

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

GEOTECNOLOGIAS APLICADAS À ANÁLISE E DELIMITAÇÃO DE ÁREA DE  
PRESERVAÇÃO PERMANENTE (APP) DE CURSOS D'ÁGUA

EMANUELLE ZORDAN DE MELO

UBERLÂNDIA  
MINAS GERAIS - BRASIL

2020

EMANUELLE ZORDAN DE MELO

GEOTECNOLOGIAS APLICADAS À ANÁLISE E DELIMITAÇÃO DE ÁREA DE  
PRESERVAÇÃO PERMANENTE (APP) DE CURSOS D'ÁGUA

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Qualidade Ambiental – Mestrado, área de concentração em Gestão e Monitoramento Ambiental, para a obtenção do título de “Mestre em Meio Ambiente e Qualidade Ambiental”.

Orientador: Prof. Dr. Claudionor Ribeiro da Silva

UBERLÂNDIA  
MINAS GERAIS - BRASIL

2020



### ATA DE DEFESA - PÓS-GRADUAÇÃO

Programa de Pós-Graduação em:	Qualidade Ambiental (PPGMQ)				
Defesa de:	Dissertação de Mestrado Acadêmico, 01/2020, PPGMQ				
Data:	17 de janeiro de 2020	Hora de início:	8:00	Hora de encerramento:	10:30
Matrícula da Discente:	11812MQA004				
Nome da Discente:	EMANUELLE ZORDAN DE MELO				
Título do Trabalho:	GEOTECNOLOGIAS APLICADAS À ANÁLISE E DELIMITAÇÃO DE ÁREA DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE (APP) DE CURSOS D'ÁGUA				
Área de concentração:	Meio Ambiente e Qualidade Ambiental				
Linha de pesquisa:	Monitoramento e Gestão Ambiental				
Projeto de Pesquisa de vinculação:	Sem vinculação				
Novo título sugerido pela Banca:					

Reuniu-se no Sala 01 do Bloco 5M, *Campus* Santa Mônica, da Universidade Federal de Uberlândia, a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Qualidade Ambiental (PPGMQ), assim composta: Prof. Dr. Claudionor Ribeiro da Silva (orientador da candidata); Prof. Dr. Hudson de Paula Carvalho (UFU); Prof. Dr. Ângelo Evaristo Sirtoli (UFPR).

Iniciando os trabalhos o presidente da mesa Prof. Dr. Claudionor Ribeiro da Silva apresentou a Comissão Examinadora e a candidata, agradeceu a presença do público, e concedeu a Discente a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação da Discente e o tempo de arguição e resposta foram conforme as normas do Programa.

A seguir o senhor presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, aos examinadores, que passaram a arguir a candidata. Ultimada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu o resultado final, considerando a candidata:

Aprovada.

Esta defesa faz parte dos requisitos necessários à obtenção do título descrito na tabela acima. O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna da UFU.

Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos. Foi lavrada a presente ata que após lida e achada conforme foi assinada pela Banca Examinadora.





Documento assinado eletronicamente por **Hudson de Paula Carvalho, Membro de Comissão**, em 17/01/2020, às 10:14, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).

---



Documento assinado eletronicamente por **Angelo Evaristo Sirtoli, Usuário Externo**, em 17/01/2020, às 10:39, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).

---



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://www.sei.ufu.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **1803904** e o código CRC **5D76E496**.

---

Ficha Catalográfica Online do Sistema de Bibliotecas da UFU com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

M528 2019	<p>Melo, Emanuelle Zordan de, 1992- Geotecnologias aplicadas à análise e delimitação de Área de Preservação Permanente (APP) de cursos d'água [recurso eletrônico] / Emanuelle Zordan de Melo. - 2019.</p> <p>Orientador: Claudionor Ribeiro da Silva. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia, Pós-graduação em Qualidade Ambiental. Modo de acesso: Internet. Disponível em: <a href="http://doi.org/10.14393/ufu.di.2019.2573">http://doi.org/10.14393/ufu.di.2019.2573</a> Inclui bibliografia. Inclui ilustrações.</p> <p>1. Desenvolvimento sustentável. I. Silva, Claudionor Ribeiro da, 1975-, (Orient.). II. Universidade Federal de Uberlândia. Pós-graduação em Qualidade Ambiental. III. Título.</p>
--------------	--

CDU: 502.33

Bibliotecários responsáveis pela estrutura de acordo com o AACR2:  
Gizele Cristine Nunes do Couto - CRB6/2091  
Nelson Marcos Ferreira - CRB6/3074

*Dedico este trabalho ao meu avô  
Waldomiro Zordan*

*In memoriam*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecimentos especiais a minha família e aos amigos que estiveram presentes nesta bela jornada, a força para continuar sonhando vem do apoio e do amor de vocês.

Ao meu orientador e amigo Prof. Dr. Claudionor Ribeiro da Silva, sempre disposto a colaborar e respeitar minhas ideias. Pessoas como você transformam a pesquisa e as instituições. Obrigada por partilhar a sua experiência e me incentivar a ir sempre em frente.

À empresa Ekos Planejamento Ambiental, aos diretores e colegas, pela compreensão e colaboração no desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço, por fim, a todos os pesquisadores que persistem, afinal, pesquisa é luta e resistência.

A todos sou profundamente grata!

## SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS .....	i
RESUMO GERAL .....	9
GENERAL ABSTRACT .....	10
CAPÍTULO 1: REVISÃO DE LITERATURA.....	11
1 INTRODUÇÃO GERAL.....	12
2 REFERENCIAL TEÓRICO .....	15
2.1 Geotecnologias e o mapeamento ambiental.....	15
2.2 Conceito legal de Áreas de Preservação Permanente .....	17
3 REFERÊNCIAS.....	21
CAPÍTULO 2: CÁLCULO DA LARGURA OBJETIVA DA CALHA DO LEITO REGULAR DE UM CURSO D'ÁGUA USANDO VANT .....	25
1. INTRODUÇÃO .....	27
2. ANÁLISE DA SAZONALIDADE PLUVIOMÉTRICA.....	29
3. DIAGRAMA DE VORONOI.....	30
4. MATERIAL E MÉTODO .....	31
4.1. Área de Estudo.....	31
4.2. Material.....	32
4.3. Delimitação da calha do leito regular do curso d'água .....	33
4.3.1. Levantamento aerofotogramétrico com VANT .....	33
4.3.2. Vetorização das margens e do eixo central do curso d'água .....	34
4.3.3. Padronização da largura do rio.....	35
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	36
6. CONCLUSÕES .....	42
REFERÊNCIAS.....	43
CAPÍTULO 3: ANÁLISE DO CADASTRO AMBIENTAL RURAL FRENTE A DELIMITAÇÃO DAS APPS DE CURSOS D'ÁGUA SEGUNDO AS DIRETRIZES LEGAIS APLICÁVEIS .....	49
1. INTRODUÇÃO .....	50
2. MATERIAL E MÉTODO .....	51
2.1. Área de Estudo.....	51
2.2. Procedimentos metodológicos .....	53

2.2.1.	Primeira fase: Definição da calha do leito regular do curso d'água .....	53
2.2.2.	Segunda fase: Delimitação e cômputo da Área de Preservação Permanente...	56
2.2.3.	Terceira fase: Cadastro Ambiental Rural .....	57
3.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	58
4.	CONCLUSÕES .....	64
	REFERÊNCIAS.....	65

## LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS E ABREVIACÕES

ANAC	Agência Nacional de Aviação Civil
APPs	Áreas de Preservação Permanente
CAR	Cadastro Ambiental Rural
CF	Código Florestal
CFB	Código Florestal Brasileiro
IEF	Instituto Estadual de Florestas
NCF	Novo Código Florestal
GIS	<i>Geographic Information System</i>
GNSS	<i>Global Navigation Satellite System</i>
GPS	<i>Global Position System</i>
PRA	Programa de Regularização Ambiental
SICAR	Sistema Nacional do Cadastro Ambiental Rural
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SINIMA	Sistema Nacional de Informação sobre Meio Ambiente
RPA	<i>Remotely Piloted Aircraft</i>
UAV	<i>Unmanned Aerial Vehicle</i>
VANT	Veículo Aéreo Não-Tripulado

## RESUMO GERAL

MELO, EMANUELLE ZORDAN DE. **Geotecnologias aplicadas à análise e delimitação de Área De Preservação Permanente (APP) de cursos d'água.** 2020. 66f. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Qualidade Ambiental) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia – MG<sup>1</sup>

A execução de mapeamentos ambientais possui diversas limitações técnicas, em que a necessidade de monitoramento de áreas muito extensas, com acesso complexo ou inexistente, torna-se um obstáculo e despende grande tempo para que seja executado. A utilização de uma ferramenta mais ágil que possa auxiliar no processo fiscalizatório e nas aplicações das legislações ambientais vigentes pode reduzir a morosidade dos métodos convencionalmente aplicados. Nesse sentido, ferramentas que possam subsidiar tais análises ambientais, como o sensoriamento remoto e o Sistema de Informação Geográfica - SIG, têm sido estudadas. São tecnologias que possibilitam o mapeamento de forma rápida e menos onerosa, além de possibilitarem prospecções acerca dos cenários passados, presente e futuros da utilização e conservação dos recursos naturais. No cenário conservacionista podem ser destacadas as Áreas de Preservação Permanente (APPs), que compreendem ambientes de significativa relevância ecológica, cobertos ou não por vegetação nativa, que atuam na preservação dos recursos hídricos, paisagem, estabilidade geológica e biodiversidade, facilitando ainda o fluxo gênico entre a fauna e flora e protegendo o solo. Estas áreas, apesar de protegidas por lei, podem sofrer impactos antrópicos, sendo necessária, portanto, a sua correta delimitação e preservação. A presente pesquisa objetivou interpretar as diretrizes legais vigentes quanto a abordagem e forma de delimitação das APPs de hidrografia, seguindo as diretrizes expressas no Código Florestal (CF) Estadual (Lei nº 20.922/2013), apresentando uma proposta metodológica que viabiliza e automatiza o processo de delineamento dessas áreas, a partir da aplicação dos processos em um trecho do Rio Uberabinha (Uberlândia/MG). Para tanto, utilizou-se de imagens obtidas por meio de um Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT) e técnicas de processamento digital de imagens, manipuladas em ambiente SIG. A aplicação da metodologia proposta garante a correta demarcação das áreas, eliminando as subjetividades existentes nas legislações regulamentadoras, que permeiam dúvidas no entendimento dos verdadeiros limites e formas de delimitação das áreas protegidas. Conclui-se que a pesquisa contribuiu para a redução da subjetividade, dos custos e do tempo despendidos nos processos de fiscalização, mapeamento e análise ambiental, auxiliando na correta interpretação das diretrizes legais vigentes, garantindo a preservação do meio ambiente e dos recursos naturais associados.

**Palavras-chave:** Código Florestal. VANT. SIG. Processamento digital de imagens.

---

<sup>1</sup> Orientador: Claudionor Ribeiro da Silva – Universidade Federal de Uberlândia.

## GENERAL ABSTRACT

MELO, EMANUELLE ZORDAN DE. **Geotecnologias aplicadas à análise e delimitação de Área De Preservação Permanente (APP) de cursos d'água.** 2020. 66f. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Qualidade Ambiental) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia – MG<sup>2</sup>

The execution of environmental mappings has several technical limitations, in which the need to monitor very large areas, with complex or nonexistent access, becomes an obstacle and takes a long time to perform. The use of a more agile tool that can assist in the inspection process and in the application of current environmental legislation can reduce the length of conventionally applied methods. In this sense, tools that can support such environmental analysis, such as remote sensing and the Geographic Information System - GIS, have been studied. These are technologies that enable quick and less costly mapping, as well as prospects about past, present and future scenarios of the use and conservation of natural resources. In the conservation scenario, Permanent Preservation Areas (PPAs) can be highlighted, which include environments of significant ecological relevance, covered or not by native vegetation, which act in the preservation of water resources, landscape, geological stability and biodiversity, further facilitating the gene flow. between fauna and flora and protecting the soil. These areas, although protected by law, can suffer anthropic impacts, thus requiring their proper delimitation and preservation. This research aimed to interpret the current legal guidelines regarding the approach and form of delimitation of hydrographic APPs, following the guidelines expressed in the State Forest Code (FC) (Law nº 20.922/2013), presenting a methodological proposal that enables and automates the process. delineation of these areas, from the application of the processes in a stretch of the Uberabinha River (Uberlândia/MG). For that, we used images obtained through an Unmanned Aerial Vehicle (UAV) and digital image processing techniques, manipulated in GIS environment. The application of the proposed methodology ensures the correct demarcation of the areas, eliminating the subjectivities existing in the regulatory legislations, which allow doubts in the understanding of the true limits and forms of delimitation of the protected areas. It is concluded that the research contributed to the reduction of subjectivity, costs and time spent in the processes of inspection, mapping and environmental analysis, helping in the correct interpretation of the current legal guidelines, ensuring the preservation of the environment and associated natural resources.

**Keywords:** Forest Code. UAV. GIS. Digital image processing.

---

<sup>2</sup> Supervising: Claudionor Ribeiro da Silva – Universidade Federal de Uberlândia.

## **CAPÍTULO 1: REVISÃO DE LITERATURA**

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

Um dos entraves para o mapeamento ambiental, compreende, do ponto de vista técnico, a dificuldade ao se avaliar extensas áreas, cujo acesso pode ser complexo ou inexistente, além do significativo tempo despendido para com o mapeamento em si, contribuindo, por conseguinte, para a morosidade nos processos de fiscalização do atendimento às legislações ambientais vigentes.

Frente a necessidade de desenvolvimento de tecnologias que forneçam subsídio às análises ambientais, principalmente no quesito de prospecção dos cenários futuros acerca da utilização dos recursos naturais, evidencia-se o conceito de Geotecnologias como sendo o conjunto de tecnologias para coleta, processamento, análise e disponibilização da informação geográfica com posição definida no espaço (ROSA, 2005). Dentre as geotecnologias amplamente utilizadas no planejamento ambiental, podem ser destacados os Sistemas de Informação Geográfica - SIG, a Cartografia Digital, o Sensoriamento Remoto por Satélites, o Sistema de Posicionamento Global (*e.g.* GPS) e os Veículos Aéreos Não-Tripulados (VANTs).

No cenário nacional, os avanços acarretados pela aplicabilidade de ferramentas de gestão espacial, como softwares e imagens de alta resolução espacial, são diversos, incluindo a redução de custos, agilidade na análise dos processos, além de propiciar o planejamento e a gestão efetivos, seja ambiental, urbana ou outros. Dentre as diversas análises ambientais susceptíveis ao emprego das geotecnologias, podem ser destacadas aquelas relacionadas à gestão legal dos recursos naturais de uma determinada região (CARELLI; LOPES, 2011).

No cenário conservacionista dos recursos naturais é importante destacar o conceito de Área de Preservação Permanente (APP), que segundo o Código Florestal (CF) são conceituadas como área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas (BRASIL, 2012; MINAS GERAIS, 2013).

Como estratégia de planejamento e gestão de recursos hídricos, no contexto de unidades de planejamento, como as bacias hidrográficas, as APPs desempenham importante papel na manutenção dos serviços ambientais. Em bacias de abastecimento

público, como a bacia hidrográfica do Rio Uberabinha, localizada nos municípios de Uberlândia, Uberaba e Tupaciguara, no estado de Minas Gerais, tais áreas despertam o interesse dos setores público e privado por auxiliarem na qualidade e na vazão das águas ao longo do ano.

Tanto o CF vigente em âmbito nacional quanto o CF estadual declaram que as APPs de hidrografia ou APPs de rio, devem ter sua largura determinada a partir da borda da calha do leito regular do curso d'água em análise. Contudo, as diretrizes legais expressam apenas a definição para o leito regular, como sendo a calha pela qual correm regularmente as águas de um curso d'água durante o ano, sem esclarecer quais as características e de que forma as observações devem ser realizadas *in loco* para promover tal delimitação.

Nesse contexto, o conjunto de informações necessário para consolidar o conhecimento e a interpretação do conceito de calha do leito regular do corpo hídrico, deve ponderar também as variações de largura ao longo de sua extensão, para que se promova a correta delimitação da faixa de APP, garantindo, desta forma, o equilíbrio sustentável entre a preservação ambiental e o desenvolvimento econômico de atividades antrópicas.

Desse modo, o objetivo geral da pesquisa consiste no uso de geotecnologias para análise ambiental das Áreas de Preservação Permanentes (APPs), de forma a contribuir para a sua correta interpretação e delimitação, seguindo as diretrizes legais, corroborando com a redução de custos e morosidade nos processos fiscalizatórios.

Para atingir os objetivos propostos a dissertação está organizada em três capítulos sequenciais, sendo o presente capítulo, o primeiro, composto por esta introdução geral que trata da temática a ser abordada ao longo de todo o documento; pelo embasamento teórico que abrange temáticas relevantes para o embasamento da pesquisa como as geotecnologias e sua importância nas análises ambientais, e todo o delineamento evolutivo e conceitual de Áreas de Preservação Permanente, a partir da análise das diretrizes legais existentes; por fim, tais tópicos são seguidos pelo referencial teórico consultado.

O segundo capítulo, por sua vez, compreende o artigo intitulado “Cálculo da largura objetiva da calha do leito regular de um curso d'água usando VANT”, aprovado e publicado no periódico científico denominado Revista Brasileira de Ciências Ambientais – RBCiamb, em sua versão *Online*, número 51, em março de 2019. Em linhas gerais, tal capítulo contempla a proposta metodológica única e objetiva para a delimitação

da calha do leito regular de um curso d'água, localizado no município de Uberlândia (Minas Gerais).

O terceiro e último capítulo compõe-se pelo artigo intitulado “Análise do Cadastro Ambiental Rural frente a delimitação das APPs de cursos d'água segundo as diretrizes legais aplicáveis”, que objetiva a aplicação da metodologia proposta no âmbito do Capítulo 2, em um período sazonal distinto, e a confrontação dos resultados obtidos com aqueles cadastrados no CAR, instrumento oficial de regularização ambiental de imóveis e posses rurais e preservação da vegetação nativa instituído pelo poder público federal e estadual (MG).

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Geotecnologias e o mapeamento ambiental

Os denominados SIGs compreendem ferramentas que atuam na localização espacial dos dados, a partir do seu tratamento computacional. Para viabilizar e fundamentar tal atuação, torna-se necessário que as informações geográficas a serem trabalhadas em ambiente SIG estejam georreferenciadas, ou seja, que tenham localização espacial na superfície terrestre, representada, no mínimo, por um par de coordenadas no espaço cartesiano bidimensional (CÂMARA; QUEIROZ, 2004).

Os SIGs compreendem sistemas computacionais capazes de capturar, modelar, armazenar, recuperar, manipular, analisar e apresentar dados geográficos (WORBOYS; DUCKHAM, 2004). Comumente, esses sistemas trabalham com arquivos nos formatos matricial “*raster*” e vetorial “*shapefile*” (ESRI, 1998). Os arquivos shapefiles suportam feições geométricas de pontos, linhas e polígonos (área), compreendendo ainda o armazenamento de informações de atributos no formato de arquivo dBASE®. Os arquivos matriciais, por sua vez, baseiam-se em uma estrutura de células de grade (*pixels*), armazenando a informação no formato de linhas e colunas.

