

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS, LETRAS E ARTES**  
**CURSO DE GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**

**MARCELO BATISTA KRAUSE**

**A UTILIZAÇÃO DE MÉTODOS E TÉCNICAS DE CARTOGRAFIA DIGITAL  
PARA MAPEAR E ANALISAR A RECUPERAÇÃO DE ÁREA PROTEGIDA**

Viçosa – MG  
Dezembro – 2022

**MARCELO BATISTA KRAUSE**

**A UTILIZAÇÃO DE MÉTODOS E TÉCNICAS DE CARTOGRAFIA DIGITAL  
PARA MAPEAR E ANALISAR A RECUPERAÇÃO DE ÁREA PROTEGIDA**

Monografia apresentada ao Curso de Geografia da  
Universidade Federal de Viçosa, como requisito para  
conclusão do Curso de Bacharelado em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Márcio Rocha Francelino

Viçosa – MG  
Dezembro – 2022

**MARCELO BATISTA KRAUSE**

**A UTILIZAÇÃO DE MÉTODOS E TÉCNICAS DE CARTOGRAFIA DIGITAL  
PARA MAPEAR E ANALISAR A RECUPERAÇÃO DE ÁREA PROTEGIDA**

Monografia apresentada ao Curso de Geografia da  
Universidade Federal de Viçosa, como requisito para  
conclusão do Curso de Bacharelado em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Márcio Rocha Francelino

APROVADA: 15 de dezembro de 2022.

---

Dr. Márcio Rocha Francelino  
(UFV)

---

Dr. André Luiz Lopes de Faria  
(UFV)

---

Msc. Cássio Marques Moquedace dos Santos  
(UFV)

Viçosa – MG  
Dezembro – 2022

## AGRADECIMENTOS

Depois de 6 anos é realmente muito difícil escrever um pequeno texto como agradecimento à Universidade Federal de Viçosa (UFV). Não sei por onde começar, aliás nem tinha certeza se chegaria até aqui, foram diversos momentos de “o que eu estou fazendo da minha vida?”, “é isso mesmo que eu quero?”. Bom, era! Fui me apaixonando pela Geografia e entendendo a importância desta ciência para o mundo.

Início por agradecer ao curso de Geografia e principalmente a minha turma Geo17, que estiveram e conviveram comigo durante esse tempo. Gostaria de deixar um singelo abraço ao professor André que abriu as portas do Laboratório de Geomorfologia do Quaternário e aos companheiros de Laboratório que estiveram comigo durante a minha estadia por lá. Deixo aqui também registrado um abraço ao professor Liovando e agradeço a ele por todos os ensinamentos.

Companheiros de Kosmos, truco e resenha, um muito obrigado! Apesar de todos os meus “migués”, foi sempre um prazer estar com vocês. Aos amigos do curso, em especial João, Yara e Ana Paula, obrigado pela convivência, aprendi muito com vocês e agradeço por todos os ensinamentos. Aos companheiros dos projetos de extensão e trabalhos em campo, um grande abraço!

Ao entrar na UFV, o meu foco sempre foi estudar e com isso, fui me apaixonando pela pesquisa. É por isso, que não posso deixar de agradecer ao professor JJ, pela possibilidade de estágio no Laboratório de Geoquímica e em ter sido seu monitor, na disciplina de Geomorfologia, ciência a qual me encontrei na Geografia. Aos companheiros da Geoquímica um abraço!

Não poderia deixar de agradecer aqui o professor Márcio, pelas oportunidades oferecidas e pela possibilidade de estar no Laboratório de Geoprocessamento e Pedometria (LabGeo). Por isso, agradeço aos companheiros do LabGeo pelos ensinamentos, risadas, conselhos, puxões de orelha e principalmente por me acolherem tão bem.

Viçosa, eu não posso deixar de te agradecer, você é a minha casa! Foi aqui que cresci, foi aqui que evolui e foi aqui que eu pude ingressar na melhor Universidade deste país. A UFV, tão linda e tão ordinária, relação de amor e ódio com você, mas muito mais amor do que ódio. Sempre foi o meu sonho estar aqui e saio com a sensação de dever cumprido. Muito obrigado, UFV! Muito obrigado Viçosa!

Pessoas vêm e vão em nossas vidas e acredito que a vida é um ciclo e por isso, gostaria de deixar aqui registrado um abraço aos amigos de Viçosa e em especial para o Igor, que sempre

esteve comigo e aqui deixo registrado que ele representa meu querido Batalhão! Aos outros amigos, peço desculpas por não estar presente sempre, mas saibam que a consideração sempre foi a mesma, fico feliz por todos vocês e estaremos juntos sempre!

Claro que não posso deixar de agradecer aos meus pais, Maria Célia Batista Krause (vêia) e João Bosco Krause (Krausão, Krause-pai), por toda a base, segurança, conselhos, brigas e discussões, esta vitória tem muito de vocês! Gostaria de deixar um grande abraço a minha avó, Maria Jacinta Cardoso, que após alguns anos de UFV, aprendi a “espiar” o mundo como diria ela, saio da UFV com o olhar geográfico muito por causa dela.

Por último, não poderia deixar de agradecer à minha namorada, Mariana Melo Lage, que esteve presente comigo durante quase toda a graduação. Obrigado baixinha, você é sensacional! Obrigado por todos os momentos, todos os conselhos, por todas as risadas, por todas as brincadeiras idiotas e o principal, obrigado por sempre estar presente, nos momentos difíceis, você foi e é a minha âncora!

Pois bem, é isso! Obrigado Viçosa! Obrigado UFV! Obrigado Geografia! Obrigado família! Obrigado Mari!

*“Às vezes a felicidade demora a chegar  
Aí é que a gente não pode deixar de sonhar  
Guerreiro não foge da luta e não pode correr  
Ninguém vai atrasar quem nasceu para vencer.”*

**Tá escrito - Grupo Revelação.**

## RESUMO

O compromisso firmado a partir de um Termo de Ajuste de Conduta destinou recursos para a execução de um Plano de Recuperação de Área Degradada (PRAD) no Parque Natural Municipal do Cristo Redentor (PNMCR). O PRAD foi previsto e formalizado a partir da consolidação do plano de manejo do PNMCR. Como parte do monitoramento do estágio da recuperação na área, foram utilizadas geotecnologias com o objetivo de avaliar a fragilidade ambiental, as mudanças de uso e cobertura da terra e definir as áreas prioritárias à conservação. O mapeamento do PNMCR é, portanto, uma ferramenta para seu planejamento e sua gestão. Além do mais, por meio da cartografia de paisagens é possível representar a área, com dados de altas resoluções espaciais e temporais. Foram produzidos Modelos Digitais de Elevação (MDE) que conseguiram representar fielmente e com alto detalhamento a área em questão. Para definição do estado de conservação e degradação do PNMCR foram derivadas as seguintes variáveis morfométricas: A declividade; A orientação das vertentes; O índice topográfico de umidade e a forma das vertentes. Para a definição das áreas prioritárias também foi utilizado o mapeamento de uso e cobertura da terra. Os locais com maior prioridade para a recuperação foram aqueles em que estão sob execução do PRAD, validando as técnicas de recuperação e os locais onde estão sendo aplicadas. Todas as variáveis utilizadas foram representativas da área de estudo, o mapeamento com alto detalhamento conseguiu ajudar a construir dados e informações de custo-benefício relativamente baixo que servem de subsídio ao planejamento e gestão do PNMCR.

**Palavras-chave:** Acurácia; Gestão; Unidade de Conservação; Paisagem.

## **ABSTRACT**

The commitment entered with Conduct Adjustment Term allocated resources for the execution of a Degraded Area Recovery Plan (DARP) in the Christ The Redeemer Municipal Natural Park (CRMNP). The DARP was foreseen and formalized from the consolidation of the CRMNP management plan. As part of monitoring land reclamation stage in the area, geotechnologies were used to evaluate environmental fragility, changes in land use and land cover and define priority areas for conservation. CRMNP mapping is therefore a tool for its planning and management. Moreover, through landscape mapping it is possible to represent the area, with data of high spatial and time resolution. Digital Elevation Models (DEM) were produced that were able to faithfully and with high detail the area in question. To define the state of conservation and degradation of the CRMNP, the following morphometric variables were derived; The slope; The aspect; The topographic wetness index and the curvature. For the definition of priority areas, land use and land cover mapping were also used. The places with the highest priority for land reclamation were those where they are under DARP implementation, validating land reclamation techniques and the locations where they are being applied. All variables used were representative of the study area mapping with high detail was able to help and build data and relatively low cost-benefit information that serves as a subsidy to the planning and management of the CRMNP.

