra 01. Observa-se uma boa separação dos objetos, entretanto, nos locais em que há muitas árvores juntas, o *software* não diferencia os objetos presentes.



**Figura 13:** Segmentação realizada no *software* Monteverdi da quadra 02. Também há uma boa separação dos objetos, com os mesmos problemas da quadra 01.



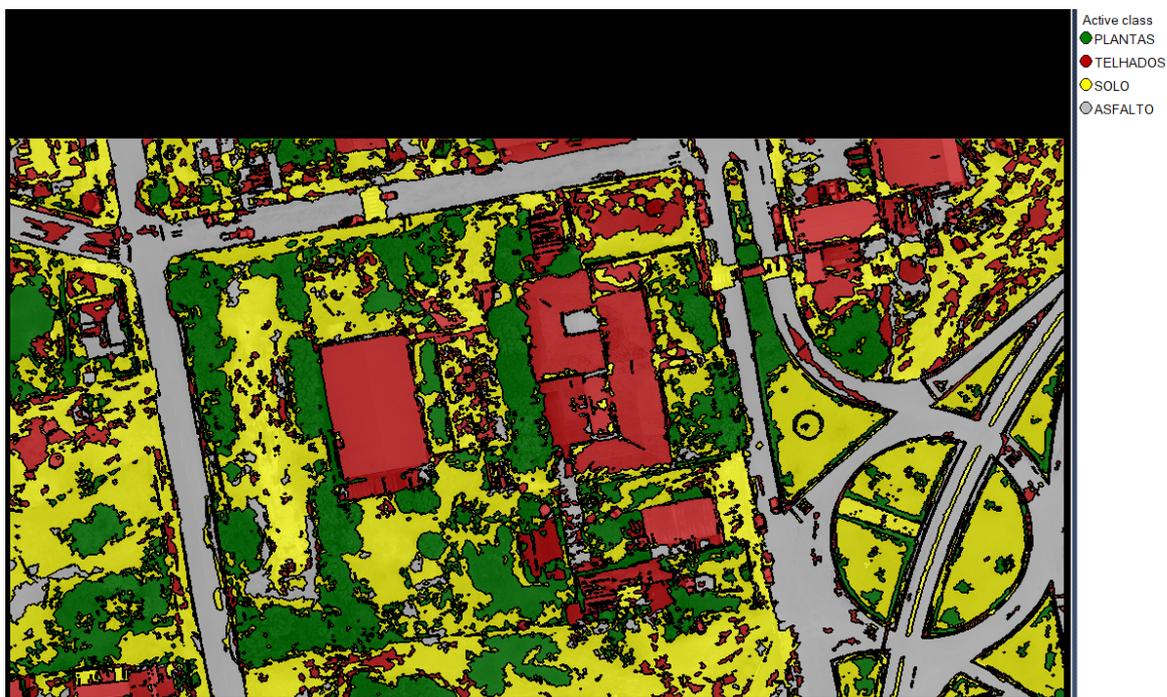
A segmentação gerada em ambas as quadras conseguiu separar de maneira satisfatória os diferentes objetos da imagem. Entretanto, não soube separar conjuntos de árvores que estavam muito próximas. Um ponto positivo que vale ser destacado é a separação entre árvores e outros objetos semelhantes, como jardins e grama. Por conta da fase opcional de reunir feições próximas, há uma diferença visível entre essa fase realizada no Monteverdi e no programa proprietário. A vantagem do programa livre é a possível exportação da segmentação como resultado, ao contrário do *software* proprietário que trata a segmentação como apenas parte do processo, não gerando imagem. A desvantagem apresenta-se no tempo de processamento e na necessidade de realização de múltiplos testes até alcançar um resultado satisfatório com relação a personalização de parâmetros.

### *Classificação*

Após o processo de segmentação, vem a classificação em si. Trata-se de atribuir os valores de classe a cada feição criada durante a segmentação. Assim como na fase de

segmentação, primeiramente foi realizado o processo em *software* proprietário para comparação (Figura 14). O resultado foi rápido e satisfatório, entretanto, seria necessária a realização de certas correções, principalmente em objetos menores, que foram erroneamente classificados. Alguns locais no asfalto foram considerados como solo e alguns de solo foram considerados como plantas.

**Figura 14:** Classificação realizada no Ecognition, utilizando a imagem da quadra 01. Apesar do rápido processamento e resultado, seria necessário a realização de correções manuais para alterar a classe de alguns objetos, como alguns pequenos pontos de grama que foram considerados árvores.