Conforme destaca Florenzano (2011), a utilização dos SIGs associados às técnicas de sensoriamento remoto, com o uso de imagens de satélite, permite o desenvolvimento de estudos regionais e integrados, a partir do manuseio de dados georreferenciados provenientes de diversas fontes, sendo eficiente para a identificação de ações antrópicas variadas, ocorridas em um determinado local de interesse.

Para viabilizar a aquisição de dados georreferenciados para estudos ambientais, pode ser destacado o crescente uso dos VANTs (tradução do termo UAV — *unmanned aerial vehicle*), também conhecidos como Drones. Os VANTs compreendem veículos aéreos cuja principal característica consiste no fato de serem aeronaves pilotadas remotamente, sem a necessidade de um piloto para condução. Esses veículos são parciais ou totalmente autônomos, capazes de carregar pequenas cargas embarcadas, podendo ser dotados de sensores como câmeras filmadoras, fotográficas e multiespectrais (MEDEIROS, 2007).

O Regulamento Brasileiro da Aviação Civil Especial RBAC-E nº 94, aprovado pela Resolução nº 419, de 2 de maio de 2017, da Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), classifica Aeronave Remotamente Pilotada (*Remotely-Piloted Aircraft System* — RPAS) como a aeronave não tripulada, pilotada a partir de uma estação de pilotagem remota com finalidade diversa de recreação. Para além da legislação, o referido órgão trabalha ainda o conceito de Drone como o termo utilizado de forma coloquial e popular para se referir aos equipamentos remotamente pilotados, contudo, em função dessa conceituação genérica, será adotado como correto neste texto o termo VANT.

Entre os diversos benefícios promovidos pelos VANTs destaca-se o fácil manuseio e a pilotagem, propiciando o mapeamento da superfície em alta resolução tanto espacial, devido à elevada qualidade do sensor (câmera), quanto temporal, mediante a possibilidade de voos frequentes (VIDAL, 2013; VIVONI et al., 2014; KAKAES et al., 2015). Destaca-se que as imagens aéreas de alta e média resolução espacial podem ser usadas nos mapeamentos em grandes escalas, proporcionando a detecção de objetos em detalhes na superfície levantada, seja em ambientes urbanos ou rurais.

Especificamente no contexto ambiental, diversos autores, como Silva *et al.* (2018), Gamarra et al. (2016) e Mendes et al. (2016), evidenciam o uso das geotecnologias associadas ao planejamento territorial e ambiental, objetivando fomentar a conservação ambiental. No cenário hídrico, Casado *et al.* (2015) apontaram a forte dependência da utilização de imagens de alta resolução obtidas com VANT para obtenção das características hidromorfológicas de forma automatizada do Rio Dee near Bala dam, no País de Gales, Reino Unido; além disso, conforme apontam Wilkowski et al. (2017), dados obtidos com VANT tornam possível determinar a linha de cursos de água naturais.

Assim, os VANTs representam um avanço para o setor de mapeamento ambiental, principalmente quando aliados às técnicas desenvolvidas no âmbito dos SIGs (NEX; REMONDINO, 2014), podendo fornecer, além de imagens com alta qualidade, Modelos Digitais de Terreno (MDTs) e de Superfície (MDEs), polígonos de bacias hidrográficas, redes de drenagem, mapas de declividade, entre outros.

Semelhante ao presente estudo Nascimento *et al.* (2017) e Teruya Junior *et al.* (2015) utilizaram as geotecnologias e técnicas de geoprocessamento para o mapeamento ambiental e a delimitação de Áreas de Preservação Permanente (APPs) de hidrografia no âmbito municipal e de bacia hidrográfica, consecutivamente, ressaltando a acessibilidade, redução de custos e de tempo que a utilização destas ferramentas promovem.

## 2.2 Conceito legal de Áreas de Preservação Permanente

Considera-se no contexto nacional que a primeira abordagem registrada legalmente quanto à conservação dos recursos naturais brasileiros trata-se do Decreto nº 23.793, de 23 de janeiro de 1934, um ato provisório do governo nacional que aprovava em seu Artigo 1º o Código Florestal Brasileiro (CF) assinado pelos ministros de Estado e cuja execução competia ao Ministério da Agricultura (VIRTUOSO; REIS, 2017).

O referido Código (BRASIL, 1934) contemplava diretrizes iniciais relacionadas à proteção de florestas, associando a estas um caráter de interesse comum, atuando na conservação do regime das águas; evitando a erosão das terras pela ação dos agentes naturais; fixando dunas; auxiliando na defesa das fronteiras; assegurando condições de salubridade pública; protegendo sítios que por sua beleza mereçam ser conservados; e asilando espécies raras da fauna indígena.

Conforme apontam Guimarães *et al.* (2015), em análise ao contexto legal acarretado pelo primeiro CF, o Poder Público vislumbrou a necessidade de interceder e estabelecer alguns limites através da criação oficial de um novo Código Florestal. Nesse sentido, nota-se que as abordagens iniciais acerca da proteção de florestas e consequentemente da conservação hídrica e do solo referem-se às tratativas incipientes que subsidiariam posteriormente a formulação do conceito de Área de Preservação Permanente - APP.

Ribeiro (2011) destaca que, legalmente, a APP foi instituída no cenário nacional a partir da promulgação da Lei nº 4.771, de 16 de setembro de 1965, que institui o Código Florestal. Esta lei revogou o Decreto 23.793/1934, vigente até então, instaurando e conceituando oficialmente em seu Artigo 1º, inciso II, a nomenclatura Área de Preservação Permanente como sendo:

II - área de preservação permanente: área protegida nos termos dos arts., coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas [...] (BRASIL, 1965).

Além disso, o referido CF Brasileiro (BRASIL, 1965) expressava em seu Artigo 2º as faixas a serem preservadas e protegidas legalmente nos seguintes termos:

Art. 2º. Consideram-se de preservação permanente, pelo só efeito desta Lei, as florestas e demais formas de vegetação natural situadas:

- a) ao longo dos rios ou de outro qualquer curso d'água, em faixa marginal cuja largura mínima será:
    - 1 - de 5 (cinco) metros para os rios de menos de 10 (dez) metros de largura;
    - 2 - igual à metade da largura dos cursos que meçam de 10 (dez) a 200 (duzentos) metros de distância entre as margens;
    - 3 - de 100 (cem) metros para todos os cursos cuja largura seja superior a 200 (duzentos) metros.
  - b) ao redor das lagoas, lagos ou reservatórios d'água naturais ou artificiais;
  - c) nas nascentes, mesmo nos chamados "olhos d'água", seja qual for a sua situação topográfica;
  - d) no topo de morros, montes, montanhas e serras;
  - e) nas encostas ou partes destas, com declividade superior a 45°, equivalente a 100% na linha de maior declive;
  - f) nas restingas, como fixadoras de dunas ou estabilizadoras de mangues;
  - g) nas bordas dos tabuleiros ou chapadas;
  - h) em altitude superior a 1.800 (mil e oitocentos) metros, nos campos naturais ou artificiais, as florestas nativas e as vegetações campestres [...]
- (BRASIL, 1965).

É importante destacar que o CF Brasileiro (BRASIL, 1965) sofreu inúmeras alterações por meio de leis e medidas provisórias, evidenciando a dificuldade em conciliar os interesses de todos os setores envolvidos na pauta. Entre as diversas modificações, salienta-se a Lei nº 7.803, de 18 de julho de 1989 (BRASIL, 1989), que alterou a redação da alínea "a" do Artigo 2º do referido código, enrijecendo e explicitando que a projeção de delimitação das áreas de preservação permanente passaria a ser feita ao longo dos rios ou de qualquer curso d'água **desde o seu nível mais alto** em faixa marginal [...], alterando as larguras anteriormente expressas para:

- 1) de 30 (trinta) metros para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura;
- 2) de 50 (cinquenta) metros para os cursos d'água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura;
- 3) de 100 (cem) metros para os cursos d'água que tenham de 50 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura;
- 4) de 200 (duzentos) metros para os cursos d'água que tenham de 200 (duzentos) a 600 (seiscentos) metros de largura;
- 5) de 500 (quinhentos) metros para os cursos d'água que tenham largura superior a 600 (seiscentos) metros;
- [...]
- c) nas nascentes, ainda que intermitentes e nos chamados "olhos d'água", qualquer que seja a sua situação topográfica, num raio mínimo de 50 (cinquenta) metros de largura;
- g) nas bordas dos tabuleiros ou chapadas, a partir da linha de ruptura do relevo, em faixa nunca inferior a 100 (cem) metros em projeções horizontais;
- h) em altitude superior a 1.800 (mil e oitocentos) metros, qualquer que seja a vegetação. (BRASIL, 1989).

Nota-se, nesse cenário, um regime de proteção rígido, instituído e oficializado em 1965, que vem sendo avaliado e intensamente discutido na atualidade devido às flexibilizações sofridas por essa legislação. Em análise ao CF Brasileiro (BRASIL, 1965),

pode-se observar o caráter preservacionista claramente expresso e correlacionado com os diversos elementos naturais, não apenas as florestas, cuja essência é fundamentada na conservação dos recursos hídricos, das zonas costeiras, encostas declivosas, terrenos topograficamente diferenciados e a relação intrínseca e direta de todos esses fatores para com a vegetação.

Seguindo a ordem cronológica dos fatos, em 1981 houve a criação do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), a partir da publicação da Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, que dispõe sobre a Política Nacional de Meio Ambiente e dá outras providências (BRASIL, 1981). A referida legislação compreende a primeira lei brasileira instituída especificamente para abordagem do meio ambiente, implementando além do Sistema Nacional do Meio Ambiente (Sisnama), diretrizes fundamentais como a aplicabilidade de penalizações mediante degradação ambiental, compensação ambiental, educação ambiental, e outras.

Posteriormente, no ano de 1988, mais especificamente no dia 05 de outubro, houve a promulgação da Constituição da República (BRASIL, 1988), que dispôs em seu Artigo 23, incisos VI e VII, a competência compartilhada da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios em proteger o meio ambiente e combater a poluição em qualquer de suas formas; e preservar as florestas, a fauna e a flora. Além disso, a referida Constituição traz em capítulo específico diretrizes relacionadas ao meio ambiente (Capítulo VI - Do Meio Ambiente), incluindo o difundido Artigo 225, cujo destaque se dá na redação do inciso III, que dispõe:

Art. 225. Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.

III - definir, em todas as unidades da Federação, espaços territoriais e seus componentes a serem especialmente protegidos, sendo a alteração e a supressão permitidas somente através de lei, vedada qualquer utilização que comprometa a integridade dos atributos que justifiquem sua proteção.

Em 25 de maio de 2012 foi sancionado o atual CF Brasileiro, correspondente à Lei nº 12.651, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa, altera e revoga legislações promulgadas anteriormente e dá outras providências (BRASIL, 2012a). A legislação em comento sofreu inclusões da Lei nº 12.727, de 17 de outubro de 2012 (BRASIL, 2012b), reforçando o conceito das Áreas de Preservação Permanente (APPs) que consistem em áreas protegidas, cobertas ou não por vegetação nativa, com a função ambiental não só

de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, como também facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar da população humana (BRASIL, 2012). Além das APPs, a legislação promulgada estabeleceu critérios acerca da proteção da vegetação nativa em geral e o estabelecimento das áreas de Reserva Legal.

O atual CF Brasileiro flexibilizou as regras de proteção ambiental, fragilizando os recursos naturais e recebendo críticas intensas por parte de instituições e pesquisadores (ANA, 2010; MPF, 2011; CHIAVARI; LOPES, 2016), além da sociedade civil. Diversos autores estudaram e avaliaram em trabalhos científicos as alterações e a evolução do CF Brasileiro (FILHO *et al.*, 2015; RORIZ; FEARNSSIDE, 2015; SCHETTINO *et al.*; 2018)

A legislação em comento trouxe nova regulamentação para as APPs, alterando a forma de mensuração destas áreas protegidas. Conforme já mencionado, o Artigo 2º do antigo CF previa a delimitação das APPs a partir do leito maior hidrológico (BRASIL, 1965), enquanto o atual CF considera a medida desde a borda da calha do leito regular (BRASIL, 2012).

No estado de Minas Gerais foi sancionada em 16 de outubro de 2013 a Lei nº 20.922, que dispõe sobre as políticas florestal e de proteção à biodiversidade no Estado (MINAS GERAIS, 2013). Nota-se que a legislação estadual, comumente denominada “Código Florestal Mineiro” reproduziu diversos dispositivos do Código Florestal Federal, evidenciando a adequação do Estado aos parâmetros estabelecidos em âmbito nacional. Tal fato é replicado para a abordagem das APPs, as quais apresentam em ambas legislações as mesmas diretrizes de definição e delimitação, considerando neste último caso tanto a forma de medida (calha do leito regular) quanto os valores preestabelecidos para as faixas marginais em relação à largura do curso d’água.

### 3 REFERÊNCIAS

BRASIL. **Decreto nº 23.793, de 23 de janeiro de 1934.** Aprova o Código Florestal. Rio de Janeiro: Presidência da República, 1934. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/1930-1949/D23793.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1930-1949/D23793.htm). Acesso em: 31 mar. 2019.

BRASIL. **Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965.** Institui o novo Código Florestal. Brasília, DF: Presidência da República, 1965. Disponível em: <http://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/1960-1969/lei-4771-15-setembro-1965-369026-publicacaooriginal-1-pl.html>. Acesso em: 21 fev. 2019.

BRASIL. **Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981.** Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 1981. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L6938.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6938.htm). Acesso em: 31 mar. 2019.

BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988.** Brasília, DF: Presidência da República, 1988. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/consti/1988/constituicao-1988-5-outubro-1988-322142-publicacaooriginal-1-pl.html>. Acesso em: 1 jan. 2017.

BRASIL. **Lei nº 7.803, de 18 de julho de 1989.** Altera a redação da Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, e revoga as Leis nºs 6.535, de 15 de junho de 1978, e 7.511, de 7 de julho de 1986. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/L7803.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L7803.htm). Acesso em: 31 mar. 2019.

BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012.** Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 2012. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm). Acesso em: 31 mar. 2019.

CÂMARA, G.; QUEIROZ, G. R. Arquitetura de sistemas de informação geográfica. In: CÂMARA; G. DAVIS, C.; MONTEIRO, M. V. (ed.) **Introdução à ciência da geoinformação.** São José dos Campos: Gilberto Câmara, Clodoveu Davis, Antônio Miguel Vieira Monteiro, 2004. 345p. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/>. Acesso em: 1 set. 2018.

CAMPAGNOLO, K.; SILVEIRA, G. L.; MIOLA, A. C.; SILVA, R. L. L. Área de Preservação Permanente de um rio e análise da legislação de proteção da vegetação nativa. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 27, n. 3, p. 831-842, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.5902/1980509828633>. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/cienciaflorestal/article/view/28633/pdf>. Acesso em: 1 set. 2018.

CARELLI, L.; LOPES, P. P. Caracterização fisiográfica da Bacia Olhos d'água em Feira de Santana/BA: geoprocessamento aplicado à análise ambiental. DOI: <https://doi.org/10.5216/bgg.v31i2.16844>. **Boletim Goiano de Geografia**, Goiânia, v. 31, n. 2, p. 43-54, 2011. Disponível em: <https://www.revistas.ufg.br/bgg/article/view/16844/10254>. Acesso em: 1 set. 2018.

CASADO, M. R.; GONZALEZ, R. B.; KRIECHBAUMER, T.; VEAL, A. Automated identification of river hydromorphological features using UAV high resolution aerial imagery. **Sensors**, Basel, v.15, n. 11, p. 27969-27989, 2015. DOI: <https://doi.org/10.3390/s151127969>. Disponível em: [https://pdfs.semanticscholar.org/9996/63bb5e09a1fa82dafc9d84924ff8b57c89e6.pdf?\\_ga=2.21952763.1338445850.1580147930-811512602.1579878497](https://pdfs.semanticscholar.org/9996/63bb5e09a1fa82dafc9d84924ff8b57c89e6.pdf?_ga=2.21952763.1338445850.1580147930-811512602.1579878497). Acesso em: 1 set. 2018.

CENTENO, J. A. S.; ANTUNES, A. F. B.; TREVIZAN, S.; CORREA, F. Mapeamento de áreas permeáveis usando uma metodologia orientada a regiões e imagens de alta resolução. **Revista Brasileira de Cartografia**, Monte Carmelo, v. 1, n. 55, p. 48-56, 2003. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/revistabrasileiracartografia/article/view/43487/22755>. Acesso em: 3 set. 2018.

ESRI. **ArcGIS**: software versão 10.3. São José dos Campos: ESRI, 1998. Disponível em: <http://www.esri.com/software/ArcGIS/index.html>. Acesso em: 1 set. 2018.

FLOREZANO, T. G. Geotecnologias na geografia aplicada: difusão e acesso. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 17, p. 24-29, 2011. DOI: <https://doi.org/10.7154/RDG.2005.0017.0002>. Disponível em: <http://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/47272/51008>. Acesso em: 3 set. 2018.

GAMARRA, R. M.; TEIXEIRA-GAMARRA, M. C.; CARRIJO, M. G. G.; PARANHOS FILHO, A. C. Uso do NDVI na Análise da estrutura da vegetação e efetividade da proteção de Unidade de Conservação no Cerrado. **Ra'ega: o espaço geográfico em análise**, Curitiba, v. 37, p. 307-332, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/raega.v37i0.42454>. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/raega/article/view/42454/29046>. Acesso em: 5 set. 2018.

GUIMARÃES, B. B.; GUIMARÃES, R. B.; LEAL, A. C. Código Florestal brasileiro: análise do conceito de Área de Preservação Permanente e sua aplicação na bacia hidrográfica do Córrego São Pedro - Anhumas, São Paulo. **Boletim Campineiro de Geografia**, Campinas, v. 5, n. 1, p. 157-173, 2015. Disponível em: <http://agbcampinas.com.br/bcg/index.php/boletim-campineiro/article/view/192/127>. Acesso em: 5 set. 2018.

TERUYA JUNIOR, H.; LASTORIA, G.; FILHO, A. C. P.; DALMAS, F. B.; CORREA, L. C. Mapeamento das APP's de hidrografia e declividade como subsídio a gestão da Bacia Hidrografia do Rio Formoso (Mato Grosso do Sul). **Revista Geociências - UNG**, Guarulhos, v. 15, n. 2, p. 128-140, 2016. Disponível em: <http://revistas.ung.br/index.php/geociencias/article/viewFile/2436/1843>. Acesso em: 5 set. 2018.

KAKAES, K.; GREENWOOD, F.; LIPPINCOT, M.; DOSEMAGEN, S.; MEIER, P.; WICH, S. HOW TO MAKE MAPS WITH DRONES. *In*: KAKAES, K.; GREENWOOD, F.; LIPPINCOT, M.; DOSEMAGEN, S.; MEIER, P.; WICH, S. **Drones and aerial observation**: new technologies for property rights, human rights, and global development. New America. 2015. ch. 4, p. 35-47. Disponível em: [http://www.rhinosourcecenter.com/pdf\\_files/143/1438073140.pdf](http://www.rhinosourcecenter.com/pdf_files/143/1438073140.pdf). Acesso em: 05 fev. 2019.