**Keywords:** Accuracy; Management; Conservation Unit; Landscape.



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1</b> – Cristo Redentor .....	13
<b>Figura 2</b> – Parque Natural Municipal do Cristo Redentor.....	25
<b>Figura 3</b> – Localização do Parque Natural Municipal do Cristo Redentor .....	26
<b>Figura 4</b> – Aeronave utilizada para mapeamento .....	28
<b>Figura 5</b> – Coleta de pontos de controle .....	29
<b>Figura 6</b> – Fluxo de trabalho no <i>Agisoft Metashape</i> .....	30
<b>Figura 7</b> – Representação das encostas em função dos quadrantes.....	33
<b>Figura 8</b> – Modelos Digitais de Superfícies .....	39
<b>Figura 9</b> – Declividade geral .....	42
<b>Figura 10</b> – Orientação das vertentes geral .....	43
<b>Figura 11</b> – Declividade prioritária .....	45
<b>Figura 12</b> – Grupos das orientações das vertentes .....	46
<b>Figura 13</b> – Uso e cobertura da terra .....	49
<b>Figura 14</b> – Áreas prioritárias à conservação .....	53

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> – Pontos de controle.....	31
<b>Tabela 2</b> – Distribuição de pesos .....	35
<b>Tabela 3</b> – Variáveis morfométricas .....	40
<b>Tabela 4</b> – Variáveis morfométricas sem as áreas não prioritárias .....	44
<b>Tabela 5</b> – Classes de uso e cobertura da terra .....	50
<b>Tabela 6</b> – Classes prioritárias à recuperação e a conservação .....	54

## SUMÁRIO

<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
<b>2.</b>	<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>15</b>
2.1	GERAL.....	15
2.2	ESPECÍFICOS .....	15
<b>3.</b>	<b>PARA ENTENDER O PROBLEMA.....</b>	<b>15</b>
<b>4.</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>24</b>
4.1	CONTEXTUALIZAR A ÁREA DE ESTUDO .....	24
4.2	RECONHECIMENTO DA ÁREA .....	27
4.3	ANÁLISE MULTICRITÉRIO .....	32
<b>5.</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>37</b>
5.1	MODELOS DIGITAIS DE ELEVAÇÃO.....	37
5.2	USO E COBERTURA DA TERRA.....	48
5.3	ÁREAS PRIORITÁRIAS .....	51
<b>6.</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>55</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>56</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) foi criado com a Lei Federal 9.985/2000 e estabelece critérios e normas para a criação, proteção, manejo, monitoramento e gestão das Unidades de Conservação (UC) (BRASIL, 2000). O SNUC definiu as UC como “espaços territoriais com características de relevante interesse de preservação ou conservação ambiental e/ou social que são subdivididas em dois grandes grupos: as de Proteção Integral e as de Uso Sustentável” (BRASIL, 2000).

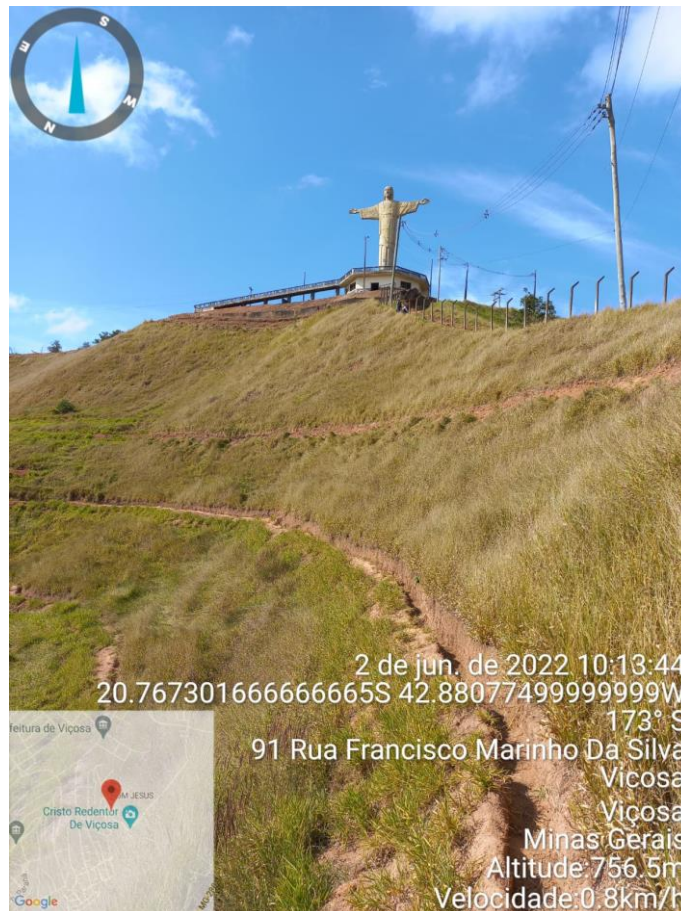
Objetiva-se com as UC de Proteção Integral a preservação da natureza e é permitido apenas o uso indireto dos seus recursos naturais, sendo elas categorizadas em: Estação Ecológica; Reserva Biológica; Parque Nacional; Monumento Natural e Refúgio de Vida Silvestre (BRASIL, 2000).

Em contrapartida, as UC de Uso Sustentável são destinadas à conservação da natureza associada ao uso sustentável dos seus recursos naturais e são classificadas como: Área de Proteção Ambiental; Área de Relevante Interesse Ecológico; Floresta Nacional; Reserva Extrativista; Reserva de Fauna; Reserva de Desenvolvimento Sustentável e Reserva Particular do Patrimônio Natural (BRASIL, 2000).

Os Parques Nacionais têm como objetivo básico preservar ecossistemas com relevância ecológica e beleza cênica, o que pode promover a realização de pesquisas científicas, possibilitando o contato com a natureza e o desenvolvimento de atividades de interpretação ambiental e recreação (BRASIL, 2000). Os Parques, quando criados por estados ou municípios, são denominados de acordo com a sua esfera (BRASIL, 2000).

O Parque Natural Municipal do Cristo Redentor (PNMCR) foi instituído pela Lei municipal nº 1.450 de 2001 (VIÇOSA, 2001). Sua criação se deu principalmente pela presença da estátua do Cristo Redentor (*figura 1*) no alto de uma encosta que é marcante para a paisagem viçosense (VIÇOSA, 2020). Em 2009, a Lei municipal nº 1.960 transformou o Parque Municipal em UC, submetendo-o ao SNUC (VIÇOSA, 2009).

**Figura 1** – Vista parcial do monumento do Cristo Redentor.



Em 2020, foi publicado o plano de manejo do PNMCR (VIÇOSA, 2020), que é o documento técnico, obrigatório para toda UC que estabelece o zoneamento e as normas que definem sobre o uso da área e do manejo dos recursos naturais, inclusive, é ele que garante a implantação e a manutenção das estruturas físicas necessárias à gestão das unidades (BRASIL, 2000). O PNMCR foi beneficiado por verba oriunda de um Termo de Ajuste de Conduta (TAC), que foi destinada para melhoria de sua infraestrutura (SANAR, 2021).

No Plano de Manejo do PNMCR consta que “O PNMCR possui algumas alterações em seu ambiente natural, como a ocorrência de espécies exóticas e processos erosivos avançados. Para sua eliminação será necessário a execução de um Plano de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD)” (VIÇOSA, 2020). Destaca-se que dentre as melhorias previstas pelo TAC, está a execução do PRAD.

De acordo com a Instrução Normativa ICMBio N° 11, de 11 de dezembro de 2014, o PRAD é:

“um documento que define as medidas necessárias à recuperação de uma área degradada, fundamentado em soluções técnicas, com embasamento teórico

que considera as características físicas, bióticas, abióticas e sociais. A finalidade do PRAD é recuperar ou restaurar as funções ambientais de determinado ambiente e permeando, a proteção e conservação do solo, dos recursos hídricos e vegetais.” (BRASIL, 2014).

Finalizou-se o PRAD do PNMCR em novembro de 2021 e está em processo de aplicação. Vistorias em campos evidenciaram diversos pontos críticos de degradações ambientais avançadas, mostrando a emergência da execução, avaliação e monitoramento sobre o manejo da área (SANAR, 2021). Destaca-se que o processo de monitoramento de um PRAD pode ser feito com o uso de geotecnologias (BRASIL, 2014), pela facilidade no uso e rapidez na produção de dados e informações.

As geotecnologias são definidas por Dias e Figueirôa (2020) como um conjunto de técnicas e ferramentas que são relacionadas ao levantamento e a obtenção de dados com o uso de sensores proximais e remotos e que são processados por meio de técnicas computacionais. As geotecnologias têm exercido papel fundamental no desenvolvimento de novos modelos e métodos de análise ambiental (RAMOS, 2010).