Apesar de o *software* Monteverdi permitir a realização da classificação, optou-se por realizar esse processo dentro do QGIS, a partir da linguagem python, que apresentou melhores resultados e mostrou-se de mais fácil utilização para o usuário.

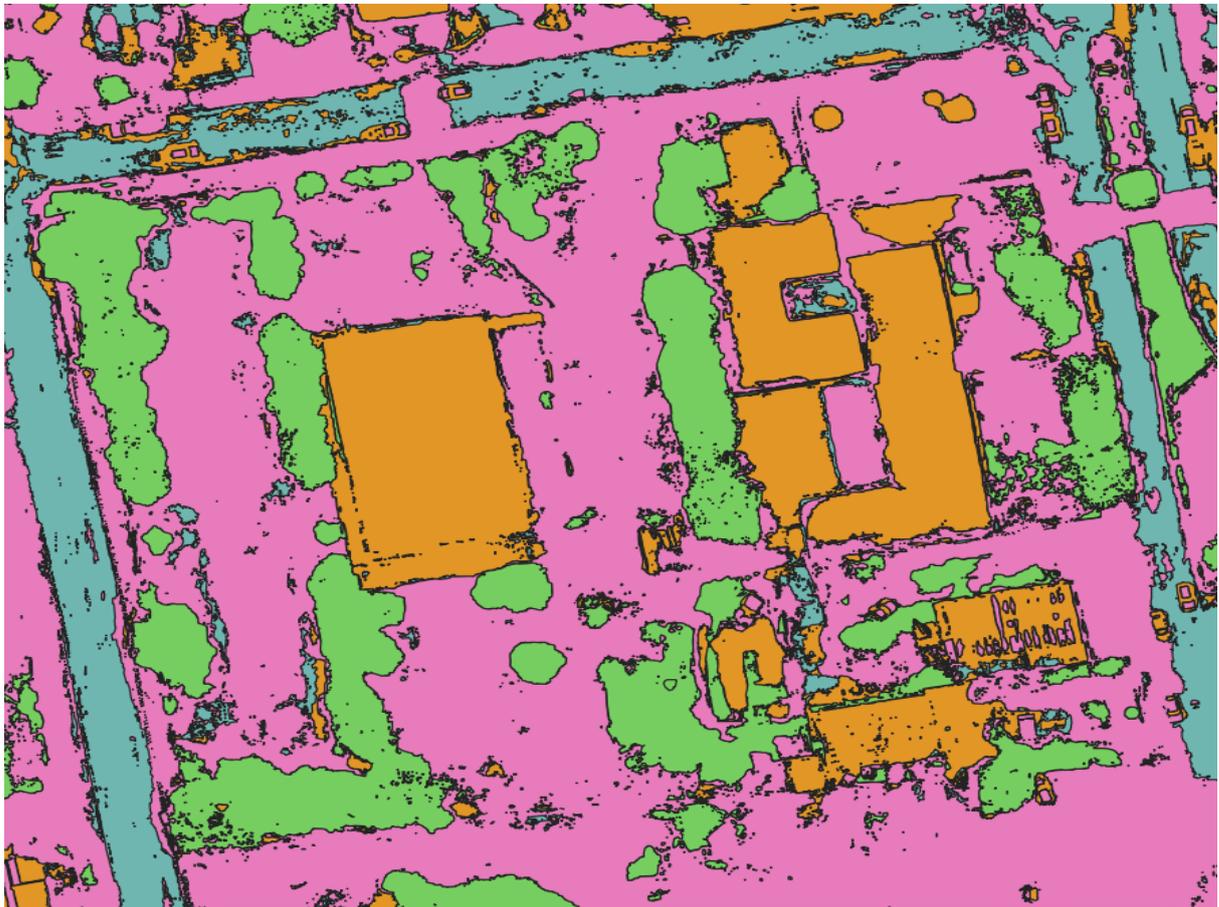
Para a classificação orientada a objeto no QGIS são necessários, primeiramente, a criação de dois produtos antes de sua execução: uma classificação supervisionada considerando apenas valores de pixel e uma grade regular de pontos que abrange toda a extensão da imagem a ser analisada. Tais produtos foram gerados com o auxílio de diferentes *plugins*.

O *plugin* Dzetsaka realiza classificação utilizando um vetor de amostras e comparando com a técnica de vizinho mais próximo. Trata-se da classificação supervisionada clássica, em que o operador coleta algumas amostras de pixels e o restante da imagem é automaticamente classificado por semelhança.