MENDES, T. A.; MARIANO, J. V.; MARQUES, P. H. G.; SANTOS, L. D. P. S. Diagnóstico ambiental da área de preservação permanente da nascente do Córrego Almeida utilizando ferramenta de geoprocessamento (Aparecida de Goiânia-GO). **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 38, n. 3, p. 1331-1345, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.5902/2179460X22867> . Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/cienciaenatura/article/view/22867/pdf>. Acesso em: 05 fev. 2019.

MINAS GERAIS. **Lei nº 20.922, de 16 de outubro de 2013**. Dispõe sobre as políticas florestal e de proteção à biodiversidade no Estado. Belo Horizonte: Governo do Estado, 2013. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=30375>. Acesso em: 21 fev. 2019.

NASCIMENTO, L. N.; GAMARRA, R. M.; DALMAS, F. B.; OLIVEIRA, A. P. G.; FILHO, A. C. P. Aplicação de Geotecnologias na delimitação de Áreas de Preservação Permanente do município de Paraíso das Águas (MS). **Revista UNG – Geociências**, Guarulhos, v. 16, n. 1, p. 128-139, 2017. Disponível em: <http://revistas.ung.br/index.php/geociencias/article/view/2957/2154>. Acesso em: 21 fev. 2019.

NEX, F.; REMONDINO, F. UAV for 3D mapping applications: a review. **Applied Geomatics**, v. 6, n. 1, p. 1–15, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12518-013-0120-x>. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/260529522\\_UAV\\_for\\_3D\\_mapping\\_applications\\_A\\_review](https://www.researchgate.net/publication/260529522_UAV_for_3D_mapping_applications_A_review). Acesso em: 21 fev. 2019.

RIBEIRO, G. V. B. A origem histórica do conceito de Área de Preservação Permanente no Brasil. **Revista Thema**, Pelotas, v. 8, n. 1, p. 1-13, 2011. Disponível em: <http://periodicos.ifsul.edu.br/index.php/thema/article/view/67/36>. Acesso em: 21 fev. 2019.

ROSA, R. Geotecnologias na Geografia Aplicada. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 16, n.1, p. 81-90, 2005. DOI: <https://doi.org/10.7154/RDG.2005.0016.0009>. Disponível em: <http://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/47288/51024>. Acesso em: 10 fev. 2019.

SILVA, D. C. C.; MORO, M. K.; MOYA, K. J.; PINHEIRO, M. M.; SIMONETTI, V. C. Proposta metodológica para definição de áreas prioritárias para recuperação vegetal de Áreas de Preservação Permanente. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, Florianópolis, v. 7, n. 4, p. 540-562, 2018. DOI: 10.19177/rgsa.v7e42018540-562. Disponível em: [http://www.portaldeperiodicos.unisul.br/index.php/gestao\\_ambiental/article/view/7291/4214](http://www.portaldeperiodicos.unisul.br/index.php/gestao_ambiental/article/view/7291/4214). Acesso em: 10 fev. 2019.

VIDAL, A. M. F. **Extração e avaliação de geoinformação pelo uso de imagens adquiridas por veículos aéreos não tripulados**. 2013. 59 f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Ciências, Universidade do Porto, Porto, 2013.

VIRTUOSO, A. M.; REIS, C. H. Mapeamento da cobertura e uso da terra nas áreas de preservação permanente do Rio Muriaé no município de Campos dos Goytacazes – RJ. *In: SIMPOSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FISICA APLICADA*, 17.; CONGRESSO NACIONAL DE GEOGRAFIA FÍSICA, 1., 2017, Campinas. **Os desafios da geografia física na fronteira do conhecimento**, Campinas: UNICAMP, 2017. v. 1, p. 6674-6685. E-book. DOI: <https://doi.org/10.20396/sbgfa.v1i2017.1861> Disponível em: <https://ocs.ige.unicamp.br/ojs/sbgfa/article/view/1861>. Acesso em: 21 fev. 2019.

VIVONI, E. R.; RANGO, A.; ANDERSON, C. A.; PIERINI, N. A.; SCHREINER-MCGRAW, A. P.; SARIPALLI, S.; LALIBERTE, A. S. Ecohydrology with unmanned aerial vehicles. **Ecosphere**, Washington, v. 5, n. 10, p. 130. 2014. Disponível em: <https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1890/ES14-00217.1>. Acesso em: 10 fev. 2019.

WILKOWSKI, W.; LISOWSKI, M.; WYSZYŃSKI, M.; WIERZBICKI, D. The use of Unmanned Aerial Vehicles (drones) to determine the shoreline of natural watercourses. **Journal of Water And Land Development**, Raszyn, n. 35, p. 259–264, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1515/jwld-2017-0092> . Disponível em: <https://content.sciendo.com/view/journals/jwld/35/1/article-p259.xml>. Acesso em: 21 fev. 2019.

WORBOYS, M.; DUCKHAM, M. **GIS: a computing perspective**. 2. ed. Boca Raton: **CRC Press**, 2004, 448 p.

## **CAPÍTULO 2: CÁLCULO DA LARGURA OBJETIVA DA CALHA DO LEITO REGULAR DE UM CURSO D'ÁGUA USANDO VANT<sup>3</sup>**

---

<sup>3</sup> Capítulo aceito e publicado no periódico científico Revista Brasileira de Ciências Ambientais (RBCiamb), qualis capes A3 para ciências ambientais, quadriênio 2013-2016. DOI: 10.5327/Z2176-947820190429

**CÁLCULO DA LARGURA OBJETIVA DA CALHA DO LEITO REGULAR DE UM CURSO D'ÁGUA USANDO VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO**  
**CALCULATION OF THE OBJECTIVE WIDTH OF A WATERCOURSE'S REGULAR RIVERBED USING UNMANNED AERIAL VEHICLE**

Emanuelle Zordan de Melo<sup>1</sup>; Claudionor Ribeiro da Silva<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Mestranda no Programa de Pós-Graduação em Qualidade Ambiental da Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, Minas Gerais. ORCID ID <https://orcid.org/0000-0003-1869-6694>

<sup>2</sup> Docente no Programa de Pós-Graduação em Qualidade Ambiental da Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, Minas Gerais. ORCID ID <https://orcid.org/0000-0003-4542-0933>

**RESUMO:** As Áreas de Preservação Permanentes (APPs), segundo o atual Código Florestal Brasileiro (CFB), são delimitadas a partir da largura da calha do leito regular do rio. Contudo, a medida da largura supracitada não é bem definida no CFB, apresentando subjetividade. Assim, o objetivo deste estudo é delimitar, de forma objetiva, a largura do leito regular. Para tanto, foram utilizadas imagens obtidas com um veículo aéreo não tripulado (VANT), aplicando técnicas de segmentação de imagens e o diagrama Voronoi. O experimento foi realizado em um trecho do Rio Uberabinha, Minas Gerais. A região de APP medida com esse método apresentou diferenças de 5,18% em relação à APP obtida por meio de técnicas convencionais, que desconsideram a calha do leito regular dos corpos d'água. A vantagem do método proposto está na eliminação da subjetividade das técnicas convencionais, que usam uma aproximação para essa medida.

**PALAVRAS-CHAVE:** sistema de informações geográfica; área de preservação permanente; geotecnologias; recursos naturais.

**ABSTRACT:** The Permanent Preservation Areas (PPAs), according to the current Brazilian Forest Code (BFC), are delimited from the width of the regular riverbed. However, the measurement of the aforementioned width is not well defined in the BFC, presenting subjectivity. Thus, the objective of this study is to objectively delineate the width of the regular riverbed. For this, images obtained with an unmanned aerial vehicle (UAV) were used, applying image segmentation techniques and the Voronoi diagram. The experiment was carried out in a stretch of the Uberabinha River, Minas Gerais. The region of APP measured with this method showed differences of 5.18% in relation to APP obtained by conventional techniques, which disregard the gutter the regular bed of water bodies. The advantage of the proposed method is

in eliminating the subjectivity of conventional techniques, which use a approximation for this measure.

**KEYWORDS:** geographic information system; permanent preservation area; geotechnologies; natural resources.

## 1. INTRODUÇÃO

O Brasil possui uma vasta e complexa malha hidrográfica, na qual as formas de uso e ocupação do solo, bem como a expansão agrícola e o desenvolvimento industrial, compreendem fatores que interferem diretamente na disponibilidade e na qualidade do recurso hídrico ofertado, necessitando, portanto, de um acompanhamento acerca da conservação deste recurso natural (TERUYA JUNIOR *et al.*, 2016; NASCIMENTO *et al.*, 2017).

Entre os marcos regulatórios que regem sobre a temática hídrica no país, importa destacar o atual Código Florestal — Lei nº 12.651/2012, que revoga a Lei nº 4.771/1965, antigo Código Florestal, sendo alterado e complementado pela Lei nº 12.727/2012 e pelo Decreto nº 7.830/2012, sancionado efetivamente em 25 de maio de 2012. A referida legislação corrente dispõe acerca da proteção da vegetação nativa, instituindo as chamadas Áreas de Preservação Permanentes (APPs), que compreendem áreas protegidas, cobertas, ou não, por vegetação nativa, cuja função ambiental abrange, entre outras, a preservação dos recursos hídricos (BRASIL, 2012).

Segundo Coelho, Buffon e Guerra (2011), a vegetação ciliar compreende uma zona essencial para a preservação da qualidade da água. Dessa forma, as APPs de um determinado curso d'água têm predominantemente a função protetora dos recursos hídricos. Essas áreas legalmente protegidas proporcionam ainda o fluxo gênico entre as espécies florísticas e faunísticas, fomentando a formação de corredores ecológicos e diminuindo, por conseguinte, a fragmentação do habitat (BRASIL, 2012).

No âmbito do Estado de Minas Gerais, a regulamentação se dá pela Lei nº 20.922, de 16 de outubro de 2013, que dispõe sobre as políticas florestal e de proteção à biodiversidade no Estado, figurando as APPs em conformidade à esfera federal. Para além, o art. 9º, inciso I, da legislação estadual, determina como APPs as faixas marginais localizadas ao longo de cursos d'água naturais perenes e intermitentes, excluídos os efêmeros, medidas a partir da borda da calha do leito regular, cuja largura mínima de proteção varia entre 30 e 500 m (MINAS GERAIS, 2013).

Nota-se, nesse contexto, a intrínseca relação entre a correta delimitação da chamada “calha do leito regular”, ou seja, da largura do bem salvaguardado (curso d’água/rio), com a respectiva extensão a ser protegida nos termos da vegetação nativa ciliar. Conforme apontamento realizado por Campagnolo *et al.* (2017), para a legislação federal, que pode ser igualmente aplicado à esfera estadual, o gargalo apresentado pelo texto legal refere-se à ausência do descritivo das características que devem ser observadas *in loco* para tal delimitação.

Diversas pesquisas recentes têm a proposta de delimitar e apontar conflitos habituais em áreas de preservação permanente, como, por exemplo, aqueles relacionados a uso e ocupação do solo (SILVA; LEMOS; MORAES, 2014; SANTOS *et al.*, 2014; FERRARI *et al.*, 2015; ALVES; FERREIRA, 2016; CUNHA; LUCENA; SOUSA, 2017), conflitos socioambientais (OLIVEIRA; REIS, 2017) e impactos ambientais (ARAÚJO, 2015; ALVES; MEDEIROS, 2016; SILVA; BACANI, 2017). Contudo, as análises geralmente são desenvolvidas com o auxílio de técnicas de geoprocessamento, no âmbito de bacias hidrográficas, nas quais, para que sejam viabilizadas, a escala empregada é comumente generalista. Além disso, são frequentemente utilizadas formas manuais pouco precisas e até equivocadas para determinar a largura dos cursos d’água associados e, conseqüentemente, estabelecer a metragem das APPs.

Corroborando a problemática, Campagnolo *et al.* (2017) destacam que são muitas as limitações da análise do Código Florestal Brasileiro (CFB), como a ausência de um registro cartográfico unificado da malha fundiária nacional, mapas em escala de detalhe da rede de drenagem, registro das larguras dos rios e de uma base integrada por todos os remanescentes de vegetação nativa nos seus vários estágios de conservação e regeneração.

A Lei nº 20.922/2013 descreve, de forma simplista, em seu art. 2º, inciso XVIII, que o leito regular é “a calha por onde correm regularmente as águas do curso d’água durante o ano”. Segundo a referida legislação, faz-se necessária a definição e delimitação do leito considerado regular, para determinado curso d’água, para posterior cálculo da largura da APP (MINAS GERAIS, 2013). Assim, tendo por referência os limites imediatos das bordas da calha delimitada, calcula-se a largura do corpo hídrico como sendo a distância entre essas duas bordas. A partir dessas bordas e da largura do curso d’água, torna-se possível a projeção da faixa marginal de vegetação a ser preservada em cada lado da calha (MEDEIROS, 2013).

Alguns fatores merecem destaque diante da possibilidade de influenciarem diretamente a delimitação proposta pela legislação, entre eles, a sazonalidade observada para o local, as características físico-geográficas do corpo hídrico em análise, além do método escolhido pelo observador para realizar a delimitação da calha. Esse último fator é o mais subjetivo dos três,

por não ser exato e depender do conhecimento de cada analista. Somado à dificuldade na definição exata da calha está o método de levantamento dessa informação, que tradicionalmente é moroso e oneroso, como a topografia. Nesse contexto, as geotecnologias, em especial os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) aliados à Fotogrametria e ao Sensoriamento Remoto, fornecem significativo subsídio para a otimização desses estudos, minimizando custos e tempo de execução (SOUZA *et al.*, 2014).

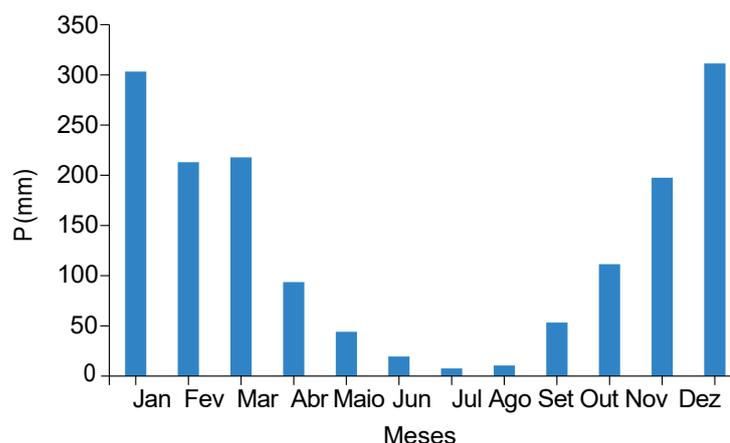
Ante o exposto, a presente pesquisa objetivou propor uma metodologia para delimitar e representar, de forma única e objetiva, a calha do leito regular de cursos d'água e, conseqüentemente, das APPs, de forma a retirar a subjetividade inerente às legislações regulamentadoras e atenuar as divergências metodológicas nas mensurações. Para tanto, serão utilizadas imagens obtidas com o auxílio de um veículo aéreo não tripulado (VANT) e técnicas de processamento digital de imagens, integradas em um SIG.

## **2. ANÁLISE DA SAZONALIDADE PLUVIOMÉTRICA**

Em concordância ao embasamento legal supradescrito, a calha do leito regular do rio é definida pelo Código Florestal Federal e Estadual (Minas Gerais) como sendo “a calha por onde correm regularmente as águas do curso d'água durante o ano”. Nesse contexto, é necessária a análise do cenário hídrico de inserção da área de estudo, sendo considerada, para tanto, a pluviometria do município.

De acordo com Silva *et al.* (2015), a classe climática da região em estudo é definida como Aw, segundo classificação de Köppen e Geiger. As estações chuvosas e secas são bem definidas, sendo evidenciados os menores valores de precipitação de maio a setembro, conforme explicitado na Figura 1. Por outro lado, de outubro a abril concentram as maiores precipitações pluviais (Figura 1), com maior destaque para dezembro e janeiro.

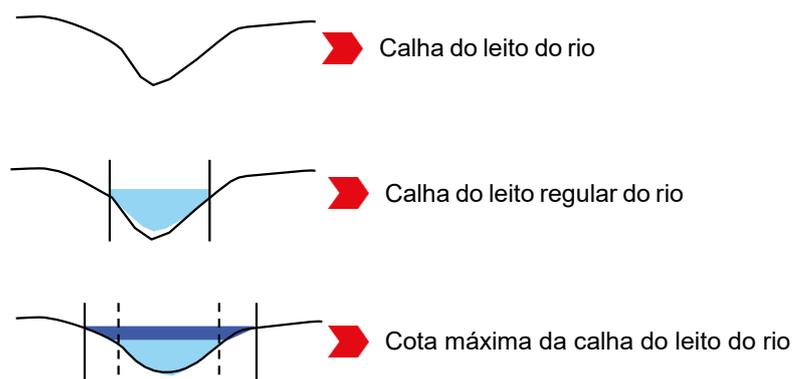
Segundo Bertoni e Tucci (2014), existe uma relação intrínseca entre as chuvas e a vazão de uma bacia ou rio. Partindo desse princípio, pode-se inferir que o mês de setembro (fim do período seco em Uberlândia, Minas Gerais) representa o melhor momento para a visualização da cota mínima. Nessa perspectiva, o mês de dezembro (centro do período chuvoso local) se apresenta como ideal para a observação das maiores cotas dos cursos de água da região.



Fonte: *Silva et al.* (2015).

**Figura 1** – Precipitação pluvial média mensal (P) de Uberlândia-MG no período de 1981 a 1985 e 1991 a 2013.

O mês de setembro favorece a definição do leito menor da calha de um rio e o de dezembro permite a delimitação do leito maior (Figura 2). O Código Florestal revogado (Lei nº 4.771/1965) previa a delimitação das APPs ao longo dos rios ou de qualquer curso d’água desde o seu nível mais alto, sendo, para tanto, favorecido o período mais chuvoso. Por outro lado, levando em consideração o Código Florestal Estadual vigente (Lei Estadual nº 20.922/2013 — MINAS GERAIS, 2013), a delimitação das APPs é definida a partir da calha do leito regular do curso d’água, que é mais bem representada em períodos de seca, na qual o nível da água é rebaixado à calha real do rio.



Fonte: Os autores.

**Figura 2** - Diferenciações na calha do leito do curso d’água.

### 3. DIAGRAMA DE VORONOI

O diagrama de Voronoi, também conhecido como polígonos de Thiessen, são utilizados para resolver problemas que envolvam conceitos de proximidade em um plano. Essa função é comumente aplicada na matemática, em que dado um conjunto de  $n$  pontos  $P = \{p_1, \dots, p_n\}$ ,

a região de Voronoi do ponto  $pi$ , representado por  $V(pi)$ , compreende o conjunto de pontos tão próximo a  $pi$  quanto de qualquer outro ponto em  $P$ , isto é,  $V(pi) = \{x \mid |pi - x| \leq |pj - x| \forall 1 \leq j \leq n\}$ .