Outro fator importante é que a interdisciplinaridade é beneficiada com o uso de geotecnologias, uma vez que ela é utilizada para representação e produção de informações com diversas finalidades. Destaca-se a geotecnologia *Remotely Piloted Aircraft* (RPA), que de acordo com a Instrução Normativa ICA 100-40 do Departamento de Controle de Espaço Aéreo (DECEA), RPA é:

“Uma subcategoria de aeronaves não tripuladas, pilotadas a partir de uma estação de pilotagem remota e é utilizada para qualquer outro fim que não seja recreativo e que seja capaz de interagir com o Controle de Tráfego Aéreo e outras aeronaves em tempo real” (BRASIL, 2020).

As RPAs são, popularmente, conhecidas como Drones ou Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs). Esse tipo de equipamento, tem sido difundido devido a possibilidade da captação de dados detalhados em um curto espaço de tempo (LOUREIRO *et al.*, 2020). Somado a isso, a facilidade de acesso a esses equipamentos, torna a utilização das RPAs um bom custo-benefício para a sua utilização em mapeamentos.

Devido a área relativamente pequena, com muitas variações topográficas, com vertentes convexas ou côncavas e elevada declividade, mapear com RPA o PNMCR é uma opção viável, para compreender as variações espaço-temporais na paisagem. Determinar as variações ocorridas em escala grande, com alta resolução e dados precisos, eleva a melhora e a assertividade na tomada de decisão dos gestores municipais.

Portanto, respeitando o que está previsto em lei, tanto pelo SNUC em esfera federal, quanto pelas leis municipais, pelo TAC e pelo PRAD, procurou-se avaliar e mapear a recuperação do PNMCR. O entendimento da segurança, exatidão, precisão e acurácia dos dados tem como objetivo garantir o devido uso das informações produzidas no planejamento ambiental municipal.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 GERAL**

Produzir dados e informações cartográficas a partir do uso de imagens de *Remotely Piloted Aircraft* como subsídio ao uso e manejo do Parque Natural Municipal do Cristo Redentor.

### **2.2 ESPECÍFICOS**

- Avaliar a fragilidade ambiental;
- Avaliar a mudança de uso e cobertura da terra para entender o estágio da recuperação na área;
- Definir as áreas prioritárias para a conservação;

## **3. PARA ENTENDER O PROBLEMA**

Para compreender alguns termos, é importante ter conhecimento das habilitações dos profissionais em Geografia, que é uma profissão regulamentada pela Lei Federal Nº 6.664 de 26 junho de 1979 (BRASIL, 1979). Posteriormente, a Lei 6.664/1979 foi alterada pela Lei Federal Nº 7.399 de 4 de novembro de 1985 (BRASIL, 1979; 1985).

Será destacado aqui, o Art. 3º da Lei 6.664/1979 que diz:

“É da competência do Geógrafo o reconhecimento, levantamentos, estudos e pesquisas de caráter físico-geográfico, biogeográfico, antropogeográfico e geoeconômico e as realizadas nos campos gerais e especiais da Geografia para quando forem necessárias a delimitação e a caracterização de regiões e sub-regiões geográficas naturais e zonas geoeconômicas, para fins de planejamento e organização físico-espacial” (BRASIL, 1979; 1985).

Além disso, é garantido ao geógrafo “o equacionamento e a solução, em escala nacional, regional ou local, de problemas atinentes aos recursos naturais do País; estudos e planejamentos

no aproveitamento, desenvolvimento e preservação dos recursos naturais e; o levantamento e mapeamento destinados à solução dos problemas regionais” (BRASIL, 1979).

Os profissionais em Geografia são habilitados para exercerem múltiplas funções e isso é demonstrado pelas diversas escalas de análises aos quais os geógrafos se dedicam a estudar e trabalhar, seja com o olhar sobre a paisagem, espaço, território, lugar, local, região. São formas e vistas distintas, contudo a Geografia é protagonista na leitura crítica do espaço geográfico (BREUNIG *et al.*, 2019).

As diferentes perspectivas influenciam escolhas metodológicas e científicas, neste sentido, a paisagem, que é uma categoria de estudo trabalhada por geógrafos, principalmente aqueles com interesse nas Geociências e será o objeto de análise deste estudo. A paisagem é suporte à cartografia de síntese para os estudos de ordenamento territorial (CAVALCANTI, 2018).

Cabe destacar que a cartografia nacional é regida pelo Decreto Federal Nº 89.817 de 20 de junho de 1984 e estabelece as Instruções Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Nacional. Considera-se que qualquer serviço cartográfico ou de natureza cartográfica é toda operação de apresentação da superfície terrestre ou parte dela, por meio de imagens, cartas, plantas e outras formas de expressão afins como os mapas (BRASIL, 1984).

Esse Decreto definiu o Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC), o que garantiu o mínimo de segurança aos dados produzidos dentro do território nacional e definiu os elementos obrigatórios de uma carta/mapa (BRASIL, 1984). Em 2008, o Decreto Federal de 1º de agosto, dispôs sobre a Comissão de Cartografia Nacional (CONCAR) e garantiu a atribuição de coordenar a execução da política nacional e de exercer outras atribuições nos termos da legislação pertinente (BRASIL, 2008).

Em 2016, houve a publicação da “Norma da Especificação Técnica para Aquisição de Dados Geoespaciais Vetoriais de Defesa da Força Terrestre (ET-ADGV)” que atualizou o processo de produção cartográfica, atendendo às necessidades dos usuários, uma vez que com o advento da cartografia digital, era necessário a garantia da segurança da exatidão e acurácia dos dados obtidos. (BRASIL, 2016).

Com a expansão do Geoprocessamento e dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG), surgiu-se a necessidade de definir o modo de aquisição da geometria dos dados espaciais e dos atributos correlatos, visando garantir a homogeneização da produção de dados geoespaciais (BRASIL, 2016). Pode-se considerar, que dentro do SIG, houve o aumento e a popularização da utilização de dados provenientes de Sensoriamento Remoto (SR).



Novo (2008) explica que o SR é conjunto de técnicas de obtenção de informações sobre alvos na superfície terrestre, pelo registo da interação da radiação eletromagnética com a superfície, realizada por sensores remotos aos alvos. Dentre as técnicas, pode-se destacar as geotecnologias, que são um conjunto de ferramentas e demais recursos efetivos que integram, interpretam e produzem dados em alta escala e resoluções (BREUNIG *et al.*, 2019). Portanto, são ferramentas que auxiliam na tomada de decisão (OLIVEIRA *et al.*, 2020).

O mapeamento é beneficiado com informações detalhadas, produzidas por geotecnologias, pois elas assumem importância no reconhecimento das relações dos processos responsáveis nas mudanças de uso da terra, servindo para investigar, associar e entender as alterações na paisagem (MACIEL *et al.*, 2020). Breunig *et al.* (2019) ainda relatam que a utilização e a interpretação dessas técnicas é algo intrínseco à atuação do geógrafo, principalmente para aqueles que estão desenvolvendo atividades na área ambiental.

A cartografia digital de alto detalhamento passou a fornecer informações úteis ao planejamento ambiental (SILVA *et al.*, 2020). Destaca-se que a cartografia de paisagens foi alavancada com a utilização das geotecnologias e consequentemente, tornou-se comum a sua utilização para avaliação da recuperação de áreas. Mapear elementos das paisagens em escala com alto detalhe, a partir da utilização de *Remotely Piloted Aircraft* (RPA), acelerou o processo da produção de dados, que antes eram dominados pelas plataformas orbitais.

O desafio do geógrafo atual é a seleção dos dados mais adequados às enormes possibilidades, sendo a análise geográfica a integradora e produtora de soluções (BREUNIG *et al.*, 2019). Destaca-se que os estudos ambientais carecem de fundamentação cartográfica (CAVALCANTI, 2018) e é a cartografia, sobretudo a digital e de alto detalhamento, que auxilia a geração de cartas sínteses dos compartimentos que compõem a paisagem. É por isso, que os mapas continuam sendo importantes (CAVALCANTI, 2018; BREUNIG *et al.*, 2019).

Cavalcanti (2018) definiu a cartografia de paisagens como uma atividade de caráter físico-geográfico que representa os complexos naturais - geossistemas. Resultantes da interação entre os componentes da natureza, como os relevos, os solos e a biota, os geossistemas são influenciados em maior ou menor grau pela sociedade e pelos ciclos astronômicos e climáticos da Terra (CAVALCANTI, 2018).