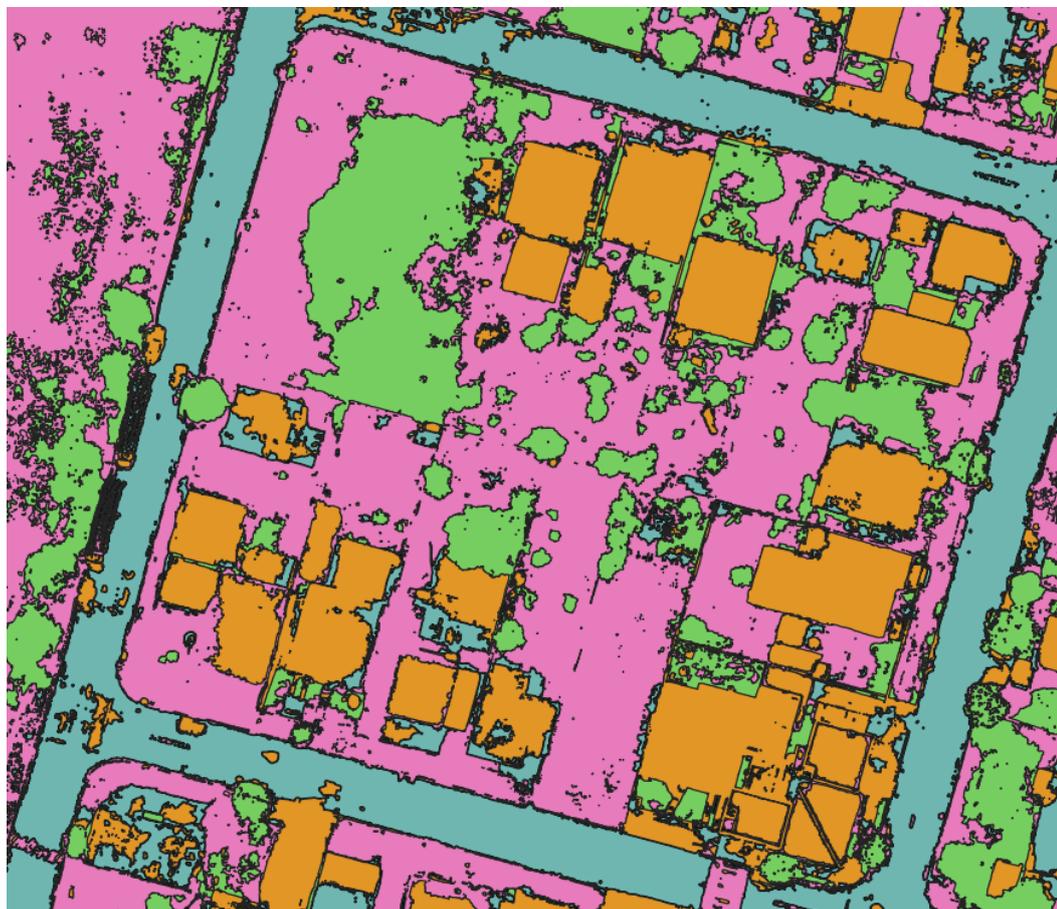
A grade pode ser criada utilizando o comando Pontos Regulares, do QGIS. Basta determinar o espaçamento mais adequado entre um ponto e outro, não devendo ser superior a resolução espacial da imagem.

Com esses dois produtos desenvolvidos, utiliza-se a seguir o *plugin* Point Sampling Tool, que irá atribuir os valores de classe para a rede regular de pontos utilizando a classificação supervisionada. Por fim, através da ferramenta do QGIS Atribuir Valores pela Localização, os vetores da fase de segmentação receberão o valor de classe de acordo com os pontos de amostra que estejam dentro de sua área e a imagem classificada é gerada (Figura 15 e Figura16).

**Figura 15:** Classificação quadra 01 em que verde: árvores; laranja: telhados; rosa: solo; azul: asfalto. Observa-se uma boa separação das plantas com o restante das classes, embora não tenha sido possível a individualização das árvores.



**Figura 16:** Classificação quadra 02 em que verde: árvores; laranja: telhados; rosa: solo; azul: asfalto. No caso de árvores individuais, o objeto gerado foi menor que a árvore em si, mas foi identificada. O mesmo problema que a quadra anterior, os conjuntos de árvores não puderam ser individualizados.



As imagens classificadas através da metodologia em *software* livre mostram-se de qualidade. Entretanto, não foi possível fazer a criação de vetores e feições que individualizassem cada árvore. O mesmo problema foi verificado no programa proprietário.