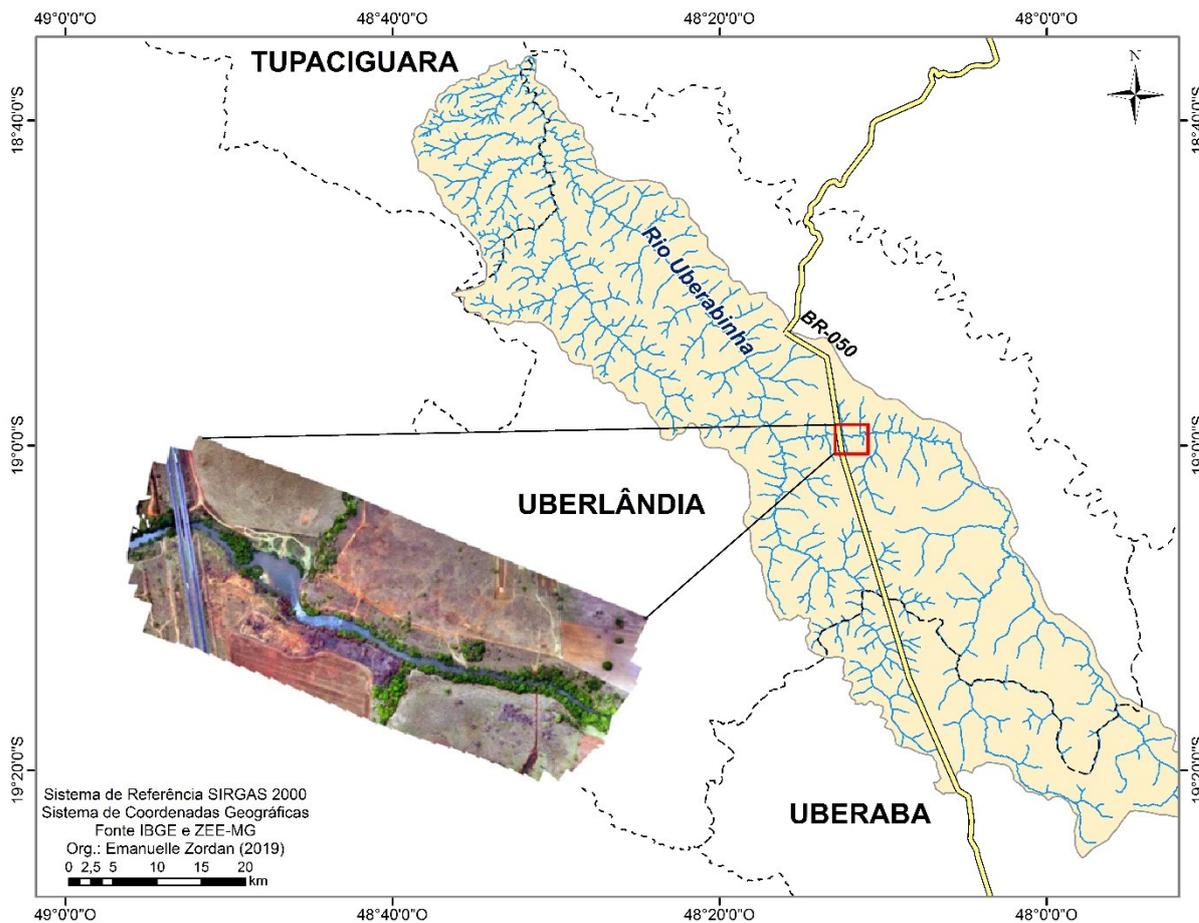
Segundo Moura (2009), o princípio do diagrama de Voronoi é de que, considerando que em um plano existem pontos que estão mais próximos de uma fonte geradora do que de outra fonte, o resultado é um polígono de cujas distâncias entre a fonte e o ponto são as menores possíveis. Entre as diversas aplicações desse diagrama, pode-se destacar a obtenção da linha de centro de um polígono complexo. Por analogia, nos casos em que um curso d'água é delineado a partir de suas duas margens, a linha de centro do polígono compreende o eixo central efetivo do rio.

## 4. MATERIAL E MÉTODO

### 4.1. Área de Estudo

A área de estudo da presente pesquisa compreende parte do trecho do Rio Uberabinha, cuja bacia hidrográfica situa-se no estado de Minas Gerais, na Mesorregião Geográfica do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, abrangendo terras dos municípios de Uberaba (20% da área da bacia), Uberlândia (70% da área da bacia) e Tupaciguara (10% restantes).

O referido curso d'água tem aproximadamente 155 km de extensão e atravessa todo o município de Uberlândia, contempla suas nascentes no município de Uberaba e desagua no baixo curso do Rio Araguari, conforme disponibilizado no Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado de Minas Gerais (ZEE-MG, 2018). O trecho de análise da presente pesquisa tem 960 m de extensão (em linha reta) e está localizado próximo à ponte do Rio Uberabinha, na BR-050, região do Poção Azul, no sentido de Uberlândia-Uberaba, conforme apresentado na Figura 3.



Fonte: Os autores.

**Figura 3** - Localização da bacia hidrográfica do Rio Uberabinha com destaque para o trecho em estudo.

As nascentes do Rio Uberabinha localizam-se a uma altitude aproximada de 970 m em uma região denominada Fanecos, no município de Uberaba. Além disso, o referido curso d'água intercepta a área urbana de Uberlândia, abastecendo com água esse município. Entre os principais afluentes desse rio estão o Rio das Pedras, e os Ribeirões Bom Jardim e Beija-Flor, sendo todos localizados na zona rural e contribuintes pela margem esquerda. Em termos florísticos, no limite da bacia apresentada ocorrem fisionomias vegetais predominantes do bioma Cerrado (RIBEIRO; WALTER, 2008).

#### 4.2. Material

Para desenvolvimento do presente artigo foram utilizadas como material de apoio as imagens obtidas a partir de um VANT, produzido pela empresa chinesa DJI, modelo Phantom 3 Standart, multirrotor de asas rotativas, cujas especificações técnicas encontram-se descritas na Tabela 1. O referido aparelho vem acompanhado do software DJI GO, que permite a

comunicação por rádio de 2.4 GHz, com alcance de aproximadamente 1 km na função de voo autônomo (piloto automático).

**Tabela 1** - Especificações técnicas do VANT Phantom 3 Standart

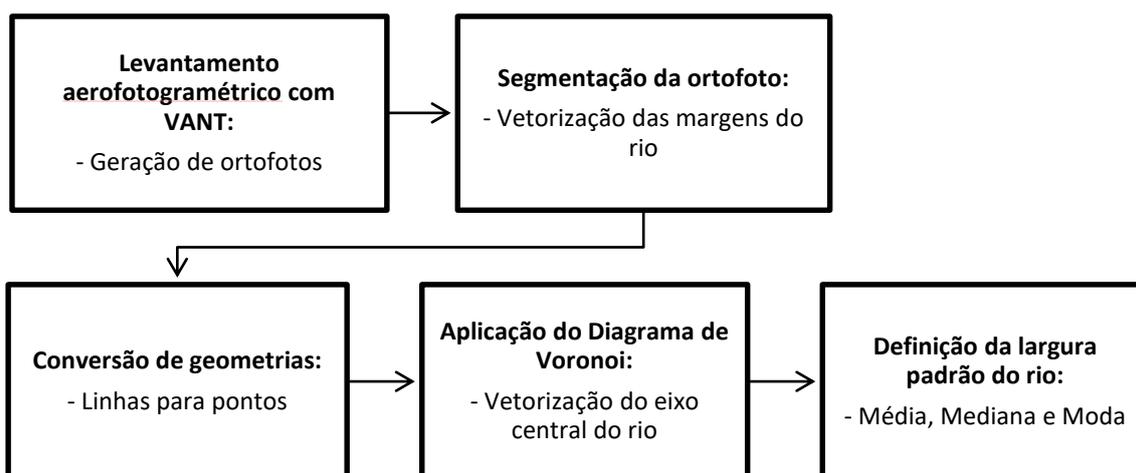
Peso (incluindo bateria e hélices)	Sensor	Lente	Tamanho da imagem	Formato da imagem
1216 g	1/2.3" CMOS Effective pixels:12 M	FOV 94° 20 mm (35 mm format equivalent) f/2.8	4000×3000	JPEG, DNG (RAW)

Fonte: DJI (2018).

A ortofoto foi gerada no Agisoft 3.2, que é um *software* fotogramétrico próprio para processamento de fotos de drones. Ademais, para executar a vetorização das margens e eixo (calha do leito) do Rio Uberabinha, foram utilizadas as ferramentas do *software* ArcGIS versão 10.3, conforme detalhado adiante. Oportuno mencionar que esses *softwares* se encontram disponíveis na Universidade Federal de Uberlândia (UFU), para utilização acadêmica.

#### 4.3. Delimitação da calha do leito regular do curso d'água

Para obtenção do eixo referente à calha do leito regular do trecho em estudo no Rio Uberabinha, foi aplicada uma sequência de técnicas de processamento de imagens implementadas nos softwares Agisoft e ArcGIS 10.3, conforme apresentado no fluxograma (Figura 4) e detalhado nos itens subsequentes:



**Figura 4** - Fluxograma para delimitação da calha do leito regular do Rio Uberabinha no trecho em estudo. Fonte: Os autores.

##### 4.3.1. Levantamento aerofotogramétrico com VANT

Como o objetivo desse estudo é delimitar a calha do leito regular do rio, a partir do seu eixo central, foi escolhido o período de estiagem na região para coleta das fotos aéreas. Assim, o voo para obtenção das imagens foi planejado para o mês de setembro.

O voo foi executado com altura de 100 metros e com sobreposições laterais e longitudinais de 60% e 70%, respectivamente. Nessa configuração, foram coletadas 146 fotos distribuídas em cinco linhas de voos. A velocidade programada para o voo foi de 15m/s. Nessa configuração, o GSD (*Ground Sample Distance*) da ortofoto gerada foi de 3,51cm.

Todo o procedimento fotogramétrico para geração da ortofoto está delineado no software Agisoft, incluindo: a) o alinhamento das fotos, b) geração de malha de pontos correspondentes/homólogos em imagens sequenciais, e c) geração da ortofoto por meio de ajustamento do conjunto de fotos obtidas.

#### **4.3.2. Vetorização das margens e do eixo central do curso d'água**

Tendo por base a ortofoto gerada com dados de VANT, foi realizada uma segmentação almejando a extração de toda a área molhada do rio, isto é, de toda a área coberta pela lâmina d'água do Rio Uberabinha. Foi utilizado o segmentador de deslocamento médio (*Segment MeanShift*), implementado no software ArcGIS, para executar essa tarefa. É um segmentador que apresenta bons resultados na análise de imagens, como exposto por Long *et al.* (2018), que destacam que o algoritmo de deslocamento MeanShift possui uma ampla gama de aplicações devido ao seu excelente desempenho na segmentação.

Na sequência, o arquivo *raster* (matricial) segmentado foi convertido em um arquivo vetorial de tipologia polígono, usando o ArcGIS, tendo por base a ferramenta "*Raster to polygon*", que se encontra inserida no menu "*Convert Features*". Posteriormente, foram retirados os ruídos do *shapefile*, obtido com o traçado semiautomático, resultando um polígono único, correspondente à calha do Rio Uberabinha. Esse procedimento foi realizado no mesmo software, a partir da ferramenta "*Trace*" implementada no menu "*Editor*". As linhas de borda do vetor segmentado foram extraídas convertendo-se em linhas, o arquivo vetorial de tipologia polígono, usando a ferramenta "*Feature to line*", inserida no menu "*Convert Features*", também implementada no ArcGIS 10.3. O arquivo resultante foi armazenado no formato vetorial (*shapefile*).

Em um passo seguinte foi criado um arquivo com pontos representantes das linhas/bordas com o intuito de aplicar a técnica do "Diagrama de Voronoi", para obtenção do eixo do rio (leito regular). O arquivo de pontos foi criado aplicando a ferramenta "*Construction*

*Points*", inserida no menu "*Editor*" do ArcGIS, que permite a geração de pontos ao longo da linha, distanciados entre si por uma distância preestabelecida. Nesse estudo, foram avaliados três cenários com distâncias distintas para a geração do diagrama de Voronoi: com pontos equidistantes de 3, 5 e 10 metros.

Finalmente, foi aplicada a técnica do diagrama de Voronoi no arquivo de pontos representantes das margens do rio, nos três cenários de equidistâncias supracitados. Para tanto, aplicou-se a função "*Create Thiessen Polygons*", implementada no ArcGIS10.3, cuja execução é a seguinte: cada célula é obtida a partir da interseção de semiespaços e, portanto, corresponde a polígonos convexos. Nesse contexto, os segmentos do diagrama de Voronoi são todos os pontos do plano equidistantes aos dois sítios mais próximos. Ademais, os vértices (nós) de Voronoi são os pontos equidistantes de três ou mais sítios.

O eixo central (leito regular) foi criado com a conexão dos segmentos de retas que representam o lugar geométrico das margens do rio, definido pelo diagrama de Voronoi. De posse dos vetores que retratam o leito regular do rio e suas margens, tornou-se possível a definição de larguras padrão para o curso d'água, caracterizando a proposta desse estudo.

#### **4.3.3. Padronização da largura do rio**

A padronização da largura do rio foi aplicada apenas no melhor resultado obtido com a aplicação do Diagrama, dentre os três cenários de equidistância supradescritos. Definido o eixo central do rio, todos os vetores/lados dos polígonos de Voronoi com origem no eixo central e término nas margens do rio foram armazenados em arquivo único para realização da medida da largura padrão desse curso d'água. A partir desses vetores foi avaliada a melhor medida que padronize a largura do Rio Uberabinha, no trecho estudado. Foram analisadas três medidas estatísticas de tendência central: média, moda e mediana.

A média aritmética foi obtida pela razão da somatória dos tamanhos de todos os vetores/lados, separados na fase anterior, pelo número total de vetores/lados. A moda foi obtida como a medida mais frequente no conjunto de vetores/lados supracitado. Para facilitar a obtenção dessa medida, os tamanhos dos vetores/lados foram arredondados para o inteiro mais próximo. Por fim, a mediana foi adquirida pelo valor correspondente ao vetor/lado que separa a metade maior e a metade menor do conjunto de dados ordenado crescentemente.

A validação da melhor representação estatística da largura do curso d'água foi feita comparando-se as representações do leito regular do rio com a evidência manual/visual efetuada *in loco*, pelos próprios autores, das linhas das margens do rio em estudo.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A ortofoto foi gerada com GSD (*Ground Sample Distance*) de 3,51 cm. A área total coberta pelo voo foi de 42,5 ha. Foi utilizado o sistema de referência WGS84 (EPSG4326) e a projeção UTM (fuso 22).

Em seguida, a ortofoto foi submetida ao processo de segmentação e o resultado foi apresentado em formato vetorial. Foi observado na ortofoto segmentada que ocorreu a distinção clara das diferenças espectrais mais significativas, propiciando o agrupamento dos objetos semelhantes. Nesse processo, ocorreu a presença de muitos ruídos, como pode ser visto na Figura 5a. Esses ruídos foram eliminados no processo de extração de bordas/margens do segmento que representa a calha do rio estudado (utilizando a ferramenta *Trace*), conforme ilustrado na Figura 5b.



**Figura 5**—Imagem segmentada em polígonos (a) e imagem vetorizada (b).

De posse do segmento único que representa o rio, já no formato vetorial, foram retiradas as linhas de borda desse segmento para representarem as margens do trecho Rio Uberabinha. A extensão calculada para a Margem Superior (MS) do trecho em estudo do Rio Uberabinha foi correspondente a 2.885,578 m, enquanto a Margem Inferior (MI) apresentou 2.793,964 m.

As margens extraídas na forma de linhas foram convertidas em pontos equidistantes com 3,00, 5,00 e 10,00 m, para posterior aplicação do diagrama de Voronoi. Os arquivos de pontos gerados apresentaram as características dispostas na Tabela 2.

**Tabela 2**—Comprimento do eixo central extraído com as diferentes equidistâncias.

Equidistância (m)	Número de pontos	Comprimento do eixo central (m)
10,00	567	1.112,45
5,00	1.135	1.096,78

Nota-se, com base na Tabela 2, que o número de pontos se comporta de forma inversamente proporcional à magnitude da equidistância, isto é, decrescendo à medida que os valores da equidistância aumentam. Por outro lado, a relação entre o comprimento do eixo central do curso d'água e a equidistância é diretamente proporcional, ou seja, havendo incremento no comprimento, a equidistância é aumentada. Isso ocorre porque as menores medidas de equidistâncias provocam menor desvio na direção real do eixo.

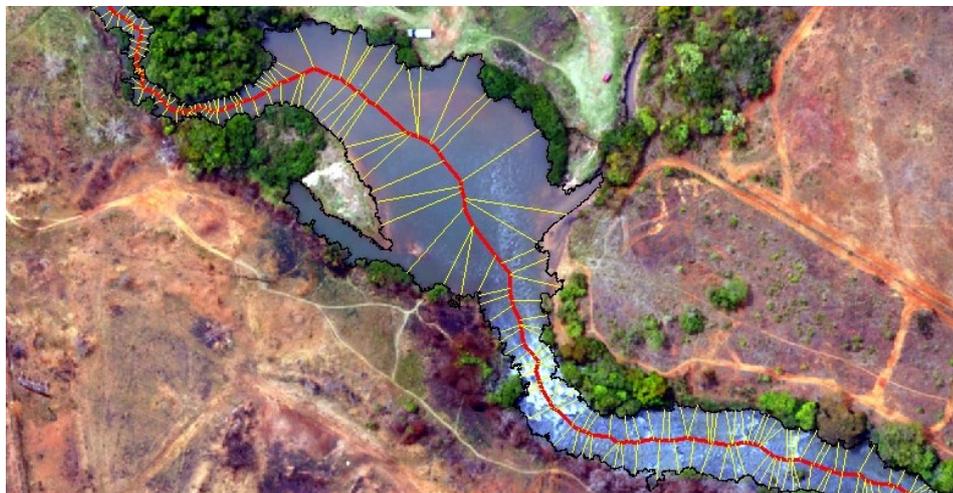
Conforme exemplificado na Figura 6, o resultado obtido a partir da equidistância de 10,00 m (linha preta) apresentou falhas em determinados trechos, em que o eixo central do rio chegou a extrapolar as margens. A equidistância com 5 m apresentou resultados (linha azul) mais efetivos que a de 10,00 m, porém também apresentou desvios consideráveis em relação ao eixo central. Entre as três equidistâncias testadas, a menor, com 3 m, foi a que apresentou um cenário mais detalhista, preservando a sinuosidade original do trecho estudado no Rio Uberabinha (linha vermelha). O eixo central obtido com essa equidistância foi de 1,09 km.



**Figura 6**–Eixos detectados com diferentes equidistâncias: eixo central vermelho (3m); eixo central azul (5m); eixo central preto (10m).

O resultado obtido a partir da equidistância com 3,00 m foi escolhido para a geração do eixo central do rio, devido a melhor qualidade em relação às outras duas equidistâncias. Escolhido esse eixo como referência, o passo seguinte foi coletar as distâncias/comprimentos dos segmentos de reta, gerados pelo diagrama de Voronoi. Nesse processo, foram gerados 758 segmentos, distribuídos para ambos os lados do rio. Cada segmento corresponde a um lado de

um polígono de Voronoi, que representa a distância entre o eixo central extraído e os pontos gerados sobre a linha de margem do rio, como ilustrado na Figura 7.