Com a expansão na produção de dados de cartografia de paisagens, houve nos últimos anos o aumento da realização de estudos que envolvem RPA e pontos de controle em solo (CAVALCANTI, 2018; MAGALHÃES e MOURA, 2021). Por isso que a geração de produtos que atendem ao PEC para os Produtos Cartográficos Digitais (PCD) em grandes escalas e resoluções se tornaram mais acurados e exatos (MAGALHÃES e MOURA, 2021).

A cartografia de paisagens é uma atividade geográfica, porque a sua execução necessita de uma série de conhecimentos distintos que encontram na Geografia Física os seus principais subsídios (CAVALCANTI, 2018). É a Geografia que oferece uma visão integrada dos elementos e processos do ambiente, sendo importante para o planejamento ambiental no Brasil.

Como forma de gestão e planejamento, as Unidades de Sistemas Ambientais foram definidas como integradoras dos componentes da natureza (BRASIL, 2002) e dentre elas, pode-se destacar as Unidades de Conservação (UC) (BRASIL, 2000). As UC são áreas protegidas e têm papel importante no processo de proteção e conservação dos recursos ambientais e por isso, elas podem servir como áreas teste para validação de métodos e técnicas de SR e geotecnologias (MACIEL *et al.*, 2020).

Um dos principais produtos gerados a partir das técnicas de SR para análise ambiental e da paisagem, são os Modelos Digitais de Elevação (MDE). Definidos por Florenzano (2008) como um plano de informações que descrevem a altitude ponto a ponto de uma determinada área, os MDE, podem ser gerados por diferentes fontes de dados e o uso da cartografia digital, principalmente, aqueles produtos derivados das RPA, garantem a geração desses modelos rapidamente (MAGALHÃES e MOURA, 2021).

Miceli *et al.* (2015) discutem que quando os MDE são utilizados com o intuito de modelar o relevo, eles dão confiabilidade aos seus resultados, uma vez que quando próximos à realidade, o uso de informações das superfícies modeladas, procuram evidenciar a importância com dados tridimensionais em análises da dinâmica da paisagem. Portanto, são os MDE que fornecem os subsídios para o aperfeiçoamento das análises sobre a paisagem.

Neste ponto, é importante trazer conceitos da Geomorfologia para serem trabalhados no entendimento da formação e evolução das paisagens terrestres. Florenzano (2008) diz que a análise do relevo não é importante somente para a Geomorfologia, mas também para outras ciências da terra que estudam os componentes superficiais, bem como para definir a fragilidade e a vulnerabilidade do meio ambiente, neste caso, a paisagem, respeitando a legislação para a sua ocupação e proteção.

Florenzano (2008) caracteriza a morfologia e morfodinâmica do relevo. A morfologia é subdividida em morfometria e morfografia. A morfometria é a caracterização do relevo por meio de variáveis quantitativas, também conhecidos como índices morfométricos, gerados a partir dos MDE e a morfografia, refere-se aos aspectos descritivos ou qualitativos do relevo, representado pelas formas e aparências.

Portanto, a morfologia é o estudo das formas e é o ponto de partida para o entendimento dos demais aspectos do relevo (FLORENZANO, 2008), neste caso, analogicamente, usado para

entender a paisagem. O conceito da morfologia, no estudo das paisagens, é importante pois assume o estudo da composição, forma e arranjo espacial, associando essas ideias à dinâmica de evolução paisagística (CAVALCANTI, 2018).

A morfodinâmica se refere aos processos atuais e ativos, endógenos e exógenos que atuam na superfície terrestre nas variadas escalas geográficas (FLORENZANO, 2008). Os tipos de processos que definem as formas de relevo, classificadas de acordo com a sua gênese, não são necessariamente os mesmos que ocorrem atualmente (FLORENZANO, 2008). É por isso, que o uso da terra assume papel importante na modelagem terrestre.

Destaca-se que a caracterização das feições do relevo, como as vertentes, topos e a ação dos cursos d'água que modelam a topografia, a partir da utilização de geotecnologias, possibilitam a aceleração no processo da interpretação das dinâmicas naturais e antrópicas ao longo das paisagens (SILVA *et al.*, 2020). Compreender a paisagem, é garantir a recuperação da área em interesse, entendendo as suas fragilidades (SILVA *et al.*, 2020).

Para a Geografia, o estudo do relevo, como componente da paisagem, é importante, devido ao fato, de que muitas vezes, é o relevo que favorece ou dificulta a ocupação dos ambientes terrestres pela sociedade (FLORENZANO, 2008). Para Santos (2008), a paisagem é tudo aquilo que vemos, o que a vista abarca, e, portanto, o relevo e seus componentes podem servir como limites políticos (FLORENZANO, 2008).

Ressalta-se que a paisagem como elemento estético e definida apenas como aquilo que a vista alcança, para Cavalcanti (2018) tem sentido mais pitoresco e artístico do que geográfico e científico, sendo que na Geografia, a paisagem vai além da percepção estética, pois ela é geocológica e cultural. Contudo, o mesmo autor ainda diz que na “paisagem natural” a atividade antrópica é incipiente, estando seu funcionamento associado aos ritmos ecológicos (CAVALCANTI, 2018).

Por outro lado, a paisagem cultural é aquela altamente transformada pela sociedade, sendo dominante a presença dos elementos culturais (CAVALCANTI, 2018). Entretanto, por mais natural que uma paisagem seja, ela ainda apresenta elementos culturais, na medida em que toda a superfície da Terra já se encontra apropriada física, política ou culturalmente (CAVALCANTI, 2018).

Cabe destacar que essas diferentes paisagens são notabilizadas na legislação brasileira, quando as UC são subdivididas em áreas de Uso Sustentável e de Proteção Integral (BRASIL, 2000). Além disso, Florenzano (2008) quando descreve sobre o relevo, neste caso, a paisagem, diz que ele pode ter um grande valor cênico para explorações visuais (BRASIL, 2000), sendo os Parques da UC os mais representativos dessa afirmação.

Os dados de cartografia digital que são de origem de SR garantem o planejamento e gestão para esses lugares. Além disso, pode-se destacar que as informações sobre os processos morfogenéticos atuais, podem ser obtidas por meio de interpretações de fotografias aéreas e imagens orbitais (FLORENZANO, 2008). Acentua-se que a erosão é um processo morfogenético de remoção e transporte de material intemperizado, com grande participação na formação das paisagens tropicais úmidas (FLORENZANO, 2008).

A dinâmica erosiva atual é um indicativo da evolução da morfogênese da paisagem (SILVA *et al.*, 2020) e os documentos cartográficos produzidos, possibilitam o entendimento da dinâmica física predominante, subsidiando o processo de recuperação e planejamento ambiental (SILVA *et al.*, 2020).

Para a paisagem do estudo em questão, que faz parte dos Domínios Morfoclimáticos dos Mares de Morro (AB'SÁBER, 2012), o entendimento sobre o processo da morfogênese é de grande importância, já que a erosão e o intemperismo tiveram papéis imprescindíveis na formação dos conjuntos de vertentes côncavas e convexas (MUGGLER *et al.*, 2005).

Algumas cidades tropicais, em países com desenvolvimento tardio, expandem-se em ritmo acelerado e desordenado e tal situação tem causado degradação ambiental sem precedentes (SIQUEIRA *et al.*, 2022). Florenzano (2008) explica que os setores côncavos das vertentes tendem a concentrar o escoamento superficial, favorecendo a erosão em sulcos ou linear. Esses setores são mais favoráveis aos escorregamentos, caracterizando-os por espessas camadas de solo e constituindo áreas de convergência de fluxo.

As vertentes convexas dispersam o escoamento superficial e promovem a erosão laminar. A capacidade e a velocidade de transporte do deslocamento do material nas vertentes, são diretamente proporcionais à sua inclinação e por isso, a erosão é mais forte nas regiões de cabeceiras das bacias hidrográficas (FLORENZANO, 2008). O conhecimento, sobre a formação paisagística regional, alinhada ao mapeamento, permite derivar recomendações de uso, conforme o funcionamento dos comportamentos paisagísticos (SIQUEIRA *et al.*, 2022).

Os mapas, as cartas e as informações produzidas, são capazes de expressar as alterações ocorridas na cobertura do solo (OLIVEIRA *et al.*, 2020). Os produtos são insumos para análises de prevenção e planejamento contra a degradação e aos desastres (OLIVEIRA *et al.*, 2020). Diante da constante demanda por novas áreas de expansão territorial, a compartimentação da paisagem é uma das ferramentas para assegurar a sustentabilidade das cidades (SIQUEIRA *et al.*, 2022).