A principal vantagem da metodologia desenvolvida está relacionada aos custos, uma vez que não há necessidade de compra de *software* para geração dos produtos e as imagens criadas caem sob a licença dos *softwares* livres, podendo ser amplamente utilizadas, alteradas e distribuídas. A desvantagem está relacionada a tempo de processamento e na necessidade de mais alta qualificação técnica para realização das etapas, visto o nível de personalização de parâmetros, que podem gerar tanto resultados mais simples como mais complexos.

Teruya *et al.* (2016) também identificaram que mesmo com o avanço das geotecnologias, a correta discriminação de todas as feições de interesse em um nível mais detalhado, como a contagem de árvores, ainda possui limitações, tanto na fase de segmentação quanto na fase de classificação da imagem.

### *Tempo de Processamento*

Um dos principais pontos observados que pesou negativamente no processamento das imagens no *software* livre foi o tempo de processamento, quando comparado a um *software* proprietário. Isso se deve a dois principais fatores: o tamanho da imagem, que aumenta o tempo de processamento em ambos os programas, e o algoritmo do programa. Ressalta-se que todos os processamentos foram realizados em um computador Intel® Core™ i7, 1TB SSD, 16GB RAM.

Durante a fase de segmentação, a ortofoto foi processada em *software* proprietário pelo período de 5 segundos. O processo no programa livre demorou 05 minutos, em média. A utilização de uma imagem *Landsat*, recortada para a área urbana do município estudado, para comparação de tempo demorou apenas 10 segundos no programa livre.

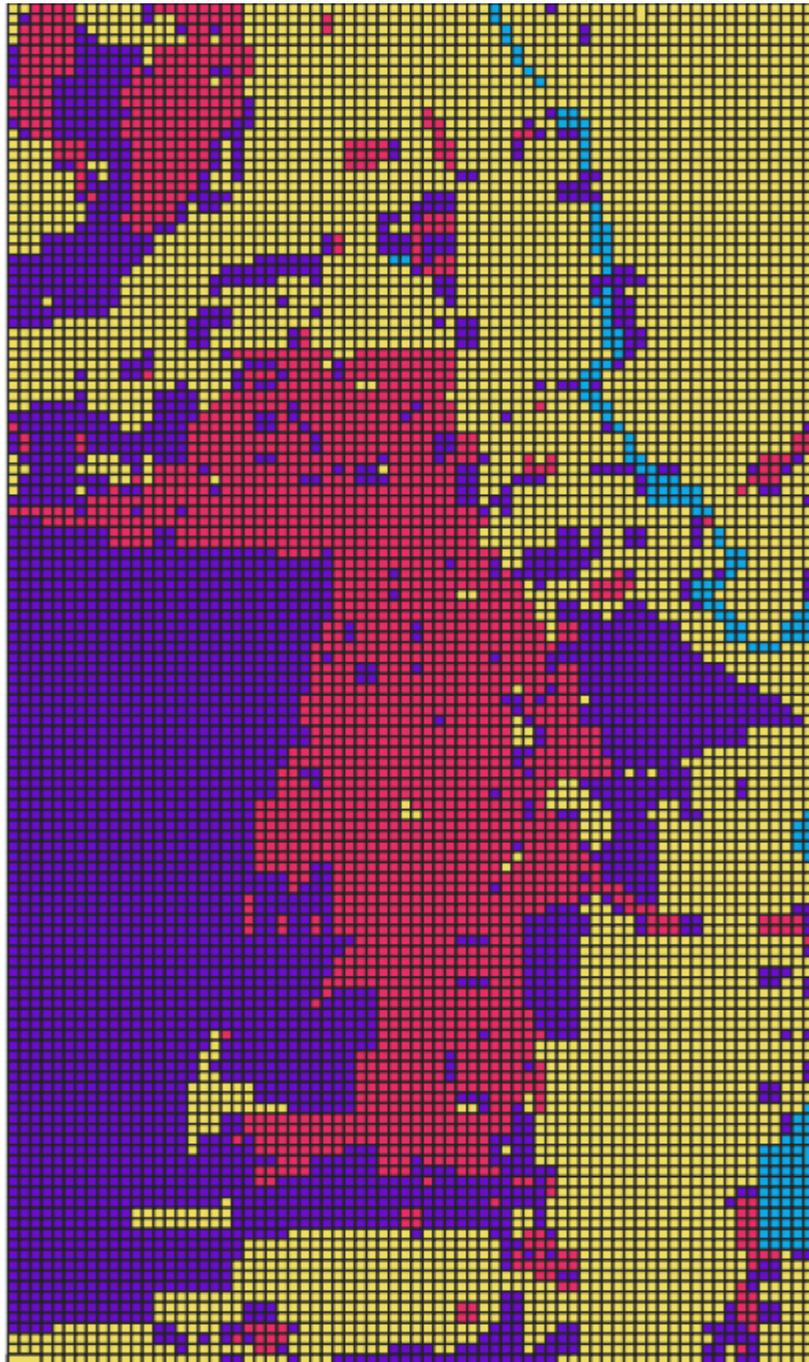
Na fase de classificação, ignorando-se os processos manuais de criação de classes, o processamento levou também 05 segundos no programa proprietário. No *software* livre, entre 7 e 9 horas a foto e cerca de 01 hora a imagem *Landsat* para comparação (Tabela 8).