**Figura 7** - Recorte do eixo central e de segmentos de reta definidos pelo diagrama de Voronoi (equidistância de 3,00 metros).

Pode ser observado na Figura 7 que cada segmento de reta do diagrama de Voronoi corresponde à metade da largura do rio. Portanto, o cálculo da medida da largura do rio foi realizado para cada metade e, posteriormente, multiplicada por dois, para obter a medida real da largura do curso d'água em questão. Como proposto nesse estudo, o cálculo da largura foi realizado por três medidas estatísticas de tendência central: média, moda e mediana. Os resultados obtidos com essas três medidas estatísticas estão expostos na Tabela 3.

**Tabela 3** - Medidas estatísticas de tendência central para a definição da largura do rio

Largura máxima (m)	Largura mínima (m)	Média (m)	Moda (m)	Mediana (m)
70,00	0,80	12,00	8,00	10,00

Conforme resultados de largura máxima e mínima explicitados na Tabela 3, pode-se evidenciar que o trecho analisado do Rio Uberabinha contempla larguras significativamente variáveis ao longo de sua extensão. Em concordância ao relatado por Cardoso, Ramos e Mello (2008), no referido rio ocorrem ecossistemas distintos, com formações de lagoas devido à exploração intensiva de argila e cascalho, além de drenagens no solo para desenvolvimento da agricultura e pecuária, o que provoca alargamento do leito desse rio em alguns trechos. Nesse contexto, importa destacar que os elevados valores de largura encontrados para o trecho

estudado se referem à presença de uma lagoa artificial, comumente denominada “Poção Azul”, formada por ação antrópica, possivelmente para a extração de minerais em tempos remotos.

Ainda em análise à Tabela 3, a média apresentou maior valor de largura (12,00 m) e a moda indicou o menor valor (8,00 m) para a representar a largura do Rio Uberabinha. Fazendo uso das larguras do rio obtidas por meio das medidas estatísticas (moda, média e mediana), foram gerados *buffers* a partir do eixo central do curso d’água e representados sobre a ortofoto (Figura 8).



**Figura 8**—*Buffers* criados com as larguras obtidas a partir da moda (amarelo), mediana (verde) e média (magenta).

A sobreposição dos resultados permitiu avaliar que a medida da média é a que melhor condiz com a realidade da calha do leito regular do corpo hídrico em análise. É possível realizar essa análise ao observar a sobreposição do *buffer* criado com a medida da média com as linhas representantes das margens originais (linha preta) do rio.

Nascimento *et al.* (2017) destacam em seu trabalho a dificuldade operacional de individualização das margens do curso d’água com largura inferior a 10,00 m, utilizando imagens gratuitas do satélite Landsat-8, haja vista a média resolução espacial das bandas, sendo necessária a utilização de ferramentas complementares para promover a correta avaliação das categorias de APPs. Esse fato revela a necessidade de uso de produtos com melhor resolução espacial, como as imagens de VANT, usadas neste estudo. A ortofoto gerada com a partir das imagens VANT apresenta resolução espacial inferior a 10 cm, o que mostra ser um produto de alta qualidade geométrica para esse tipo de estudo.

Campagnolo *et al.* (2017), listam em um tópico específico as dificuldades em determinar a APP a partir do leito do rio, como a presença de vegetação encobrindo o leito regular, presença de ilhas e praias fluviais e a presença de meandros abandonados. Contudo, fundamentados em uma técnica morosa e onerosa, tais autores promovem a correta delimitação do leito regular do

Rio Arroio Grande utilizando Estação Total e destacam o comprometimento da visualização do leito do rio por meio de imagem de satélite, por conta da vegetação existente. A realização de várias medidas de largura, como proposto neste estudo, tende a reduzir esse problema, uma vez que são contabilizadas medidas de larguras de trechos do rio com presença e outro sem a presença de árvores.

Em casos extremos, como os locais nos quais ocorreu alargamento do rio, essas medidas apresentam grande variação em relação à realidade (Figura 9). Todavia, como são trechos curtos, como lagos represados com poucos metros de extensão, essas medidas de largura acabam por ser assertivas devido ao ajuste ocorrido nas demais extensões do corpo d'água, como ilustrado ao longo de todo o trecho representado na Figura 8 e em grande parte do trecho mostrado na Figura 9.



**Figura 9**—Trecho do rio com alargamento artificial.

Quando comparados os três cenários analisados em relação às diretrizes preconizadas pelo Código Florestal Estadual (Lei nº 20.922/2013 — MINAS GERAIS, 2013), percebe-se inconsistência nos resultados, pois, segundo o art. 9º, inciso I, a medida da moda (8,00 m) induz a delimitação de uma APP de 30,00 m apenas, haja vista que essa regra é aplicada aos cursos d'água de menos de 10,00 m de largura. Por sua vez, as medidas de mediana e média, 10,00 e 12,00 m, respectivamente, acarretam faixa para APPs de 50,00 m, pois representam os cursos d'água com largura igual ou superior a 10,00 m e menor que 50,00 m.

Com base em medidas de largura do rio Uberabinha realizadas in loco, o valor igual ou acima de 10,00 m é mais assertivo. Nesse contexto, a medida da moda deve ser descartada, uma vez que 8,00 m não representam fielmente o trecho do rio estudado. A Figura 10 apresenta os

buffers representativos das APPs considerando o cenário legal e aqueles determinados pelas medidas de mediana e média.

Como dito e claramente ilustrado na Figura 10, a largura do rio calculada a partir da medida da média aproxima mais da realidade em comparação com a medida da largura pela mediana. Em uma análise quantitativa, para todo o trecho do rio avaliado, a diferença entre a área da APP legalmente aceita e as áreas das APPs calculadas pelas medidas da média e mediana são, respectivamente, 5,18 e 5,36%. São valores modestos e que podem até ser desprezados, sem grandes perdas ambientais, por ocorrer compensação de áreas em trechos distintos.

Dessa forma, ao se desconsiderarem as áreas afetadas pelo represamento artificial, as diferenças quantitativas entre a APP prevista no cenário legal e aquelas calculadas pelas medidas estatísticas de média e mediana reduzem para 1,38 e 1,20%, respectivamente. Nota-se, dessa forma, que ao se retirar apenas o trecho da represa o acerto entre a APP prevista na legislação e aquelas calculadas no presente estudo é maior, evidenciando a aplicabilidade da metodologia proposta também em cursos d'água que não têm esse comportamento. Isso mostra o ganho do método proposto tendo em vista o bom ajuste, independentemente da forma do objeto em estudo. Outro ganho está relacionado com a qualidade geométrica do dado usado (imagens VANT com altíssima resolução espacial), o que permite a elaboração de um produto cartográfico em grande escala e com alta resolução temporal.

Os produtos cartográficos convencionais (cartas topográficas) não possibilitam a delimitação da APP dos rios de forma direta, devido ao fato de os corpos d'água serem representados por linhas simples, o que inviabiliza a identificação da largura dos mesmos, como apresentado em Campos e Matias (2012). Assim, para medirem as larguras dos cursos d'água de uma bacia localizada em São Paulo, esses autores fizeram uso de dados/ imagens disponíveis no site do Google Earth, mesmo não sendo o mais apropriado, em razão da qualidade geométrica questionável. Por esse motivo, no presente estudo foram utilizados dados de melhor qualidade geométrica, que são as imagens VANT, processadas com os cuidados fotogramétricos.

Teruya Junior *et al.* (2016), ao realizarem o mapeamento das APPs de hidrografia do Rio Formoso, representaram, em função da largura inferior a 10,00 m, a maioria dos rios como um único vetor, sendo gerado um *buffer* de 50 m a partir do eixo central desses rios, ao longo de toda a extensão para representar as APPs, computando equivocadamente o leito dos cursos d'água como faixa de preservação. Portanto, é necessário que se meça antes a largura do leito

do corpo d'água para posterior medida da APP, que deve ser medida, legalmente, a partir do leito regular do rio. O método proposto no presente estudo tem essa preocupação, propondo uma medida estatística única para representar a largura do leito regular do rio.

A medida da largura do corpo d'água de forma mais acurada torna-se importante, uma vez que uma simples aproximação pode causar danos consideráveis, tanto ambiental quanto de produção. O estudo de Campagnolo *et al.* (2017) mostra esse disparate; esses autores, ao analisar o leito maior hidrológico (LMH) do Rio Arroio Grande, adotaram a largura da faixa de 50 m, considerando a coerência com a paisagem existente, mesmo que em alguns pontos a largura do LMH fosse de mais de 700 m. A justificativa dos autores é de que a medida de largura de 700 m exigiria uma APP de 500 m, o que extrapolaria o limite da bacia, além de ser um valor não praticado nessa região. Utilizando o método proposto neste estudo esse problema é contornado, uma vez que a medida estatística leva em consideração todas as larguras existentes ao longo do leito do curso do rio.



**Figura 10** - *Buffers* representativos das APPs geradas mediante contexto legal (amarelo) e segundo as medidas de tendência central mediana (verde) e média (magenta).

## 6. CONCLUSÕES

Com base nos estudos realizados é possível concluir que os objetivos da pesquisa foram devidamente atingidos, visto que foi proposta uma metodologia única de delimitação da calha do leito regular do trecho estudado do Rio Uberabinha, em Uberlândia, Minas Gerais, integrando dados de sensoriamento remoto e técnicas de processamento digital de imagens. Ainda nesse contexto, a representação matemática da largura da calha do curso d'água foi mais bem definida pela medida estatística de tendência central “média” (12,00 m).

Corroborando os resultados obtidos, foi possível delimitar corretamente a APP do curso d'água, em atendimento às legislações ambientais vigentes, contribuindo para a redução da subjetividade intrínseca a elas. Os valores de área obtidos no presente estudo para APPs, quando comparados ao cenário legalmente aceito, apresentaram diferenças modestas e que podem até ser desprezadas, sem prejuízos ambientais, haja vista as compensações que ocorrem nos demais em trechos.

Conclui-se, sobremaneira, que a utilização das geotecnologias, aliadas especialmente às técnicas computacionais de processamento de imagens, foi de fundamental importância no presente estudo, subsidiando e viabilizando as análises realizadas e contribuindo significativamente para o delineamento da calha do leito regular de cursos d'água.

## Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. **Resolução nº 419, de 02 de maio de 2017.** Aprova o Regulamento Brasileiro da Aviação Civil Especial nº 94. Brasília, DF: ANAC, 2017. Disponível em: <https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/resolucoes/2017/resolucao-no-419-02-05-2017>. Acesso em: 30 ago. 2018.

ALVES, G. M. R.; FERREIRA, M. F. M. Uso do solo em Áreas de Preservação Permanente (APP) na bacia do córrego do Pântano, município de Alfenas-MG. **Revista de Geografia**, Juiz de Fora, v. 6, n. 4, p. 329-337, 2016. Disponível em: <https://periodicos.ufjf.br/index.php/geografia/article/view/18036>. Acesso em: 30 ago. 2018.

ALVES, J. B.; MEDEIROS, F. S. Impactos ambientais e delimitação da Área de Preservação Permanente do rio Espinharas no trecho urbano de Patos-PB. **Redes: revista do desenvolvimento regional**, Santa Cruz do Sul, v. 21, n. 2, p. 107-130, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.17058/redes.v21i2.7248>. Disponível em: <https://periodicos.ufjf.br/index.php/geografia/article/view/18036>. Acesso em: 30 ago. 2018.

ARAÚJO, P. S. Diagnóstico da supressão de vegetação nativa em áreas de preservação permanente contida no Código Florestal Brasileiro de 2012. **Revista de Estudos Jurídicos UNESP**, Franca, v. 18, n. 27, 2014. DOI: 10.22171/rej.v18i27.1243. Disponível em: <https://ojs.franca.unesp.br/index.php/estudosjuridicosunesp/article/download/1243/1338>. Acesso em: 30 ago. 2018.

BERTONI, J. C.; TUCCI, C. E. M. Precipitação. In: TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 4. ed. Porto Alegre: UFRGS/ABRH, 2014. p.177-241.

BRASIL. **Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965.** Brasília, DF: Presidência da República, 1965. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L4771.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L4771.htm). Acesso em: 30 ago. 2018.

BRASIL **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012.** Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa, e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 2012. Disponível em:

[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm). Acesso em: 30 ago. 2018.

CÂMARA, G.; QUEIROZ, G. R. Arquitetura de sistemas de informação geográfica. *In*: CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, M. V. (org.). **Introdução à ciência da Geoinformação**. São José dos Campos: Gilberto Câmara, Clodoveu Davis, Antônio Miguel Vieira Monteiro, 2004. 345p. 2004. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/>. Acesso em: 1 set. 2018.

CAMPAGNOLO, K.; SILVEIRA, G. L.; MIOLA, A. C.; SILVA, R. L. L. Área de Preservação Permanente de um rio e análise da legislação de proteção da vegetação nativa. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 27, n. 3, p. 831-842, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.5902/1980509828633>. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/cienciaflorestal/article/view/28633/pdf>. Acesso em: 1 set. 2018.

CAMPOS, F. F.; MATIAS, L. F. Mapeamento das Áreas de Preservação Permanente (APP's) e sua situação de uso e ocupação no município de Paulínia (SP). **Geociências**, Rio Claro, v. 31, n. 2, p. 309-319, 2012. Disponível em: <http://www.ppegeo.igc.usp.br/index.php/GEOSP/article/view/7260/6704>. Acesso em: 1 set. 2018.

CARDOSO, L. S.; RAMOS, J. D.; MELLO, H. O. O. Composição, densidade e abundância das populações de Cladocera, Copepoda e Rotífera de Áreas de Proteção Permanente do rio Uberabinha. **Em Extensão**, Uberlândia, v. 7, n. 2, p. 95-106, 2008. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/revextensao/article/view/20517/10948>. Acesso em: 1 set. 2018.

CASADO, M. R.; GONZALEZ, R. B.; KRIECHBAUMER, T.; VEAL, A. Automated identification of river hydromorphological features using UAV high resolution aerial imagery. **Sensors**, v. 15, n. 11, p. 27969-27989, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/s151127969>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1424-8220/15/11/27969/htm>. Acesso em: 1 set. 2018.

COELHO, R. C. T. P.; BUFFON, I.; GUERRA, T. Influência do uso e ocupação do solo na qualidade da água: um método para avaliar a importância da zona ripária. **Ambi-Água**, Taubaté, v. 6, n. 1, p. 104-117, 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.4136/1980-993X>. Disponível em: [http://www.ambi-agua.net/seer/index.php/ambi-agua/article/download/446/pdf\\_424](http://www.ambi-agua.net/seer/index.php/ambi-agua/article/download/446/pdf_424). Acesso em: 1 set. 2018.

CUNHA, J. P. S.; LUCENA, R. C. F.; SOUSA, C. A. F. Monitoramento do uso e ocupação de Áreas de Preservação Permanentes urbanas com o apoio de geotecnologias: O caso do rio Jaguaribe em João Pessoa-PB. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, Tupã, v. 5, n. 30, p. 42-50, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.17271/2318847253020171538>. Disponível em: [https://www.amigosdanatureza.org.br/publicacoes/index.php/gerenciamento\\_de\\_cidades/article/view/1538](https://www.amigosdanatureza.org.br/publicacoes/index.php/gerenciamento_de_cidades/article/view/1538). Acesso em: 1 set. 2018.

DÀ-JIĀNG INNOVATIONS SCIENCE AND TECHNOLOGY CO. **Phantom 3 Standart**. Cidade: DJI, [2018]. Disponível em: <https://www.dji.com/br/phantom-3-standard/info>. Acesso em: 30 ago. 2018.

ESRI. **ArcGIS**: Software versão 10.3. São José dos Campos: ESRI, 1998. Disponível em: <http://www.esri.com/software/ArcGIS/index.html>. Acesso em: 1 set. 2018.

FERRARI, J. L.; SANTOS, A. R.; GARCIA, R. F.; AMARAL, A. A.; PEREIRA, L. R. Análise de conflito de uso e cobertura da terra em Áreas de Preservação Permanente do Ifes – Campus de Alegre, Município de Alegre, Espírito Santo. **Floresta e Ambiente**, Alegre, v. 22, n. 3, p. 307-321, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.042113>. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S2179-80872015000300307&lng=en&nrm=iso&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2179-80872015000300307&lng=en&nrm=iso&tlng=pt). Acesso em: 3 set. 2018.

FLORENZANO, T. G. Geotecnologias na Geografia Aplicada: Difusão e Acesso. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 17, p. 24-29, 2011. DOI: <https://doi.org/10.7154/RDG.2005.0017.0002>. Disponível em: <http://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/47272>. Acesso em: 3 set. 2018.

GAMARRA, R. M.; TEIXEIRA-GAMARRA, M. C.; CARRIJO, M. G. G.; PARANHOS FILHO, A. C. Uso do NDVI na Análise da estrutura da vegetação e efetividade da proteção de Unidade de Conservação no Cerrado. **Ra'e ga: o espaço geográfico em análise**, Curitiba, v. 37, p. 307-332, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/raega.v37i0.42454>. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/raega/article/view/42454>. Acesso em: 3 set. 2018.

KAKAES, K.; GREENWOOD, F.; LIPPINCOT, M.; DOSEMAGEN, S.; MEIER, P.; WICH, S. **Drones and aerial observation: new technologies for property rights, human rights, and global development**. New America, 2015.

LONG, J.; FENG, X.; ZHU, X.; ZHANG, J.; GOU, G. Efficient Superpixel-Guided Interactive Image Segmentation Based on Graph Theory. **Symmetry**, Basel, v. 10, n. 5, p. 169, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/sym10050169>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-8994/10/5/169>. Acesso em: 3 set. 2018.

MEDEIROS, F. A. **Desenvolvimento de um veículo aéreo não tripulado para aplicação em agricultura de precisão**. 102 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

MEDEIROS, J. D. A demarcação de áreas de preservação permanente ao longo dos rios. **Biotemas**, Florianópolis, v. 26, n. 2, p. 261-270, 2013. DOI: <https://doi.org/10.5007/2175-7925.2013v26n2p261>. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/biotemas/article/view/2175-7925.2013v26n2p261>. Acesso em: 1 set. 2018.

MENDES, T. A.; MARIANO, J. V.; MARQUES, P. H. G.; SANTOS, L. D. P. S. Diagnóstico ambiental da área de preservação permanente da nascente do Córrego Almeida utilizando ferramenta de geoprocessamento (Aparecida de Goiânia-GO). **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 38, n. 3, p. 1331-1345, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.5902/2179460X22867>. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/cienciaenatura/article/view/22867>. Acesso em: 1 set. 2018.

MINAS GERAIS. **Lei nº 20.922, de 16 de outubro de 2013**. Dispõe sobre as políticas florestal e de proteção à biodiversidade no Estado. Belo Horizonte: Governo de Estado, 2013.

Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=30375>. Acesso em: 30 ago. 2018.