As unidades que apresentam uma visão integradora de atributos paisagísticos, são as que revelam as potencialidades, os riscos e as fragilidades as quais são essenciais como marcos

regulatórios de uso, adequando-as dentro de um contexto mais amplo (SIQUEIRA, *et al.*, 2022). Portanto, de novo, traz-se a importância de unidades de sistemas ambientais protegidas.

No Brasil, além das UC, podemos destacar todas aquelas abarcadas pela Lei Federal 12.651/2012, conhecida popularmente como “Novo Código Florestal” e que descreve as Áreas de Proteção Permanente (APP) e as Reservas Legais (RL) (BRASIL, 2012). Além das UC, APP e RL, existem as Terras Indígenas (TI) (BRASIL, 1973), formando os 4 principais tipos de áreas protegidas no Brasil.

O monitoramento das áreas protegidas pode ser realizado com uso de geotecnologias e elas são uma das pontes entre a Geografia e a sociedade. A utilização de informações geolocalizadas são de fácil entendimento, simples e operacionais (BREUNIG *et al.*, 2019). Além do que, os dados gerados com RPA, são ágeis, de custo relativamente baixo e servem como base para diversas aplicações nas ciências gerais, simplificando os processos de coleta, processamento e geração de resultados (MAGALHÃES e MOURA, 2021).

A popularização do uso das RPA, para fins diversos, tornou o acesso ao equipamento muito fácil, contribuindo para produções quase instantâneas de dados e informações. Com o advento dos SIG, a utilização desses dados tornou-se essencial em vários campos, com diversas agências públicas e privadas, possibilitando livre acesso aos dados (SIQUEIRA *et al.*, 2022). Contudo, ainda faltam modelos para validar os métodos de coleta e processamento de dados, que garantam qualidade aos resultados (MAGALHÃES e MOURA, 2021).

A falta de modelos está associada a não difusão em massa da cartografia digital de paisagens (CAVALCANTI, 2018), por isso, torna-se importante discutir as possíveis aplicações desses dados, pois eles são dependentes da acurácia e é ela que define qual o potencial seguro de uso (MOURA *et al.*, 2014). Destaca-se que a utilização de pontos de controle no solo, e o seu respectivo pós-processamento, são formas que aumentam a precisão das informações obtidas (FERREIRA *et al.*, 2022).

O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), disponibiliza em seu site o Processamento por Ponto Preciso (PPP) que é uma técnica de posicionamento que minimiza ou modela erros nos sistemas GNSS para fornecer alto nível de acurácia posicional (IBGE, 2022). Com o IBGE-PPP é possível conseguir precisão milimétrica elevando a acurácia dos dados obtidos em campo. (FERREIRA *et al.*, 2022).

Salienta-se que o tempo de coleta é influenciado por condições meteorológicas, já que elas interferem na visibilidade dos satélites na determinação das coordenadas, mesmo utilizando sensores GNSS modernos (FERREIRA *et al.*, 2022). Por isso, para mapeamentos com RPA é

recomendado o uso de pontos de controle espalhados pelo terreno em estudo, sempre considerando as diversas variações topográficas (FERREIRA *et al.*, 2022).

E sob essa ótica do mapeamento preciso, Siqueira *et al.* (2022) explicam que o recorte paisagístico é objeto primordial ao planejamento territorial, pois é da análise da paisagem que se derivam as normas de ordenamento territorial. Os mesmos autores concluem que a efetividade dos produtos cartográficos produzidos, necessitam estar em escala adequada de representação, fundamentada e detalhada a partir de normatizações, como do PEC-PCD, para garantir o uso e a conservação de recursos geoambientais (SIQUEIRA *et al.*, 2022).

Para Cavalcanti (2018) as paisagens são entidades geoecológicas, no sentido de que constituem objetos com dimensões definidas na superfície terrestre, possuindo ritmos de desenvolvimento e dependentes das leis da Física. Ao empregarmos um MDE como base para identificação das unidades da paisagem, é fundamental que exista uma taxonomia consistente em diversas escalas para validar as afirmações propostas (SIQUEIRA *et al.*, 2022).

Portanto, a cartografia digital de paisagens é uma atividade de planejamento e de gestão do uso de unidades geoambientais, já que a escala adequada deve variar em função das atividades ao qual estão sujeitas (SIQUEIRA *et al.*, 2022). O principal conhecimento a ser gerado, deve ser aquele para melhorar a qualidade de vida da sociedade, já que os passivos ambientais, por vezes irreversíveis, degradam o ambiente, destruindo áreas, principalmente aquelas que deveriam ser protegidas como as UC, APP, RL e TI.

Então, o processo de recuperação da área torna-se importante, já que o principal objetivo é garantir uma função social e/ou ambiental para o lugar em destaque (VIÇOSA, 2020). É frisado que, ao avaliar a recuperação da área por meio de geotecnologias e da cartografia digital, o verdadeiro processo é para compreender a mudança da paisagem local e por isso, os dados produzidos por sensores de alta resoluções espaciais e temporais são capazes de representar e caracterizar fisiograficamente a área (MACIEL *et al.*, 2020).

Cavalcanti (2018) esclarece que devido a paisagem ser um conjunto composto por dimensões naturais e culturais, deve ser lida pelo exame do seu potencial natural, atividade biológica e apropriação cultural. Além do que, é a fisionomia paisagística que expressa seu potencial e as suas possibilidades para apropriação, sendo responsabilidade para a cartografia de paisagens fazer a representação (CAVALCANTI, 2018). Portanto, tratando-se de uma interação de fatores, a paisagem é intrínseca à recuperação ambiental de uma área.

A recuperação de áreas degradadas é uma prática muito antiga e que visa restaurar as funções ambientais (SANAR, 2021). Um Projeto de Recuperação de Área Degradada (PRAD) visa evidenciar diversos pontos críticos com processos erosivos avançados, apontando as

necessidades emergenciais para execução de um plano para recuperar a área em interesse (SANAR, 2021). O Parque Natural Municipal do Cristo Redentor (PNMCR) é uma UC que está sendo beneficiada por um PRAD e apresenta importância para a paisagem viçosense.

A recuperação do PNMCR está seguindo o que é deliberado pela Instrução Normativa nº 11 do ICMBio de 2014 (SANAR, 2021), onde é orientado que “áreas muito degradadas podem ser submetidas a processos de reconfirmação topográfica, descontaminação, recuperação e proteção do solo, restauração da dinâmica hídrica, controle da erosão, como pré-requisitos a recuperação da vegetação” (ICMBio, 2014), ou seja, atividades antrópicas que estão alterando a paisagem com objetivos e valores culturais (CAVALCANTI, 2018).

O PRAD aplicado ao PNMCR está previsto pelo seu plano de manejo, que foi publicado em 2020 e no PRAD está previsto que o monitoramento e avaliação das técnicas e do estágio de recuperação pode ser feito com a utilização de geotecnologias, que estão cada mais vez sendo utilizadas para gerir e monitorar áreas protegidas (DIAS E FIGUEIRÔA, 2020; VIÇOSA, 2020; SANAR, 2021).

Iza e Herrera *et al.* (2020) dizem que como forma representativa, o mapeamento é um subsídio ao planejamento e a gestão do uso e da cobertura da terra e do entendimento dos fatores fisiográficos da paisagem, sendo ele, um processo que deve ser complementado, pois a maioria dos mapas existentes, representam objetos superficiais em escalas generalistas. De novo, mostra-se a importância da escala para análise da paisagem na Geografia.

Sobretudo, independente da escala, a sociedade busca sua realização tentando adequar seus interesses aos recursos disponíveis e muitas vezes, essa relação é conflituosa (CAVALCANTI, 2018). Como indivíduos geográficos, as paisagens agregam elementos e processos com diferentes naturezas, dimensões e durações que se relacionam em determinadas áreas superficiais (CAVALCANTI, 2018). É daí que surge a importância de ser cartografado, de ser representado, para ser entendido as ações, reações e decisões da sociedade.

Ao falar sobre a cartografia de paisagem, Cavalcanti (2018) diz que no geral, ela se interessa na fisionomia das camadas, sendo o aspecto visível, o principal fator e em segundo lugar é que estão seu funcionamento e desenvolvimento, sendo esses, estudados por meio de outras técnicas. Já quando ele fala sobre os estudos da paisagem, eles dependem do reconhecimento de seu potencial natural, de sua atividade biológica e de sua apropriação cultural (CAVALCANTI, 2018).

Portanto, integrar os dados multifontes no intuito de mapear a paisagem, é buscar a melhor compreensão dos processos que atuam como modeladores sobre ela, levando sempre em consideração o princípio temporal, que surge da necessidade de considerar o funcionamento

da paisagem, sendo ela sempre afetada pelo uso da terra (CAVALCANTI, 2018; IZA E HERRERA *et al.*, 2020). Esses fatores demonstram as grandes dificuldades para a cartografia de paisagem, que é conhecer os níveis hierárquicos demandados (CAVALCANTI, 2018).