**Tabela 8:** Comparativo do tempo de processamento das imagens RPA e *Landsat* nos Softwares livres e proprietários.

Tempo de Processamento	QGIS e Monteverdi (imagem RPA)	Ecognition (imagem RPA)	QGIS e Monteverdi (imagem <i>Landsat</i> )
Segmentação	05 minutos	05 segundos	10 segundos
Classificação	08 horas	05 segundos	01 hora

Um detalhe importante é que a utilização da imagem *Landsat* foi apenas para verificação do tempo, para comparar como o tamanho e a quantidade de informações na imagem poderiam alterar o resultado final e o tempo de processamento. O resultado de classificação que a imagem gerou não foi satisfatório para ser utilizado, por conta, principalmente, de sua resolução espacial de 30 metros, em que não é possível a visualização de nenhuma árvore. Além disso, o programa não conseguiu separar adequadamente nenhum objeto na imagem *Landsat* e gerou apenas quadrados na fase de segmentação (Figura 17).

**Figura 17:** Classificação utilizando uma imagem *Landsat*.



#### **4. CONCLUSÕES**

Conclui-se a partir do presente estudo que é possível a determinação de metodologia de classificação orientada a objeto utilizando apenas *softwares* livres. O resultado obtido não perde em qualidade quando comparado ao resultado obtido com programa proprietário. Entretanto, ainda é preciso desenvolver e aprimorar melhor a metodologia para que seja possível realizar a contagem de árvores, uma vez que as árvores muito próximas são contadas como uma única feição.

Apesar da ferramenta não ser capaz de individualizar as árvores, como era o objetivo

da pesquisa, ainda é possível utilizar os resultados da classificação orientada para obter a área de dossel em um ambiente urbano. Este estudo seria útil para análises que tenham como parâmetro a cobertura arbórea.

Os programas livres apresentaram tanto vantagens quanto desvantagens quando em comparação com os proprietários.

Vantagens: Gratuidade; capacidade de criação de resultados desde mais simples até mais complexos pela personalização de parâmetros; exportação da imagem segmentada como um produto separado e que pode ser utilizado e analisado.

Desvantagens: Necessidade de capacitação técnica para sua utilização; tempo de processamento.

Conclui-se que a escolha da utilização de *softwares* livres ou proprietários depende das prioridades de pesquisadores, empresas ou prestadores de serviços no geral. A utilização de *software* proprietário demanda investimento inicial maior, mas permite a realização de maior quantidade de processamentos e de menor investimento em capacitação técnica de profissionais, podendo estar mais alinhados com empresas de grande porte. Já os *softwares* livres encaixam-se melhor na realidade de pesquisadores desenvolvendo projetos de pesquisa que envolvem equipes especializadas e cujo objetivo não seja a produção em massa de produtos, mas sim um estudo mais aprofundado, uma vez que permite maior personalização dos procedimentos e não possui custo de aquisição do programa.

Espera-se que esse trabalho permita que novos estudos sejam realizados, para que cada vez mais os pesquisadores não dependam de programas pagos para realizarem suas pesquisas. É importante salientar que, cada vez mais, a comunidade científica busca maneiras de simplificar o acesso ao conhecimento, seja distribuindo gratuitamente produtos e métodos ou desenvolvendo maneiras cada vez mais fáceis de utilização de ferramentas, antes possíveis apenas em laboratórios e supercomputadores.

## 2. CONCLUSÕES GERAIS

A análise bibliométrica identificou que a utilização de Sistemas de Informações Geográficas como um meio gratuito e de código aberto, em relação aos temas estudados foi baixa no período, porém demonstrando crescimento gradual.

O planejamento da arborização urbana aliado à correta aplicação do sensoriamento remoto poderá fornecer suporte para o planejamento da paisagem, de forma a otimizar a os recursos naturais de maneira eficiente e satisfatória,

O uso de *softwares* livres apresentou vantagens e desvantagens em relação aos *softwares* proprietários, como a exportação da imagem segmentada como um produto separado e o tempo de processamento das imagens, respectivamente.