MOURA, A. C. M. Aplicação do modelo de polígonos de Voronoi em estudos de áreas de influência de escolas públicas: estudo de caso em Ouro Preto – MG. **Revista Brasileira de Estudos Regionais e Urbanos**, Belo Horizonte, v. 3, n. 2, 2009. Disponível em: <https://revistaaber.org.br/rberu/article/view/55/43>. Acesso em: 30 ago. 2018.

NASCIMENTO, L. N.; GAMARRA, R. M.; DALMAS, F. B.; OLIVEIRA, A. P. G.; PARANHOS FILHO, A. C. Aplicação de Geotecnologias na delimitação de Áreas de Preservação Permanente do município de Paraíso das Águas (MS). **Revista Geociências - UNG**, Guarulhos, v. 16, n. 1, p. 128-139, 2017. Disponível em: <http://revistas.ung.br/index.php/geociencias/article/view/2957>. Acesso em: 1 set. 2018.

NEX, F.; REMONDINO, F. UAV for 3D mapping applications: a review. **Applied Geomatics**, v. 6, n. 1, p. 1–15, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12518-013-0120-x>. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/260529522\\_UAV\\_for\\_3D\\_mapping\\_applications\\_A\\_review](https://www.researchgate.net/publication/260529522_UAV_for_3D_mapping_applications_A_review). Acesso em: 1 set. 2018.

OLIVEIRA, V. M. M.; REIS, L. M. M. Conflitos em áreas de preservação permanente na bacia hidrográfica do Rio Pitimbu- RN: proposta de um indicador institucional de sustentabilidade. **Guaju: Revista brasileira de desenvolvimento territorial sustentável** Matinhos, v. 3, n. 1, p. 91-110, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/guaju.v3i1.50244>. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/guaju/article/view/50244>. Acesso em: 3 set. 2018.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. As principais fitofisionomias do bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; SEMÍRAMIS, P.; RIBEIRO, J. F. (org.). **Cerrado: Ecologia e flora**. Brasília, DF: Embrapa Cerrados, 2008. p. 151-212.

SANTOS, J. B.; PEZZONI FILHO, J. C.; DANTAS, M. J. F.; ZIMBACK, C. R. L.; LESSA, L. G. F. Avaliação da Adequação da Ocupação do Solo em Áreas de Preservação Permanente (APPs). **Irriga**, Botucatu, v. 19, n. 2, p. 333-344, abr.-jun. 2014. DOI: <https://doi.org/10.15809/irriga.2014v19n2p333>. Disponível em: <http://revistas.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/irriga.2014v19n2p333>. Acesso em: 3 set. 2018.

SILVA, D. C. C.; MORO, M. K.; MOYA, K. J.; PINHEIRO, M. M.; SIMONETTI, V. C. Proposta metodológica para definição de áreas prioritárias para recuperação vegetal de Áreas de Preservação Permanente. **Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, Florianópolis, v. 7, n. 4, p. 540-562, 2018. DOI: <http://doi.org/10.19177/rgsa.v7e42018540-562>. Disponível em: [http://www.portaldeperiodicos.unisul.br/index.php/gestao\\_ambiental/article/view/7291](http://www.portaldeperiodicos.unisul.br/index.php/gestao_ambiental/article/view/7291). Acesso em: 3 set. 2018.

SILVA, H. G.; CARDOSO, B. N. P.; SANTOS, N. T. L.; MORAES, M. R. B.; CARVALHO, H. P. Pegada hídrica do milho safrinha cultivado em Uberlândia-MG. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 11, n. 21, p. 1460-1467, 2015. Disponível em: <http://www.conhecer.org.br/enciclop/2015b/agrarias/Pegada%20Hidrica.pdf>. Acesso em: 3 set. 2018.

SILVA, L. F.; BACANI, V. M. Análise da Fragilidade Ambiental e das Áreas de Preservação Permanente da Bacia Hidrográfica do Córrego Fundo, Município de Aquidauana-MS.

**Caderno de Geografia**, v. 27, n. 49, 2017. DOI: <https://doi.org/10.5752/P.2318-2962.2017v27n49p264> . Disponível em:

<http://periodicos.pucminas.br/index.php/geografia/article/view/p.2318-2962.2017v27n49p264>. Acesso em: 3 set. 2018.

SILVA, M. S.; LEMOS, S. S.; MORAES, A. B. Uso de geotecnologias para delimitação de Áreas de Preservação Permanente e análise das áreas de conflito de uso e ocupação do solo na zona urbana do município de Mãe do Rio – PA. *In: SEMINARIO NACIONAL SOBRE O TRATAMENTO DE ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE EM MEIO URBANO E RESTRIÇÕES AMBIENTAIS AO PARCELAMENTO DO SOLO*, 2014, Belém. **Anais** [...]. Belém: UFPA, 2014. Disponível em: <http://anpur.org.br/app-urbana-2014/anais/ARQUIVOS/GT3-72-33-20140518141544.pdf>. Acesso: 21 fev. 2019.

SOUZA, C. G.; ZANELLA, L.; BORÉM, R. A. T.; CARVALHO, L. M. T.; ALVES, H. M. R.; VOLPATO, M. M. L. Análise da fragmentação florestal da Área de Proteção Ambiental Coqueiral, Coqueiral – MG. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 24, n. 3, p. 631-644, 2014.

DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1980-509820142403011>. Disponível em:

[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1980-50982014000300631&script=sci\\_abstract&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1980-50982014000300631&script=sci_abstract&tlng=pt). Acesso em: 20 fev. 2019.

TERUYA JUNIOR, H.; LASTORIA, G.; PARANHOS FILHO, A. C.; DALMAS, F. B.; CORREA, L. C. Mapeamento das APP's de hidrografia e declividade como subsídio a gestão da Bacia Hidrografia do Rio Formoso (Mato Grosso do Sul). **Revista Geociências - UNG**, Guarulhos, v. 15, n. 2, p. 128-140, 2016. Disponível em:

<http://revistas.ung.br/index.php/geociencias/article/viewFile/2436/1843>. Acesso em: 21 fev. 2019.

VIDAL, A. M. F. **Extração e avaliação de geoinformação pelo uso de imagens adquiridas por veículos aéreos não tripulados**. 2013. 59 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, Porto, 2013. Disponível em:

[https://sigarra.up.pt/fcup/pt/pub\\_geral.show\\_file?pi\\_doc\\_id=6106](https://sigarra.up.pt/fcup/pt/pub_geral.show_file?pi_doc_id=6106). Acesso em: 20 fev. 2019.

VIVONI, E. R.; RANGO, A.; ANDERSON, C. A.; PIERINI, N. A.; SCHREINER-MCGRAW, A. P.; SARIPALLI, S.; LALIBERTE, A. S. Ecohydrology with unmanned aerial vehicles. **Ecosphere**, Washington, v. 5, n. 10, p. 130-144, 2014. DOI:

<https://doi.org/10.1890/ES14-00217.1>. Disponível em:

<https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1890/ES14-00217.1>. Acesso em: 21 fev. 2019.

WILKOWSKI, W.; LISOWSKI, M.; WYSZYŃSKI, M.; WIERZBICKI, D. The use of Unmanned Aerial Vehicles (drones) to determine the shoreline of natural watercourses.

**Journal of Water and Land Development**, Raszyn, v. 35, n. 1, p. 259-264, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1515/jwld-2017-0092>. Disponível em:

<https://content.sciendo.com/view/journals/jwld/35/1/article-p259.xml>. Acesso em: 20 fev. 2019.

WORBOYS, M.; DUCKHAM, M. **GIS: A computing perspective**. 2. ed. Boca Raton: CRC Press, 2004.

ZONEAMENTO ecológico econômico do Estado de Minas Gerais. Disponível em: <http://geosisemanet.meioambiente.mg.gov.br/zee/>. Acesso em: 2 set. 2018.

**CAPÍTULO 3: ANÁLISE DO CADASTRO AMBIENTAL RURAL FRENTE A  
DELIMITAÇÃO DAS APPs DE CURSOS D'ÁGUA SEGUNDO AS  
DIRETRIZES LEGAIS APLICÁVEIS**

## 1. INTRODUÇÃO

A gestão e o ordenamento do território compreendem processos decisórios, em que o Estado, enquanto entidade controladora, organiza propostas de gestão e de acesso aos recursos naturais, além de suas formas de exploração e preservação (DIAS *et al.*, 2018). Não obstante, no cenário rural, estratégias de monitoramento e acompanhamento da utilização dos recursos naturais são imprescindíveis como forma de salvaguardar o planejamento ambiental e econômico e o combate ao desmatamento (BRASIL, 2014; FARIAS, 2017).

A Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa e dá outras providências, seguida pelo Decreto nº 7.830/2012, Decreto nº 8.235/2014, e pela Instrução Normativa pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA) nº 02/2014, implementou no âmbito do Sistema Nacional de Informação sobre Meio Ambiente – SINIMA, o Cadastro Ambiental Rural – CAR (BRASIL, 2012a; 2012b; 2014; MMA, 2014). O CAR consiste em um instrumento de registro público eletrônico nacional, que objetiva a integração das informações ambientais de propriedades e posses rurais, sendo obrigatório a todos os imóveis públicos e privados enquadrados nestas categorias (BRASIL, 2012a; BRANDÃO *et al.*, 2016).

O CAR é um registro eletrônico declaratório e permanente, que caso não seja realizado pode acarretar a restrição ao acesso do proprietário ou posseiro a diversos benefícios, como: obtenção de crédito agrícola com juros menores; contratação do seguro agrícola em condições melhores que as praticadas no mercado; dedução das Áreas de Preservação Permanente, de Reserva Legal e de uso restrito base de cálculo do Imposto sobre a Propriedade Territorial Rural – ITR; possibilidade de regularização das Áreas de Preservação Permanente e/ou Reserva Legal e vegetação natural suprimida ou alterada até 22/07/2008, sem autuação por infração administrativa ou crime ambiental; dentre outros (BRASIL, 2012a; IMA, 2016; SERVIÇO, 2016; ELLOVICH; VALERA, 2013; MACHADO; SALEME, 2017).

Em âmbito nacional, a área passível de cadastro estimada com base no Censo Agropecuário 2006 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, contabiliza 397.836.864ha, e, segundo dados do último relatório informativo do CAR, até o dia 31 de agosto de 2019 a área total cadastrada compreendia 531.173.861ha, demonstrando um percentual de cadastro de 133,51% (SERVIÇO, 2019).

Tal instrumento compreende do ponto de vista técnico uma estratégia de planejamento e monitoramento do uso da terra em imóveis e posses rurais, atuando não meramente como uma obrigação legal, e sim como uma ferramenta de gestão ambiental. Para tanto, a ferramenta fundamenta-se no levantamento de informações georreferenciadas dos imóveis, viabilizando o traçado de um mapa digital e do diagnóstico ambiental da área (INCRA, 2019; LAUDARES et al., 2014).

Inerente à gestão estratégica do CAR está o objetivo de preservação e monitoramento da vegetação ciliar, denominada legalmente como Áreas de Preservação Permanente (APPs), as quais estão diretamente associadas à conservação dos ecossistemas e proteção dos recursos hídricos, assegurando, conseqüentemente, a preservação da qualidade de água. Essas áreas legalmente protegidas são ambientes que, quando preservados, estabelecem uma conexão natural entre habitats florísticos e faunísticos, favorecendo o fluxo gênico das espécies e a formação de corredores ecológicos. Além disso, atuam como áreas mitigadoras e/ou minimizadoras do desconforto humano, da fragmentação do habitat e da incidência e instalação de processos erosivos no solo, por exemplo (BRASIL, 2012a; LAUDARES et al., 2014).

Estudos que garantam a correta delimitação, bem como a preservação desses ambientes, devem ser priorizados, de forma que as regulamentações expressas na forma de lei tenham sua efetividade e eficácia devidamente asseguradas. Desta forma, o presente estudo objetiva em um primeiro momento delimitar e representar, de forma única e objetiva, a calha do leito regular de trecho do Rio Uberabinha, localizado no município de Uberlândia/MG, durante a estação chuvosa, utilizando a metodologia proposta por Melo e Silva (2019). Posteriormente, com a definição da calha do leito do curso d'água, o trabalho possui como objetivo a delimitação da Área de Preservação Permanente correlata, conforme metragens estabelecidas no Código Florestal vigente, comparando-a com os dados cadastrados no âmbito do Cadastro Ambiental Rural – CAR, instrumento oficial de regularização ambiental de imóveis e posses rurais.

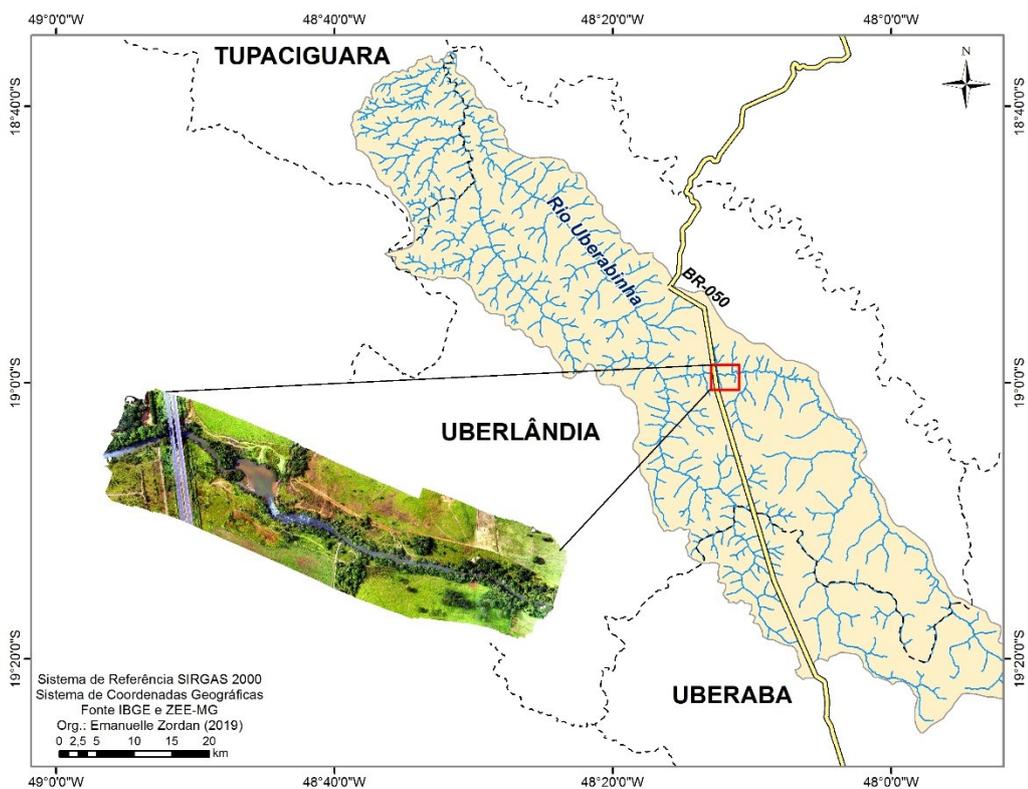
## **2. MATERIAL E MÉTODO**

### **2.1. Área de Estudo**

Situada no estado de Minas Gerais, na Mesorregião Geográfica do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, a área de estudo da presente pesquisa compreende parte do trecho do Rio Uberabinha, cuja bacia hidrográfica abrange terras dos municípios de

Uberaba, Uberlândia e Tupaciguara, com cerca de 20%, 70% e 10%, consecutivamente, da área total da bacia.

De acordo com as informações disponibilizadas no Zoneamento Ecológico-Econômico do estado de Minas Gerais, o referido curso d'água possui aproximadamente 155 km de extensão e atravessa todo o município de Uberlândia, contempla suas nascentes no município de Uberaba e desagua no baixo curso do rio Araguari (ZEE-MG, 2018). O trecho de análise da presente pesquisa possui 960 metros de extensão (em linha reta), e está localizado próximo à ponte do Rio Uberabinha, na BR-050, região do Poço Azul, no sentido de Uberlândia-Uberaba, conforme apresentado na Figura 1.



**Figura 1** - Localização da bacia hidrográfica do Rio Uberabinha com destaque para o trecho em estudo. Fonte: Os autores.

As nascentes do Rio Uberabinha localizam-se a uma altitude aproximada de 970 metros em uma região denominada Fanecos, no município de Uberaba. Além disso, o referido curso d'água intercepta a área urbana de Uberlândia, abastecendo com água esse município. Dentre os principais afluentes desse rio estão o Rio das Pedras, e os Ribeirões Bom Jardim e Beija-Flor, sendo todos localizados na zona rural e contribuintes pela margem esquerda. Em termos florísticos, no limite da bacia apresentada ocorrem fisionomias vegetais predominantes do bioma Cerrado (RIBEIRO; WALTER, 2008).

Segundo o Zoneamento da Bacia Hidrográfica do Rio Uberabinha, proposto por Rosa e Ferreira (2018), o principal uso do solo detectado para a zona em que o trecho em estudo se insere, compreende as culturas anuais, sendo encontradas propriedades rurais que realizam a integração lavoura-pecuária. Ademais, uma questão relevante sinalizada em relação a esta zona, diz respeito à necessidade de recuperação das APPs, visto que em muitas áreas se nota o avanço das lavouras, sem a adoção de qualquer medida de recomposição para as vegetações ciliares. Tal fato torna-se ainda mais preocupante por se tratar de uma bacia de abastecimento público (ribeirão Bom Jardim), responsável por suprir a demanda do município de Uberlândia/MG.

## **2.2. Procedimentos metodológicos**

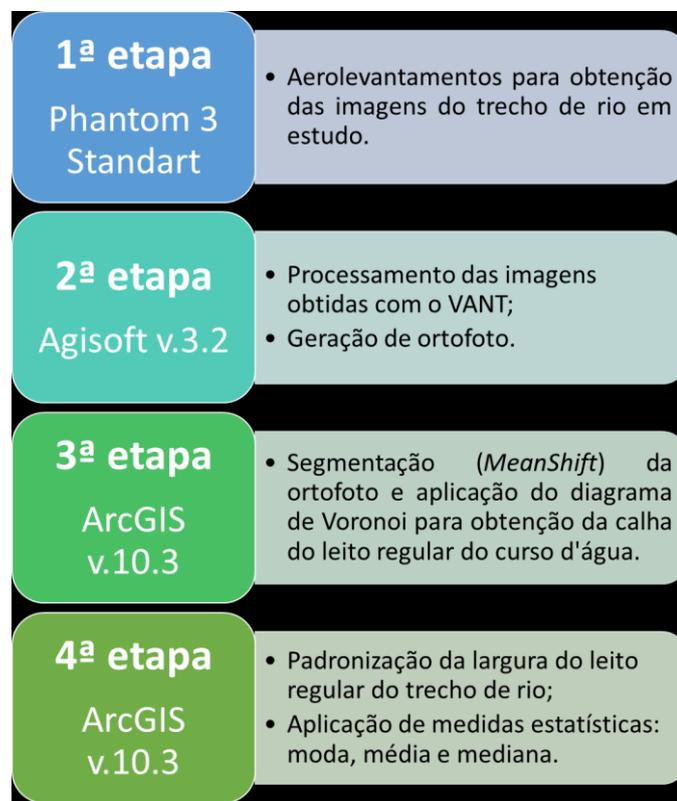
A presente pesquisa constitui-se de três fases sequenciais, a primeira corresponde à definição da calha do leito regular do curso d'água, no período chuvoso, conforme metodologia proposta por Melo e Silva (2019), apresentada no Capítulo 2. A segunda fase diz respeito à delimitação da Área de Preservação Permanente (APP) correlata para o trecho de rio em estudo, levando-se em consideração as diretrizes expressas no Código Florestal e a metragem obtida para a calha do leito regular do rio na etapa precedente. Por fim, a terceira e última fase se refere à comparação da APP obtida na presente pesquisa com os dados cadastrados no âmbito do Cadastro Ambiental Rural (CAR), instrumento de regularização ambiental para imóveis e posses rurais. É importante ressaltar que todas as etapas descritas são fundamentadas em técnicas de processamento digital de imagens e sensoriamento remoto.