O mapeamento temático é uma forma de orientar o processo de utilização da paisagem (SILVA e MENDES, 2022). Uma pesquisa aplicada, na área ambiental, seja ela em Cartografia, Geografia, Geomorfologia ou Geociências, envolve a coleta e análise de dados, que são inseridos no planejamento, manejo e na decisão sobre a ocupação, produção e conservação das áreas de interesse e é por isso que o uso de geotecnologias tem crescido no estudo da compreensão do uso da terra e consequente avaliação da erosão (LOUREIRO *et al.*, 2020).

#### **4. MATERIAIS E MÉTODOS**

##### **4.1 CONTEXTUALIZAR A ÁREA DE ESTUDO**

Criado pela Lei municipal nº 1.450 de 2001 (VIÇOSA, 2001) e transformado em Unidade de Conservação pela Lei municipal nº 1.960 (VIÇOSA, 2009), o Parque Natural Municipal do Cristo Redentor (PNMCR) detém aproximadamente 11 hectares de área e tem como principal referência, a presença de uma estátua do Cristo Redentor (VIÇOSA, 2020) (*figura 2*).



**Figura 2** – Vista parcial do Parque Natural Municipal do Cristo Redentor.



**Fonte:** Freitas, A. R. J. (2022).

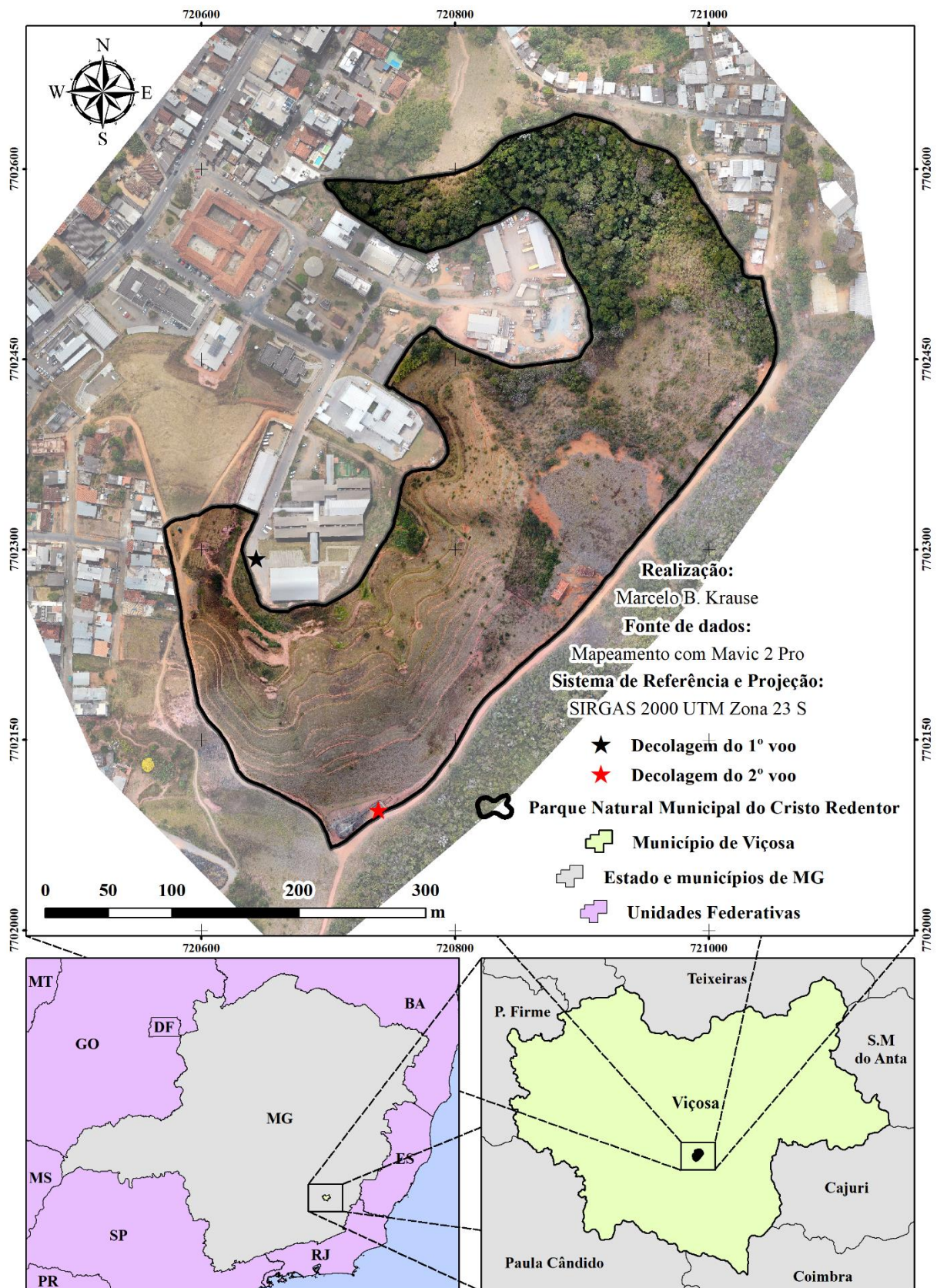
De acordo com Viçosa (2020), o monumento foi idealizado pelo Professor Arlindo de Paula Gonçalves, que por meio de arrecadações populares, conseguiu recursos para construção da estátua de 22 metros de altura e 15 metros de largura máxima. Há ainda no PNMCR, um outro monumento em homenagem a Nossa Senhora da Conceição Aparecida (VIÇOSA, 2020).

O Parque viçosense é caracterizado por possuir uma área bem preservada e encostas côncavas e convexas, que são representativas do “Planalto de Viçosa” (MUGGLER *et al.*, 2005). Além disso, está localizado próximo à sede administrativa municipal e faz divisa com os bairros Centro, Bom Jesus e Bela Vista.

O município de Viçosa possui aproximadamente 300 km<sup>2</sup> e sua população estimada é de 79.910 habitantes (IBGE, 2022) (*figura 3*). A paisagem da região é conhecida como “o Planalto Dissecado de Viçosa” devido à presença de dois compartimentos principais do relevo: As elevações que possuem topos em concordância e as pedoformas de curvaturas côncavas e convexas (MUGGLER *et al.*, 2005).



**Figura 3** – Mapa de localização do Parque Natural Municipal do Cristo Redentor.



A região do estudo está no que Ab'Sáber (2012) classificou como o Domínio Morfoclimático dos Mares de Morro, que se caracterizam por morros arredondados e mamelonares devido ao processo de convexização extensiva e forte decomposição de rochas cristalinas. A grande extensão dos topos concordantes, a presença dos mantos profundos de intemperismo e a ausência de afloramentos rochosos, sugerem a presença de um antigo chapadão que foi e está sendo dissecado por influências climáticas (MUGGLER *et al.*, 2005).

A macrobacia hidrográfica que o município está inserido é a do Rio Doce (NUNES *et al.*, 2001) e o PNMCR está em umas das cabeceiras da microbacia do Ribeirão São Bartolomeu, que é um subafluente do Doce e é 100% viçosense. A classificação climática da área, segundo Koppen (2013) é o clima subtropical de inverno seco e verão quente (Cwa).

O verão é mais úmido e a estação chuvosa é de novembro a março, o inverno é englobado por uma estação seca, no período de abril a outubro (VIÇOSA, 2020). As temperaturas no inverno são em média, inferiores a 18°C, enquanto no verão, elas são superiores a 22°C (EMBRAPA, 2015).

De acordo com a carta “Folha Viçosa – SE.23-X-B-V” disponibilizado pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM, 2006), a geologia da área é datada do Paleoproterozóico e apresenta anfibólitos e biotitas em ortognaisses bandados, de granulação média, coloração acinzentada e migmatizados em intensidades diversas. A constituição é essencialmente biotita, plagioclásio e quartzo, apresenta micas e/ou feldspatos como minerais acessórios e estrutura foliada a muito fraturada, por vezes bandada (CPRM, 2006).

Para os solos da região, a predominância é de Latossolos Vermelho-Amarelos distróficos (LVAd) (NUNES *et al.*, 2001; UFV, 2010). Ressalta-se que o mapeamento de solos feito para a região é na escala de 1:650.000, o que não é representativo para caracterizar a área de estudo e por isso, no PNMCR foram detectados a presença de outras classes de solos, porém, não foram classificados de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.