As imagens de alta resolução trazem um nível de detalhamento que permite o estudo aprofundado do ambiente urbano. Porém quanto mais riqueza em detalhes tem uma imagem, maior é o seu tamanho,  $1,5 \cdot 10^5$  KB. A utilização dessas imagens tidas como “pesadas” no emprego de *softwares* livres, acaba exigindo a utilização de supercomputadores e de longas horas de trabalho. O que financeiramente pode-se tornar inviável, mesmo que usando um SIG gratuito.

A classificação orientada a objeto mostrou-se capaz de identificar e distinguir diversos elementos na cena urbana, porém aprimoramentos na metodologia são necessários, principalmente quando se trata de individualizar e contar de árvores urbanas.

Apesar da ferramenta não ser capaz de individualizar as árvores, como era o objetivo inicial da pesquisa, ainda é possível utilizar os resultados da classificação orientada para obter a área de dossel em um ambiente urbano. Este estudo seria útil para análises que tenham como parâmetro a cobertura arbórea e produtos derivados, como o potencial de sombreamento e potencial de evapotranspiração.

Este estudo permitiu enxergamos uma gama de novos gargalos e oportunidades de pesquisa relacionados ao tema de contagem de árvores urbanas aliados à utilização de SIG's como *softwares* livres, visto que é um tema pouco explorado no mundo acadêmico.

### 3. REFERÊNCIAS

AGARWAL, S., VAILSHERY L. S., JAGANMOHAN M., NAGENDRA , H. "Mapping Urban Tree Species Using Very High-Resolution Satellite Imagery: Comparing Pixel-Based and Object-Based Approaches." **Isprs International Journal of Geo-Information**, v. 2, n.1, p. 220-236. 2013. 2(1): 220-236.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. **Regulamento Brasileiro da Aviação Civil Especial - RBAC-E nº 94.** Disponível em: [http://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/rbha-e-rbac/rbac/rbac-e-94-emd-00/@@display-file/arquivo\\_norma/RBACE94EMD00.pdf](http://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/rbha-e-rbac/rbac/rbac-e-94-emd-00/@@display-file/arquivo_norma/RBACE94EMD00.pdf). Acesso em: 10 de julho de 2017.

ANTUNES, A. F. B. **Classificação de ambiente ciliar baseada em orientação a objeto em imagens de alta resolução espacial.** 2003. 147f. Tese (Doutorado em Ciências Geodésicas) - Universidade Federal do Paraná, UFPR, Curitiba, 2003.

ARAÚJO, E. H. G. **Análise multi-temporal de cenas do satélite Quickbird usando um novo paradigma de classificação de imagens e inferências espaciais: estudo de caso Belo Horizonte (MG).** 2006. 159 p. INPE-13956-TDI/1062. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto). INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2006.

BAATZ, M, SCHÄPE, A. **Mutiresolution segmentation: an optimization approach for high quality multiscale image segmentation.** München. Disponível em: <[http://www.ecognition.com/sites/default/files/405\\_baatz\\_fp\\_12.pdf](http://www.ecognition.com/sites/default/files/405_baatz_fp_12.pdf)>. Acesso em: 28 de maio de 2017.

BARBOSA, A. F.; OLIVEIRA, E. F.; MIOTO, C. L.; PARANHOS FILHO, A. C. Aplicação da Equação Universal de Perda do Solo (USLE) em *Softwares Livres e Gratuitos*. **Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ**. ISSN 0101-9759 e-ISSN 1982-3908 - Vol. 38 - 1 / 2015 p. 170-179.

BOBROWSKI, R. **Estrutura e dinâmica da arborização de ruas de Curitiba, Paraná, no período 1984-2010.** 144 pag. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Curitiba. 2011.

BOBROWSKI, R.; BIONDI, D. Distribuição e dinâmica da área de copa na arborização de ruas de Curitiba, Paraná, Brasil, no período de 1984-2010. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 36, n. 4, p. 625-635, 2012. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-67622012000400005&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-67622012000400005&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 02 de agosto de 2017.

CAMILO, C. O.; SILVA, J. C. da. **Mineração de dados: Conceitos, tarefas, métodos e ferramentas.** Universidade Federal de Goiás (UFG), p. 1-29, 2009.

CAMPOS, S., PISSARRA, T. C. T., CAMPOS, M. Geotecnologia aplicada no planejamento ambiental de bacias. Tupã: **ANAP**, 2015.

CHELOTTI, G. B. Mapeamento de Uso do Solo da Bacia Hidrográfica do Alto Descoberto, no Distrito Federal, por meio de Classificação Orientada a Objetos com base em Imagem do Satélite LANDSAT 8 e *Softwares Livres*. **REVISTA BRASILEIRA DE GEOMÁTICA**, v. 5, p. 172-185, 2017.