A seguir, tem-se o detalhamento de cada etapa executada na presente pesquisa:

### **2.2.1. Primeira fase: Definição da calha do leito regular do curso d'água**

A definição da calha do leito regular do trecho de rio estudado foi realizada com base na metodologia proposta por Melo e Silva (2019), descrita no Capítulo 2, que buscou delimitar a calha de um trecho do Rio Uberabinha, localizado no município de Uberlândia/MG. Foi aplicado o referido método em imagens coletadas no período chuvoso.

O fluxograma apresentado na Figura 2 contempla a síntese das ações realizadas e, na sequência, tem-se um breve descritivo de cada etapa desenvolvida na pesquisa. Ressalta-se que foram realizados dois voos, sendo um em período de seca e outro em período chuvoso, na mesma área de estudo, objetivando verificar a influência da precipitação na delimitação da calha regular do rio. Assim, os aerolevantamentos foram programados em datas distintas, sendo um no início de setembro (acumulado do período seco), cujos resultados foram apresentados e discutidos no Capítulo 2, e outro no início do mês de abril (acumulado do período chuvoso), objeto do presente capítulo da pesquisa (Capítulo 3).



**Figura 2** – Breve síntese das etapas metodológicas propostas por Melo e Silva (2019), aplicadas para o período chuvoso no trecho de rio em estudo. Fonte: Os autores.

Conforme evidenciado na Figura 2, como material de apoio pode ser destacada a utilização de imagens obtidas a partir de um Veículo Aéreo Não Tripulado – VANT, produzido pela empresa chinesa DJI, modelo Phantom 3 Standart, multirrotor de asas rotativas; e *softwares* de apoio como Agisoft versão 3.2 e ArcGIS® versão 10.3 para processamento das imagens.

- **1ª etapa**

Para avaliar a aplicabilidade do método proposto no Capítulo 2 em imagens coletadas no período chuvoso, foi realizado um voo no início do mês de abril, utilizando o VANT Phantom 3 Std, que usa como sistema de posicionamento GNSS o sistema *GPS* integrado à aeronave, sendo a sua escolha dada por ser um veículo automático de baixo custo. Dentre as características do equipamento está uma câmera que possui 12 MP (1/2.3”), lente de 20 mm com  $f/2.8$  e um campo de visão de  $94^\circ$ .

O aerolevanteamento foi executado com altura programada de 100 metros e com sobreposições laterais e longitudinais de 50% e 70%, respectivamente. Segundo Fitz (2008), tem-se que haver no mínimo uma sobreposição longitudinal de 60% e lateral de 30%, para obtenção de bons resultados no aerolevanteamento tradicional, garantindo a estereoscopia entre cada par de fotos, contudo, no caso do VANT, esses valores são ampliados devido maior instabilidade da aeronave.

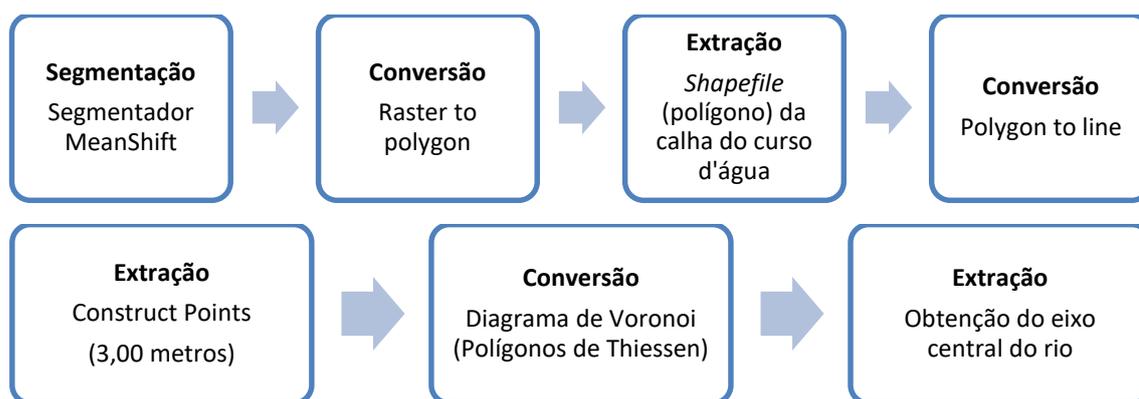
Foram coletadas 291 fotos nesta configuração, distribuídas em 4 linhas de voos. A velocidade programada para o voo foi de 15m/s. Considerando as configurações do voo evidenciadas, o GSD (*Ground Sample Distance*) da ortofoto gerada foi de 3,79cm.

- **2ª etapa**

Para processamento e geração da ortofoto foi utilizado o software fotogramétrico Agisoft, sendo o procedimento para obtenção das imagens delineados no próprio software.

- **3ª etapa**

Em posse da ortofoto, as etapas de segmentação da imagem e extração da calha do leito regular do curso d'água foram realizadas por meio de ferramentas implementadas no software ArcGIS versão 10.3. Foram aplicadas basicamente as técnicas de segmentação, conversão e extração inseridas na janela ArcToolbox do software. Apresenta-se a seguir o sequenciamento das ações aplicadas em ambiente SIG:



**Figura 3** – Ferramentas implementadas no software ArcGIS para obtenção do eixo central do curso d’água. Fonte: Os autores.

É importante ressaltar que, como comprovado por Melo e Silva (2019) durante a etapa de extração de pontos “Construct Points”, a equidistância mais adequada para obtenção do *shapefile* de pontos que é utilizado na ferramenta Diagrama de Voronoi corresponde a 3 metros. Desta forma, na presente pesquisa foi considerada essa equidistância para execução da ferramenta. Posteriormente, a partir de tal definição, foi aplicado o Diagrama de Voronoi, também denominado Polígonos de Thiessen, para obtenção do eixo central do trecho de rio estudado.

#### ▪ 4ª etapa

Após a extração da calha do leito regular do curso d’água, foram aplicadas as três medidas estatísticas de tendência central (média, moda e mediana), testadas por Melo e Silva (2019) no âmbito do período seco, para padronização da largura da calha do leito regular do curso d’água no período chuvoso.

### 2.2.2. Segunda fase: Delimitação e cômputo da Área de Preservação Permanente

Durante a segunda fase metodológica, foi demarcada a Área de Preservação Permanente correspondente à medida estatística mais representativa para padronização da largura da calha do leito do rio, respeitando as diretrizes legais propostas no CF Estadual (Lei nº 20.922/2013) quanto a metragem para a área protegida. Foi utilizada a ferramenta “*Buffer*”, implementada no ArcGIS 10.3, que é considerada de análise padrão,

sendo amplamente utilizada para determinação de zonas de influência e demarcação de áreas protegidas.

Uma vez delimitada a APP, foi realizado o cômputo de ocupação desta área protegida a partir do cálculo da área total de ocupação da poligonal, por meio da ferramenta “*Calculate Geometry*”, inserida no software ArcGIS 10.3. Para viabilizar tal ação, inicialmente, todos os arquivos vetoriais foram projetados para o mesmo sistema de coordenadas, e, posteriormente, foi criado um campo de tipologia “*Double*” na tabela de atributos do *shapefile* e executada a ferramenta de cálculo para obtenção da área, em hectares.

### **2.2.3. Terceira fase: Cadastro Ambiental Rural**

De forma a confrontar a delimitação da APP obtida a partir da metodologia proposta com os dados cadastrados no âmbito do Cadastro Ambiental Rural (CAR), que configura um instrumento oficial de regularização ambiental de imóveis e posses rurais, foi elaborado um mapa digital das áreas protegidas em ambiente SIG, realizando-se a avaliação das APPs não apenas em termos de delimitação/metragem, mas comparando também o uso e a ocupação do solo por meio da fotointerpretação da imagem obtida com o VANT. Conforme destacado por Santos (2018), analisar possíveis conflitos quanto ao uso e ocupação do solo em APPs é necessário para averiguar o panorama atual do cumprimento ou descumprimento da legislação ambiental em vigor, além de viabilizar a proposta de medidas mitigadoras para os impactos advindos da ocupação ilegal das áreas protegidas.

Para acesso e download dos dados relativos ao CAR, o Governo Federal disponibiliza a plataforma de acompanhamento *online* denominada SICAR (Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural), que possui um módulo específico para a Consulta Pública de informações. Neste módulo é possível ter acesso à Base de Downloads do sistema, utilizando-se filtros de “Unidade Federativa” e “Município” para direcionamento dos arquivos, que podem ser baixados nos formatos *shapefile* (.shp) e *Comma-separated-values* (CSV). Esses arquivos são georreferenciados e provêm de registros realizados por profissionais que atuam no cadastramento ambiental e depositam os dados cadastrais no sistema SICAR (SANTOS, 2018).

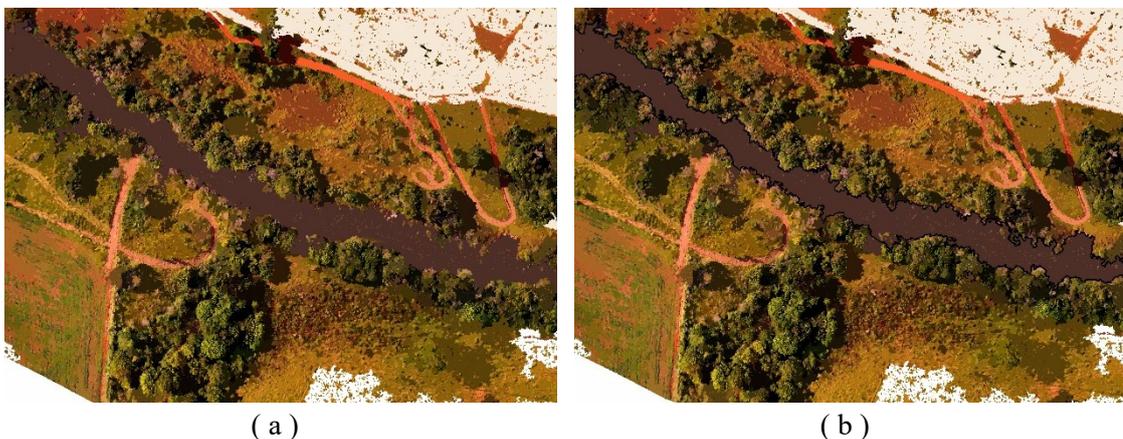
Com o objetivo de obter os dados vetoriais cadastrados junto ao CAR para a área de estudo, foi realizada a filtragem na plataforma SICAR para a UF de Minas Gerais e

município de Uberlândia, sendo posteriormente realizado o download dos arquivos em formato *shapefile*, Coordenadas Geográficas e Datum SIRGAS 2000 (EPSG 4674), com data de atualização de 24/08/2019 (SICAR, 2020). Seguindo essas instruções é possível ter acesso a diversas áreas declaradas no CAR como Área do imóvel, Reserva Legal, Área consolidada, Uso restrito, e outras; contudo, para esta análise foram utilizados os vetores de Áreas de Preservação Permanente e Hidrografia.

Após a obtenção dos referidos dados na plataforma *online*, os arquivos foram extraídos para a base de dados do projeto (*Geodatabase*), e, em ambiente SIG, por meio do componente ArcMap versão 10.3, integrante ao software ArcGIS, foi elaborado o mapa comparativo da hidrografia padronizada e APP obtidas neste estudo e àquelas cadastradas no CAR.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

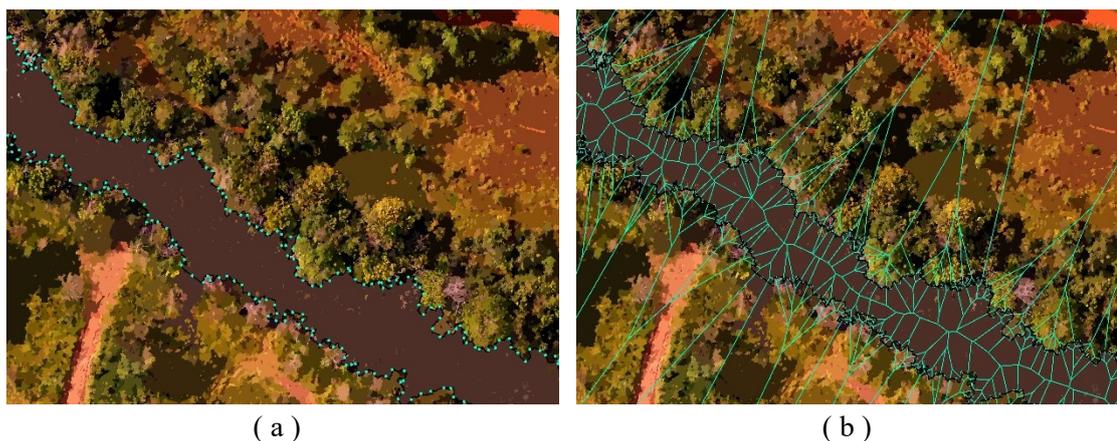
Em consonância aos resultados obtidos para o período seco, as análises realizadas para o período chuvoso também demonstraram a eficiência do método proposto quanto à segmentação da ortofoto, permitindo a extração, em formato vetorial (polígono), da calha do leito do trecho de rio estudado, conforme evidenciado na Figura 4:



**Figura 4** – Ortofoto do período chuvoso segmentada (a); Obtenção da calha do leito do trecho de rio, em polígono preto (b).

Para viabilizar a aplicação da ferramenta Diagrama de Voronoi (Polígonos de Thiessen), foi realizada a conversão da feição poligonal para vetor de tipologia linear, obtendo-se um arquivo *shapefile* representativo das margens direita e esquerda do curso d'água. Posteriormente, foi realizada a extração de pontos equidistantes 3,00 metros entre

si, conforme eficiência de tal distância comprovada por Melo e Silva (2019). Considerando essa configuração, foram obtidos 2.036 pontos em ambas margens, utilizados como entrada na ferramenta Voronoi implementada no ArcToolbox do ArcGIS. O algoritmo de Voronoi cria polígonos de Thiessen tendo como base um conjunto de pontos amostrais, desta forma, cada ponto amostral possui um polígono de influência (MIRANDA *et al.*, 2018).



**Figura 5** – Extração de pontos equidistantes 3,00 metros (a); Resultado da aplicação do Diagrama de Voronoi (b).

Na sequência, foi extraído o eixo central (leito regular) do curso d'água a partir da vetorização manual, utilizando a ferramenta “Trace”, implementada no menu “Editor” do ArcGIS. O segmento linear obtido possui comprimento de 1.081,05 metros, 1,32% menor quando comparado ao valor obtido para o período chuvoso (1.095,50 metros). Foram mantidas as retas ortogonais ao eixo central para viabilizar a mensuração da largura da calha do leito regular, e, conseqüentemente, definir a APP correlata.

A padronização da largura do trecho de rio estudado se deu a partir do armazenamento, em arquivo próprio, das retas que interligam o eixo central às bordas/margens do curso d'água, realizando o cálculo do comprimento de tais segmentos a partir da ferramenta “Calcule geometry” do software. A Tabela 1 apresenta os valores comparativos obtidos para a calha do leito regular do curso d'água nos períodos seco e chuvoso, considerando as três medidas estatísticas de tendência central testadas no presente estudo (média, moda e mediana), acrescidas dos valores de largura máxima e mínima:

**Tabela 1** – Valores obtidos para a largura máxima, mínima e medidas estatísticas de tendência central do curso d’água nos períodos chuvoso e seco

<b>Período</b>	<b>Largura máxima (m)</b>	<b>Largura mínima (m)</b>	<b>Média (m)</b>	<b>Moda (m)</b>	<b>Mediana (m)</b>
Seco	70,00	0,80	12,00	8,00	10,00
Chuvoso	70,00	0,80	12,00	8,00	10,00

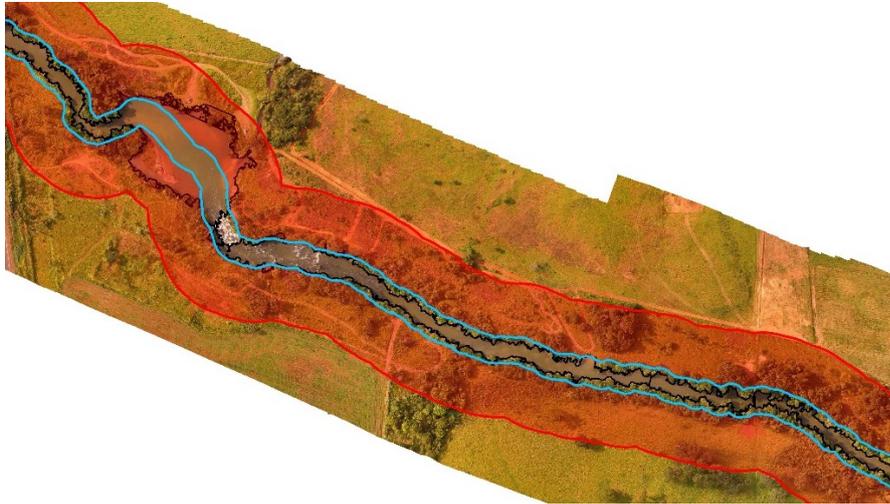
Em análise à Tabela 1 nota-se que os valores obtidos para todas as medidas avaliadas foram coincidentes, o que pode indicar que mesmo as avaliações ocorrendo em períodos sazonais distintos, o trecho de curso d’água estudado não sofreu grandes influências da precipitação ocorrida, e, igualmente, a metodologia proposta apresenta bons resultados independente da sazonalidade. Ademais, é importante mencionar que a montante da área de estudo (aproximadamente 5 km em linha reta) localiza-se a Represa de Abastecimento Sucupira do Rio Uberabinha (18°59'13.00"S, 48°08'57.00"W), que compreende um barramento para reservação de água capaz atuar na regularização da vazão a jusante, o que pode influenciar no fluxo de água da área em estudo.

Em um estudo realizado sobre o efeito do Sistema Cantareira sobre o regime de vazões na bacia do rio Piracicaba foi demonstrado que a operação de grandes reservatórios pode alterar toda a dinâmica fluvial natural de um curso d’água, alterando inclusive as vazões dos rios sob influência dos mesmos. Evidenciou-se ainda que as mudanças são mais significativas quanto mais próximos estiverem os cursos d’água em relação aos reservatórios (FREDERICE; BRANDÃO, 2018).