#### 4.2 RECONHECIMENTO DA ÁREA

O mapeamento foi realizado com a *Remotely Piloted Aircraft (RPA) DJI Mavic 2 Pro* (figura 4). Foram realizados dois voos, o primeiro, em outubro de 2021, em que se capturou 195 imagens e o segundo, em agosto de 2022, que capturou 378. A diferença se deu, devido ao voo perimetral realizado na área durante o segundo voo. Isto pode melhorar a visualização em 3 dimensões dos objetos. Contudo, para a geração do ortomosaicos, as imagens perimetrais foram desconsideradas.

**Figura 4** – RPA utilizada para o mapeamento, *DJI Mavic 2 Pro*.



**Fonte:** Santos, C. M. M. (2022).

Para garantir a acurácia dos dados, durante o primeiro voo, foram coletadas coordenadas em 13 pontos por meio de um receptor GNSS *GS 8Plus da Leica*, para posterior correção das imagens. Os critérios para a seleção dos locais onde foram coletadas as coordenadas foram: a acessibilidade, visão clara e locais com e sem obstrução do sinal, conforme preconizado por Ferreira *et al.* (2022).

Sinalizou-se os pontos de controle em formato de “X”, para representar as variações de altitude, sendo eles distribuídos de forma heterogênea e irregular ao longo do terreno, respeitando os critérios iniciais marcando-os com cal (*figura 5*). As leituras das coordenadas foram feitas no centro dos “X” e duraram aproximadamente 15 minutos. No segundo voo não houve necessidade da coleta de pontos de controle.



**Figura 5** – Vista parcial da coleta dos pontos de controle. É possível visualizar a representação do "X" com cal. Ao fundo encontra-se a estátua de Nossa Senhora Conceição Aparecida e pode-se visualizar a presença de erosões e pastagem degradada.



Os planejamentos e as execuções dos voos foram realizados no *software DroneDeploy* e lá foram definidos todos os seus parâmetros. A porcentagem de sobreposição das imagens foi a padrão, frontal 75% e lateral 65%, para os dois voos. Para as fotos que posteriormente derivariam os ortomosaicos a câmera foi ajustada em  $-90^\circ$ , enquanto no voo perimetral utilizou-se angulação de  $-65^\circ$ .

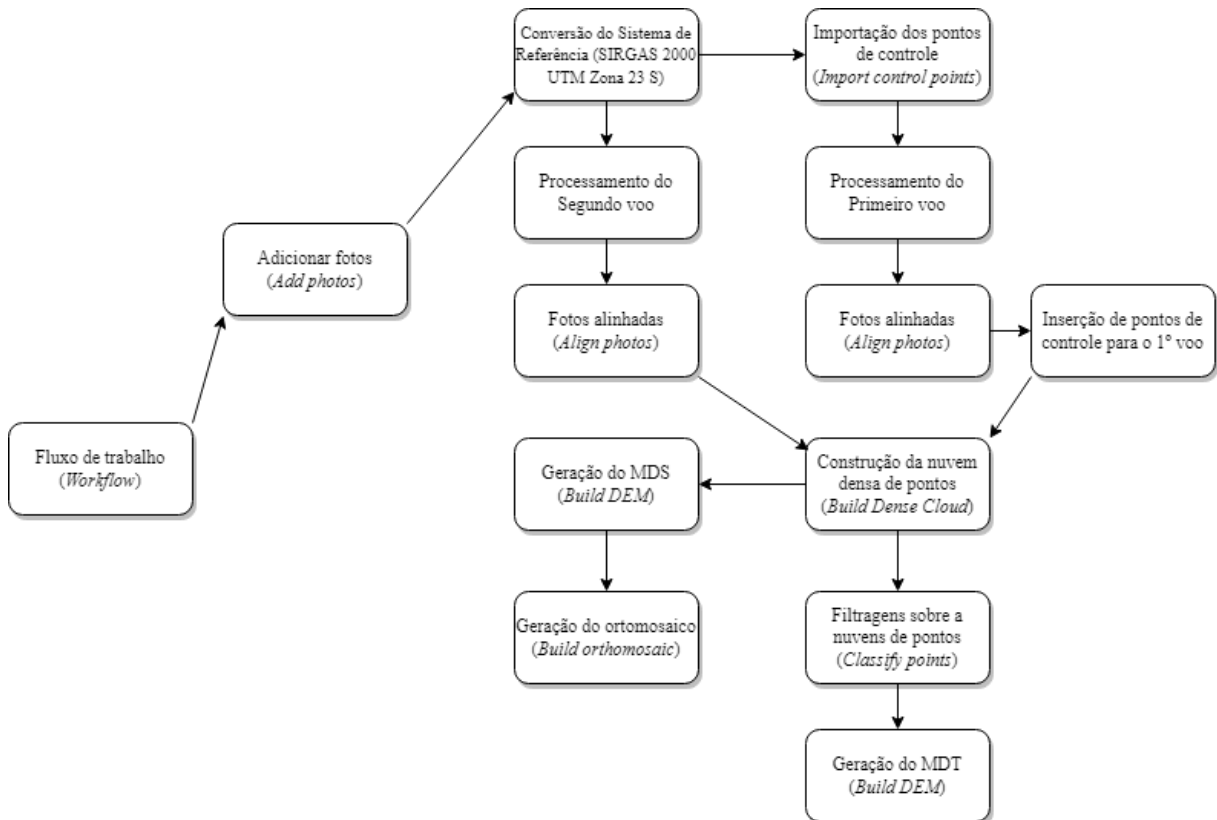
Os dois voos foram realizados com autorização do SARPAS/DECEA. Os tipos do voo foram Padrão/ICA 100-40 e EVLOS (BRASIL, 2020) e a permissão concedida foi de altura máxima de 120 metros e o raio de distância máxima de 750 metros. Cada voo durou aproximadamente 20 minutos. O primeiro voo foi realizado a 120 metros de altura e decolou-

se do fundo do vale, enquanto o segundo foi realizado a 75 metros de altura e a decolagem foi ao lado da estátua do Cristo, na parte alta da paisagem.

O mapeamento via RPA é uma forma de sensoriamento remoto passivo e não invasivo (NOVO, 2008) e que só é possível de utilização em trabalhos de campo, durante o dia e com condições meteorológicas favoráveis. Esses fatores, tornam a RPA fundamental para o levantamento e a curadoria dos dados e consequente produção de resultados com acurácia, segurança e qualidade (SIQUEIRA *et al.*, 2020).

Após os trabalhos em campo, os dados obtidos com a RPA foram processados pelo *software Agisoft Metashape Professional*. Foi utilizado o fluxo de trabalho padrão (figura 6), as fotos foram adicionadas, alinhadas, geradas as nuvens densas de pontos, produzidos os modelos digitais de elevação (MDE) e ortomosaicos.

**Figura 6** – Modelo sintético do fluxo de trabalho realizado no *software Agisoft Metashape*.



Os MDE produzidos, primeiramente, foram os Modelos Digitais de Superfície (MDS) e para geração dos Modelos Digitais de Terreno (MDT), houve classificações sobre as nuvens de pontos, que separaram os pontos a nível do solo utilizando os parâmetros de ângulo de inclinação de 30°, distância máxima de 0,1 metros e tamanho da célula de 40 centímetros.

Esses valores para geração do MDT são subjetivos, sendo utilizados aqueles que alcançaram os melhores resultados para os dois processamentos. Faça-se uma ressalva que, durante o processamento do primeiro voo, antes da nuvem densa de pontos ser gerada, foram inseridos os pontos de controle já corrigidos em relação a Estação VICO e via Processamento por Ponto Preciso do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE-PPP) (*tabela 1*). Para os outros processamentos, os padrões foram os mesmos para os dois voos.

**Tabela 1** – Pontos de controle coletados antes do primeiro voo e corrigidos pelo IBGE-PPP. O sistema de referência é o SIRGAS 2000 UTM Zona 23 S.

Identificação dos pontos de controle	Coordenadas UTM (metros)		
	X	Y	Z
1	720.644,844	7.702.295,647	679,800
2	720.668,930	7.702.234,073	695,090
3	720.688,993	7.702.211,839	704,080
4	720.738,702	7.702.165,851	721,170
5	720.698,263	7.702.094,760	753,400
6	720.592,268	7.702.306,633	699,640
7	720.742,983	7.702.298,247	688,060
8	720.742,642	7.702.298,245	687,650
9	720.799,186	7.702.282,912	700,900
10	720770,990	7702344,184	692,400
11	720757,433	7702213,211	704,410
12	720638,551	7702184,122	705,610
13	720656,480	7702296,242	681,780

Todos os MDE e ortomosaicos produzidos no *Agisoft* foram exportados para serem utilizados no *ArcGIS Pro*. Devido à falta de pontos de controle, o ortomosaico, gerado pelo 2º Voo, foi ajustado, pela ferramenta *Georeferencing*, presente no *ArcGIS*, com o ortomosaico do 1º voo. Não houve processo parecido com os MDE do segundo voo. Os limites do Parque Natural Municipal do Cristo Redentor (PNMCR) foram vetorizados, a partir de documentos antigos georreferenciados (VIÇOSA, 2020).