COUTINHO, A. D. S. **Classificação Orientada a objeto para identificação de áreas urbanas propícias a transmissão da leptospirose.** Dissertação de mestrado. Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro/RJ 2006.

DENG, S., KATOH M., GUAN, Q., YIN, N., LI, M., "Interpretation of Forest Resources at the Individual Tree Level at Purple Mountain, Nanjing City, China, Using WorldView-2 Imagery by Combining GPS, RS and GIS Technologies." **Remote Sensing**. v. 6, n. 1, p. 6(1): 87-110. 2014.

DUTRA, E. P.; GUIMARÃES, A. M. Uso de VANTs na agricultura - obtenção e tratamento de dados. In: X Congresso Brasileiro de Agro informática - X SBIAGRO, 2015, Ponta Grossa. **Anais**.X Congresso Brasileiro de Agro informática, 2015. v. 1. 2015.

FERNANDES, S. C. **Avaliação de imagens de satélite de alta e muito alta resolução espacial para a discriminação de classes de uso e ocupação do solo: aplicação ao caso da sub-bacia do córrego capão comprido no Distrito Federal.** Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental) – UNB, Brasília, 2005.

GRASS GIS. **About us. About the GRASS Development Team.** Disponível em:<<https://grass.osgeo.org/home/about-us/>>. Acesso em: 10 de maio de 2018.

GREGORY, G., PRETTO, F. Mineração de Dados para Descoberta de Conhecimento em Dados de Promoção a Saúde. Revista Destaques Acadêmicos, v.8, n.4, **Univates**, Lajeado, Rio Grande do Sul. (2016).

GUERRA-HERNANDEZ, J., GONZÁLEZ-FERREIRO E., SARMENTO A., SILVA J., NUNES A., CORREIA, A. C., FONTES, L., TOMÉ, M., DÍAZ-VARELA, R. "Using high resolution UAV imagery to estimate tree variables in Pinus pinea plantation in Portugal." **Forest Systems** v. 25, n. (2). 2016.

HEXSEL, Roberto A. **Software Livre: Propostas de Ações de Governo para Incentivar o Uso de Software Livre.** Curitiba, 2002. Disponível em: <[http://www.inf.ufpr.br/pos/techreport/RT\\_DINF004\\_2002.pdf](http://www.inf.ufpr.br/pos/techreport/RT_DINF004_2002.pdf)>. Acesso em: 19 de dezembro de 2017.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **IBGE Cidades.** Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=500627&search=||infoogr%E1ficos:-informa%E7%F5es-completas>>. Acesso em: 25 de maio de 2017.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **IBGE Cidades.** Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/painel/historico.php?lang=&codmun=500627&search=mato-grosso-do-sullparaiso-das-%C3%81guas|infograficos:-historico>>. Acesso em: 25 de maio de 2017.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **IBGE Cidades.** Área territorial: Área territorial brasileira. Rio de Janeiro: IBGE, 2018. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ms/paraiso-das-aguas.html?>>. Acesso em: 10 de maio de 2019.

LIMA, R. A. de;VELHO, L. M. L. S., FARIA, L. I. L. de. Delimitação de uma área multidisciplinar para análise bibliométrica de produção científica: o caso da Bioprospecção.

**Transinformação [online]**. 2007, vol.19, n.2, pp.153-168. ISSN 2318-0889. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-37862007000200006>>. Acesso em: 10 de dezembro de 2017.

LOPES, S., COSTA, M. T., FERNÁNDEZ-LLIMÓS, F., AMANTE, M. J., LOPES, P. F. A. Bibliometria e a Avaliação da Produção Científica: indicadores e ferramentas. In **Actas do congresso Nacional de bibliotecários, arquivistas e documentalistas** (No. 11). 2012.

MELO, R. R. de, LIRA FILHO, J. A., RODOLFO JÚNIOR, F. Diagnóstico Qualitativo e Quantitativo da Arborização Urbana no Bairro Bivar Olinto, Patos, Paraíba. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Volume 2, Número 1, 2007.

MICROSOFT. Office Excel for Windows 10. Microsoft Corporation, 2016.

MILARÉ, G., SILVA, N. M., PARANHOS FILHO, A. C. Cenário do Uso de *Software* Livre em Sistemas de Informações Geográficas (SIG) no Brasil. **Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ**. ISSN 0101-9759 e-ISSN 1982-3908 - Vol. 39 - 3 / 2016 p. 111-115.