Mediante os resultados igualitários obtidos para os períodos seco e chuvoso, a medida estatística de tendência central “Média” foi considerada a mais representativa para padronização da largura do rio, em concordância com os resultados obtidos no período seco, que demonstraram que esta medida melhor condiz com a realidade da calha do leito regular do corpo hídrico (MELO; SILVA, 2019). O resultado obtido era esperado, visto que, visualmente, não foram observadas alterações significativas no trecho de rio avaliado.

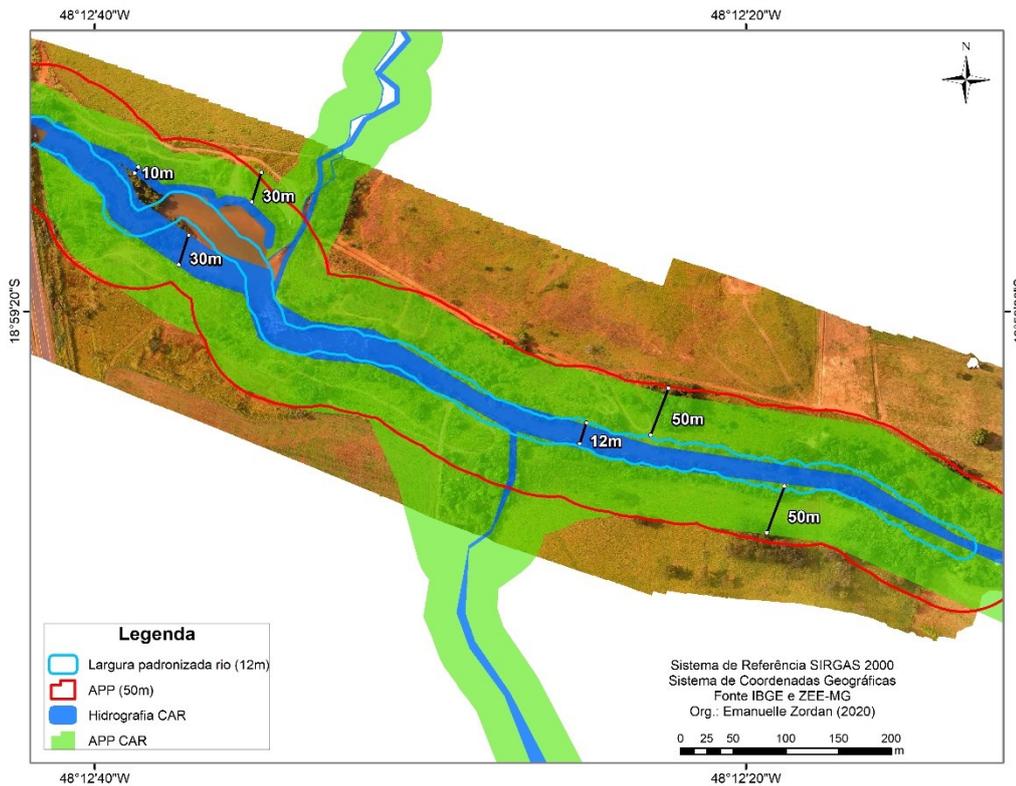
Seguindo as diretrizes expressas no Código Florestal quanto a delimitação das Áreas de Preservação Permanente (APPs) a partir da largura identificada para a calha do leito regular de cursos d’água, a padronização obtida de 12,00 metros para a largura média do trecho de rio estudado determina uma APP de 50,00 metros de largura. Nesta faixa de preservação ficam restritas atividades de supressão sem autorização prévia do órgão

competente, devendo a vegetação situada em APP ser mantida pelo proprietário da área, possuidor ou ocupante a qualquer título, pessoa física ou jurídica, de direito público ou privado (BRASIL, 2012).



**Figura 6** – Padronização da largura do curso d'água a partir da Média (12,00m), em azul, e delimitação da APP correlata (50,00m), em vermelho.

O Cadastro Ambiental Rural (CAR) concentra as informações ambientais de regularização de imóveis e posses rurais na plataforma eletrônica do Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural (SICAR). Tais informações propiciam a execução de análises ambientais variadas, dentre elas pode-se destacar o monitoramento de áreas protegidas como as APPs (BRANDÃO *et al.*, 2016). Desta forma, para confrontar e comparar a APP obtida na presente pesquisa com aquela cadastrada na plataforma de dados do CAR, foi elaborado o mapa apresentado na Figura 7, incluindo a hidrografia padronizada neste estudo (12,00 metros) e a cadastrada no CAR.



**Figura 7** – Mapa comparativo entre os dados de APP e hidrografia obtidos no presente estudo e aqueles cadastrados no SICAR. Fonte: Os autores.

A partir do mapa gerado pode-se notar a grande inconsistência dos dados obtidos no SICAR, visto que para o curso d'água em análise foram cadastradas informações divergentes tanto em relação à hidrografia quanto para as APPs. Verifica-se que foram registradas distintas poligonais para o curso d'água com metragens que variam entre 10 e 30 metros, o que ocasiona em um cadastro correspondente de APP com 30 e 50 metros, respectivamente. Além disso, foi observada a ausência de cadastro no local de remanso do curso d'água, fato apontado e discutido por Melo e Silva (2019), haja vista que a legislação não prevê diretrizes específicas para este caso.

Importa informar que o trecho de rio analisado está inserido em dois imóveis rurais distintos, gerando, conseqüentemente, dois cadastros no CAR, os quais baseiam-se na interpretação de cada proprietário quanto as informações prestadas. Oliveira e Oliveira (2019), ao verificarem a integração entre o Cadastro Ambiental Rural (CAR) e o Cadastro Nacional De Imóveis Rurais (CNIR) sob a ótica do Cadastro Territorial Multifinalitário, apontam que a entrada de dados do CAR não disponibiliza a visualização de dados dos vizinhos para confrontação, não garantindo a confiança geométrica na definição dos limites, podendo gerar dados inconsistentes com figuras geométricas distintas sobre o mesmo objeto.

Farias (2017) dispõe que os métodos para realizar o cadastramento das informações ambientais no CAR são a vetorização manual no sistema ou a importação de arquivos georreferenciados. O georreferenciamento realizado diretamente na base do SICAR, é promovido a partir de imagens de satélite RapidEye, fornecidas pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA), que possuem pixel de 5 metros. Scolforo et al (2014) descrevem que especialistas apontam que o método de vetorização de áreas disponibilizado pelo próprio sistema compreende a opção menos precisa dentre as disponíveis, haja vista que a escala das imagens RapidEye é 1:50.000, diferindo significativamente do potencial de visualização no módulo de cadastro do CAR que pode atingir até a escala 1:5.000.

Por sua vez, o carregamento de arquivos predefinidos no sistema, geralmente é pautado em técnicas de geoprocessamento e utilização de softwares SIG, contudo, é passível de certa subjetividade, visto que fica a cargo do técnico responsável pelo cadastro a escolha da base de imagens para geração dos dados.

É importante ressaltar que, segundo a Instrução Normativa nº 2/MMA/2014, o cadastramento dos imóveis rurais no CAR será realizado pelos proprietários ou possuidores rurais (MMA, 2014), não sendo exigido que técnicos e/ou profissionais sejam responsáveis pela geração e cadastro dos dados. Além desta flexibilização, o CAR, diferentemente de outras plataformas e procedimentos de cadastro como o Cadastro Nacional de Imóveis Rurais (CNIR), gerido pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA), não exige uma precisão posicional predefinida para os arquivos importados no sistema. Tais fatores corroboram para que muitas vezes sejam identificadas inconsistências como sobreposições e erros topológicos nos dados cadastrados no CAR.

Quando comparados os métodos aqui discutidos com os resultados obtidos nesta pesquisa, fica evidente o ganho ambiental da utilização de imagens de VANTs, principalmente quando comparadas com imagens de satélite disponíveis em meio *online* e gratuitas como Landsat-8 (pixel 15 metros), ou as próprias imagens RapidEye disponíveis na plataforma SICAR (pixel 5 metros). A melhor resolução espacial e espectral fornecida pelas imagens do VANT facilitam a identificação de feições nas áreas de interesse ambiental.

Nota-se por meio da fotointerpretação da ortofoto obtida com o VANT, que tanto na delimitação de APP proposta no estudo em tela quanto naquela cadastrada no SICAR, há uma desproteção e/ou subproteção das áreas legalmente protegidas, haja vista a

ausência de cobertura vegetal e presença de solo desnudo. Tal comportamento também foi observado por Dias *et al.* (2018) em um estudo que analisou as APPs cadastradas no CAR na microbacia do Jaurucu, no estado do Pará.

Por fim, importa mencionar que para os imóveis e posses rurais enquadrados em situações de necessidade de regularização e/ou recuperação de áreas protegidas, existe o Programa de Regularização Ambiental (PRA), instituído pela Lei nº 12.651/2012, bem como pelos Decretos 7.830, de 2012 e 8.235, de 2014 (BRASIL, 2012a; 2012b; 2014), que consiste em um conjunto de ações ou iniciativas a serem desenvolvidas por proprietários e/ou possuidores rurais com o objetivo de adequar e promover a regularização ambiental. A adesão ao PRA estabelece de antemão como se viabilizar compromissos em termos de regularização de passivos em Áreas de Preservação Permanente, por exemplo (MACHADO; SALEME, 2017).

#### 4. CONCLUSÕES

Os estudos realizados demonstram que a aplicação da metodologia proposta durante o período chuvoso para delimitação da calha do leito regular do trecho estudado do Rio Uberabinha, em Uberlândia, Minas Gerais, foi efetiva quando integradas técnicas de sensoriamento remoto e processamento digital de imagens. Foi possível notar que independente da sazonalidade os resultados obtidos foram coincidentes para o período seco e chuvoso, sendo a “Média” a medida estatística mais representativa para definição da largura da calha do leito regular do rio, em ambos períodos.

Em relação ao CAR, há de se reconhecer, apesar das evidências negativas pontuais abordadas no presente estudo, que compreende um importante mecanismo de controle e monitoramento ambiental, que fomenta a regularização dos imóveis e posses rurais, reunindo em um banco de dados único informações relevantes para a gestão ambiental.

Os VANTs, por sua vez, compreendem poderosas ferramentas para a análise e realização do CAR, associando a comodidade da técnica com melhores resultados em termos de qualidade cartográfica e precisão.

Esta pesquisa fornece subsídios para que os órgãos gestores, responsáveis pelo acompanhamento e monitoramento dos aspectos ambientais, além das partes interessadas, atenuem as fragilidades existentes no processo de acompanhamento e fiscalização dos imóveis, fomentando medidas de educação ambiental e fiscalização nas áreas legalmente protegidas para viabilizar a aplicação da legislação ambiental.

## Referências

- BOLETIM INFORMATIVO CAR. Brasília, DF: Serviço Florestal Brasileiro, ago. 2019. Dados até 31 de agosto de 2019. Disponível em: <http://www.florestal.gov.br/documentos/car/boletim-do-car/4283-boletim-informativo-car-agosto-2019/file>. Acesso em: 5 jan. 2020.
- BRANDÃO, A. M.; BACCAS, D.; AREAL, G. R. E.; LIMA, M. G.; BRITO, R. S. P.; FERREIRA, T. G. Principais aspectos da nova regulamentação do Cadastro Ambiental Rural (CAR). **Revista do BNDES**, Rio de Janeiro, n. 45, p. 197-24, jun. 2016. Disponível em: <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/9653>. Acesso em: 4 jan. 2020.
- BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 2012a. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm). Acesso em: 20 dez. 2019.
- BRASIL. **Decreto nº 7.830, de 17 de outubro de 2012**. Dispõe sobre o Sistema de Cadastro Ambiental Rural, o Cadastro Ambiental Rural. Brasília, DF: Presidência da República, 2012b. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2011-2014/2012/Decreto/D7830.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Decreto/D7830.htm). Acesso em: 20 dez. 2019.
- BRASIL. **Decreto nº 8.235, de 5 de maio de 2014**. Estabelece normas gerais complementares aos Programas de Regularização Ambiental dos Estados e do Distrito Federal. Brasília, DF: Presidência da República, 2014. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2011-2014/2012/Decreto/D7830.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Decreto/D7830.htm). Acesso em: 20 dez. 2019.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente **Instrução Normativa nº 2/MMA, de 06 de maio de 2014**. Dispõe sobre os procedimentos para a integração, execução e compatibilização do Sistema de Cadastro Ambiental Rural-SICAR e define os procedimentos gerais do Cadastro Ambiental Rural CAR. Brasília, DF: MMA, 2014. Disponível em: [http://www.car.gov.br/leis/IN\\_CAR.pdf](http://www.car.gov.br/leis/IN_CAR.pdf). Acesso em: 25 nov. 2019.
- DIAS, R. B.; ALVAREZ, W. P.; SANTOS, T. S. Cadastro ambiental rural como ferramenta de gestão do território: o caso da subproteção da microbacia do Jaurucu/PA. **Planeta Amazônia**, Macapá, n. 10, p. 47-55, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.18468/planetaamazonia.2018n10.p47-55>. Disponível em: <https://periodicos.unifap.br/index.php/planeta/article/view/5211>. Acesso em: 25 nov. 2019.
- ELLOVITCH, M. F.; VALERA, C. A. Manual CEAF/COAMA Novo Código Florestal (Lei n. 12.651/2012). **MPMG Jurídico**: revista do Ministério Público do Estado de

Minas Gerais, Belo Horizonte, edição Manual Novo Código Florestal, 2013. Disponível em: [https://www.mpma.mp.br/arquivos/CAUMA/MPMG\\_JUR\\_COD\\_FLOR.pdf](https://www.mpma.mp.br/arquivos/CAUMA/MPMG_JUR_COD_FLOR.pdf). Acesso em: 20 dez. 2019.

FARIAS, M. O. **Cadastro Ambiental Rural (CAR) e técnicas de sensoriamento remoto**. 2017. 73 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2017. Disponível em: <https://www.ufpe.br/documents/39451/1217366/Mirelly+De+Oliveira+Farias.pdf/dfc22556-8ade-4a8b-bea8-3f77b81d3d69>. Acesso em: 20 dez. 2019.

FITZ, P. R. **Geoprocessamento sem complicação**. 3. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

FREDERICE; A.; BRANDÃO, J. L. B. Efeito do Sistema Cantareira sobre o regime de vazões na bacia do rio Piracicaba. **RBRH: revista brasileira de recursos hídricos**, Porto Alegre, v. 21, n. 4, p. 797-810, dez. 2016. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S2318-03312016005001102&script=sci\\_abstract&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S2318-03312016005001102&script=sci_abstract&tlng=pt). Acesso em: 20 dez. 2019.

INSTITUTO MINEIRO DE AGROPECUÁRIA IMA **alerta sobre penalidades para quem não fizer o Cadastro Ambiental Rural**. São Paulo: IMA, 2016. Disponível em: <https://www.ima.al.gov.br/ima-alerta-sobre-penalidades-para-quem-nao-fizer-o-cadastro-ambiental-rural/>. Acesso em: 2 jan. 2020.

INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA. **Revista norma que exigia Cadastro Ambiental Rural individual para Pronaf A e A/C**. Brasília: INCRA, 2019. Disponível em: <http://www.incra.gov.br/noticias/revista-norma-que-exigia-cadastro-ambiental-rural-individual-para-pronaf-e-ac>. Acesso em: 02 jan. 2020.

LAUDARES, S. S. A.; SILVA, K. G.; BORGES, L. A. C. Cadastro Ambiental Rural: uma análise da nova ferramenta para regularização ambiental no Brasil. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, Curitiba, v. 31, p. 111-122, ago. 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/dma.v31i0.33743>. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/made/article/view/33743/23043>. Acesso em: 02 jan. 2020.

MACHADO, A. R.; SALEME, E. R. Cadastro Ambiental Rural, Sustentabilidade e o Programa de Regularização Ambiental. **Revista de Direito e Sustentabilidade**, Maranhão, v. 3, n. 2, p. 125 – 140, jul/dez. 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.26668/IndexLawJournals/2525-9687/2017.v3i2.2595>. Disponível em: <https://www.indexlaw.org/index.php/revistards/article/view/2595/pdf>. Acesso em: 02 jan. 2020.

MIRANDA, G. H. B.; MEDEIROS, N. G.; SANTOS, A. P.; SANTOS, G. R. Análise de qualidade de amostragem e interpolação na geração de MDE. **Revista Brasileira de Cartografia**, Uberlândia, v. 70, n. 1, p. 226-257, jan./mar. 2018. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/revistabrasileiracartografia/article/view/45255>. Acesso em: 02 jan. 2020.

MELO, E. Z.; SILVA, C. R. Cálculo da largura objetiva da calha do leito regular de um curso d'água usando Veículo Aéreo Não Tripulado. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, Rio de Janeiro, n. 51, p. 79-94, 4 ago. 2019. Disponível em: [http://www.rbciamb.com.br/index.php/Publicacoes\\_RBciAMB/article/view/465/446](http://www.rbciamb.com.br/index.php/Publicacoes_RBciAMB/article/view/465/446). Acesso em: 20 dez. 2019.

OLIVEIRA, L.; OLIVEIRA, F. H.. Verificação da integração entre o Cadastro Ambiental Rural (CAR) e o Cadastro Nacional de Imóveis Rurais (CNIR) sob a ótica do Cadastro Territorial Multifinalitário. **Geosul**, Florianópolis, v. 34, n. 70, p. 339-357, jan./abr. 2019. DOI: <https://doi.org/10.5007/2177-5230.2019v34n70p339>. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/geosul/article/view/2177-5230.2019v34n70p339/38524>. Acesso em: 21 dez. 2019.

ROSA, R. M; FERREIRA, V. O. Análise da paisagem e proposição de zoneamento ambiental da bacia do rio Uberabinha, Minas Gerais. **Caderno de Geografia**, Belo Horizonte, v. 28, n. 53, p. 404-427, 2018. DOI: <https://doi.org/10.5752/P.2318-2962.2018v28n53p404-427> . Disponível em: <http://periodicos.pucminas.br/index.php/geografia/article/view/17563>. Acesso em: 21 dez. 2020.

SANTOS, L. A. C. Utilização dos dados do Cadastro Ambiental Rural na análise de conflitos de uso do solo em Áreas de Preservação Permanente. **Tecnia**, Goiânia, v. 3, n. 1, p. 174-196, 2018. Disponível em: <http://revistas.ifg.edu.br/tecnica/article/view/221/77>. Acesso em: 4 jan. 2020.

SCOLFORO, J. R.; CAMPOS, S.; BORGES, L. A. C.; MORAES FILHO, L. O.; SANTOS, P. A.; ABREU, E. C. R.; COUTO JÚNIOR, A. C. S.; NASCIMENTO, R. C.; OLIVEIRA, A. L.; BARROS, D. A.; LAUDARES, S. S.; PEREIRA, C. M. **Noções de Geotecnologias. Curso de Extensão à Distância. Curso de Capacitação para o Cadastro Ambiental Rural (CapCAR)**. Lavras: UFL, A 2014.

SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO. **Manual Cadastro Ambiental Rural – CAR**. Brasília, DF: MMA, 2016.

SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO. Consulta pública. *In*: SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO. **CAR: Cadastro Ambiental Rural**. Brasília, DF: SFB, [2019]. Disponível em: <http://www.car.gov.br/>. Acesso em: 5 jan. 2020.