NASCIMENTO, L. N. **Veículos Aéreos Não Tripulados em Áreas Urbanizadas**. Trabalho de Conclusão de Curso. UFMS. Graduação em Março de 2017.

OLIVEIRA, L. R.; SANT'ANA, D.M.G.;MIRANDA NETO, HUBNER, M. de. Análise Bibliométrica de Artigos Publicados na Scielo Sobre o Tema Cronobiologia e Depressão Sazonal. **Arquivos do Mudi**, v. 19, p. 18-22-22, 2015.

ORFEO ToolBox. **Open Source processing of remote sensing images**. Disponível em:<<https://www.orfeo-toolbox.org/>>. Acesso em: 10 de maio de 2018.

Paraíso das Águas (MS). **Prefeitura**. 2017. Disponível em: <<http://paraisodasaguas.ms.gov.br/pagina/historia>>. Acesso em: 03 de maio de 2017.

PERSSON, O.; DANELL, R.; SCHNEIDER, J. W.. How to use Bibexcel for various types of bibliometric analysis. In **Celebrating scholarly communication studies: A Festschrift for Olle Persson at his 60th Birthday**, ed. F. Åström, R. Danell, B. Larsen, J. Schneider. Leuven, Belgium: International Society for Scientometrics and Informetrics. p 9–24 2009.

QGIS. **The Leading Open Source Desktop GIS**. Disponível em: <<https://qgis.org/en/site/about/index.html>>. Acesso em: 10 de maio de 2018.

RECUERO, R.; BASTOS, M.; ZAGO, G. **Análise de Redes para Mídia Social**. Porto Alegre: Sulina, 2015.

Report COFO 23 side event on “**Urban Forests for Sustainable Cities**” – FAO, Rome, 20 July 2016. Disponível em: <<http://www.fao.org/forestry/44940-0e2a750f2afe6e29d2e89fbf5ee53bec4.pdf>>. Acesso em 10 de dezembro de 2017.

SCImago. **SJR — SCImago Journal & Country Rank**. Retrieved July 21, 2015 2007. Disponível em: <<http://www.scimagojr.com>>. Acesso em: 11 de outubro de 2017.

SILVA, A. A. Classificação orientada a objeto para mapeamento da cobertura vegetal da zona urbana de Mossoró/RN. **Dissertação de mestrado da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte**. Mossoró, RN, 2015.

SMITH, M., CENI A., MILIC-FRAYLING, N., SHNEIDERMAN, B., MENDES RODRIGUES, E., LESKOVEC, J., DUNNE, C.. **NodeXL: a free and open network overview, discovery and exploration add-in for Excel 2007/2010/2013/2016**, from the Social Media Research Foundation. Disponível em: <<https://www.smrfoundation.org>>. 2010. Acesso em 05 de maio de 2017.

**SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling**. Camara G, Souza RCM, Freitas UM, Garrido J Computers & Graphics, 20: (3) 395-403, May-Jun 1996.

TEODORO, A. C., R. ARAUJO. Avaliação do desempenho de algoritmos de classificação orientados a objetos para classificar dados de alta resolução espacial em zonas urbanas. **VIII CNCG – VIII Conferência Nacional de Cartografia e Geodesia**. Disponível em: [http://viiiicng.ordemengenheiros.pt/fotos/editor2/VIIICNCG/cncg2015\\_comunicao\\_20.pdf](http://viiiicng.ordemengenheiros.pt/fotos/editor2/VIIICNCG/cncg2015_comunicao_20.pdf). Acesso em 20 de maio de 2018.

\_\_\_\_\_ "Comparison of performance of object-based image analysis techniques available in open source *software* (Spring and Orfeo Toolbox/Monteverdi) considering very high spatial resolution data." **Journal of Applied Remote Sensing** 10. 2016.

TERUYA JUNIOR, H.;PARANHOS FILHO, A. C.;LASTORIA, G.;CORRÊA, L.C.;LAJO, A.A.M.;DALMAS, F. B.. Contribuição da Classificação Orientada a Objeto em Áreas Urbanas. **Principia (João Pessoa)**, v. 32, p. 26-36, 2016.

TRIMBLE GERMANY GMBH. ECognition 9.3 Versão Trial. Copyright © 2018 Trimble Germany GmbH. Todos os direitos reservados. 2019. Disponível em: <<http://www.eCognition.com>>. 10 de março de 2019.

WIELAND, M., PITTORE M. "Performance Evaluation of Machine Learning Algorithms for Urban Pattern Recognition from Multi-spectral Satellite Images." **Remote Sensing** 6(4): 2912-2939. 2014.