Realizou-se a vetorização das classes de uso da terra presentes no PNMCR. Os mapeamentos de uso e cobertura da terra para monitoramento dos processos erosivos foram formulados e as áreas das classes mensuradas e comparadas para entender as alterações espaciais.

A comparação entre os ortomosaicos pode inferir diretamente sobre o processo de recuperação (DIAS e FIGUEIRÔA, 2020), já que o primeiro voo, em outubro de 2021, foi realizado após um incêndio que afetou parte do PNMCR. Os MDE produzidos com os dados obtidos por meio de RPA, foram utilizados para mensurar as variações espaciais da recuperação ambiental.

#### 4.3 ANÁLISE MULTICRITÉRIO

Para geração das áreas prioritárias à conservação, foram geradas duas análises multicritério (AMC). AMC é um método de análise de alternativas para a resolução de problemas que utilizam critérios relacionados ao objeto em estudo (FRANCO *et al.*, 2013). Quando as tomadas de decisões envolvem informações complexas, a AMC é uma alternativa viável de utilização, uma vez que para o planejamento ambiental é fundamental conhecer o espaço geográfico e organizá-lo (FRANCO *et al.*, 2013).

Para geração da AMC foram utilizados os seguintes fatores: O uso e cobertura da terra (LULC – *Land Use Land Coberture*); a declividade da área; a orientação das vertentes; o índice topográfico de umidade (TWI – *Topographic Wetness Index*) e a forma das vertentes. Considerou-se o LULC devido ao uso e cobertura da área influenciarem diretamente na saúde da paisagem, já que as atividades antrópicas influenciam diretamente na estrutura do relevo, solos e biota (CAVALCANTI, 2018).

Historicamente, o PNMCR foi degradado e não apresentava estruturas mínimas para a recreação da população e por isso, alterar a forma de uso da terra era fundamental (VIÇOSA, 2020). Por se tratar de um ambiente com encostas acentuadas, a declividade é um fator preponderante na área, já que tem relação direta no equilíbrio entre o escoamento superficial e infiltração de água no solo (VALERIANO, 2008). Além disso, legalmente, áreas com declividades maiores que 45° devem ser protegidas (BRASIL, 2012).

A orientação das vertentes é um fator importante, já que a angulação e o tempo de incidência da radiação solar ao longo do ano influenciam diretamente o desenvolvimento de espécies vegetais (FERREIRA *et al.*, 2012). Definida por Valeriano (2008) como uma medida de ângulo horizontal da direção esperada do escoamento superficial, a orientação das vertentes tem relação muito próxima com a declividade.

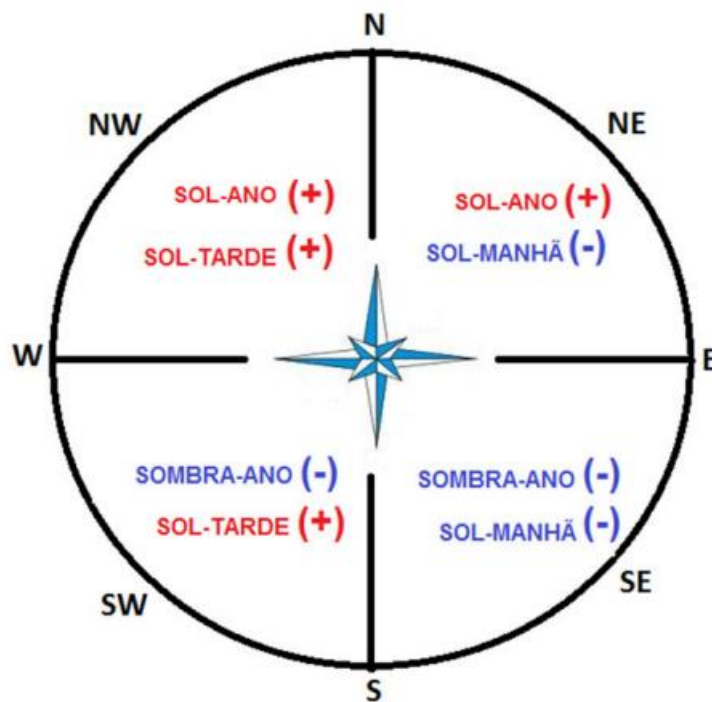
Quando Ferreira *et al.* (2012) definiram “as características térmicas das vertentes como fatores determinantes do clima para a cafeicultura de montanha” e apesar da sua lógica ter sido voltada para a produção agrícola, os fatores definidos por ele, são importantes para outros tipos de análise, como na área da recuperação ambiental.



Para a definição das encostas (faces) quentes e ensolaradas, é utilizado o termo “Face Soalheira”, enquanto para as faces frias e sombreadas é utilizado o termo “Face Noruega” (FERREIRA *et al.*, 2012). Esses nomes derivam de uma agricultura temperada europeia. Para os trópicos brasileiros, considera-se a “Face Soalheira”, aquela voltada para a região equatorial, ou seja, voltada para o Norte Geográfico, enquanto a “Face Noruega” é voltada para o Sul Geográfico (FERREIRA *et al.*, 2012).

Ferreira *et al.* (2012) ainda dizem que a exposição de luz, gera um microclima local e as vertentes, com as temperaturas mais amenas são as Noruega-Sudeste, enquanto as de maiores temperaturas são as Soalheira-Norte (figura 7). Esses conhecimentos têm importância, pois a temperatura influencia diretamente na umidade das encostas e consequentemente, no desenvolvimento de espécies vegetais (FERREIRA *et al.*, 2012).

**Figura 7** – Efeito da radiação solar sobre a temperatura do ar nas diferentes faces de exposição, simbolizada pelos sinais positivos e negativos. Os quadrantes representam as encostas Nordeste (NE), Sudeste (SE), Sudoeste (SW) e Noroeste (NW) em função dos pontos cardeais.



**Fonte:** Ferreira *et al.* (2012).

O *Topographic Wetness Index* (TWI) é um índice, aplicada em ambiente SIG, para identificar espacialmente as áreas com saturação hídrica, permanente ou temporária. Essa técnica é baseada na relação entre a declividade local e a área de contribuição específica a

montante (NAVES e ALMEIDA, 2021). Por caracterizar a distribuição espacial das zonas saturadas superficiais, o TWI demonstra os efeitos do relevo na localização e extensão das áreas de acumulação e as que são propícias à saturação (HUNG *et al.*, 2016).

A forma das vertentes ou curvatura vertical, foi considerada, pois ainda não existe o mapeamento de solos, com nível muito detalhado, do PNMCR. As vertentes são classificadas em côncavas, convexas e retilíneas (VALERIANO, 2008). Os processos da curvatura vertical estão relacionados aos processos de migração e acúmulo de solutos e solventes na superfície e por isso, essas formas influenciam a formação pedológica presente em todo o Planalto de Viçosa (MUGGLER *et al.*, 2005; VALERIANO, 2008).

Para a região de Viçosa, nas formas convexas é comum encontrar a presença de Latossolos, principalmente nas partes altas das vertentes. Nas partes médias das vertentes retilíneas em direção às partes inferiores e côncavas são encontrados, principalmente, Cambissolos e Argissolos, respectivamente e nos terraços fluviais foram classificados Neossolos (NUNES *et al.*, 2001; MUGGLER *et al.*, 2005).

Ao considerar as características da paisagem e como elas influenciam para formação de ambientes específicos, não se deve considerar apenas as variáveis separadamente, mas considerar a composição do ambiente (FERREIRA *et al.*, 2012). Para a definição das áreas prioritárias a conservação, o uso de variáveis morfométricas, derivadas dos MDE são as principais variáveis morfológicas que condicionam o tipo e a intensidade dos processos erosivos (FLORENZANO, 2008).

Antes de ser feito uma AMC, é necessário que todos os arquivos estejam no formato *raster*, para que seja possível de ser feito uma álgebra de mapas ou uma multiplicação entre os fatores, por isso, todos os arquivos que eram *shapefile* foram convertidos para *raster* e todos os arquivos, até aqueles que já eram *rasters*, foram reclassificados.

Após a reclassificação, foram definidos os pesos de cada classe e para as duas análises, foram distribuídos os mesmos pesos. A distribuição dos pesos ocorreu de acordo com o entendimento da importância para cada fator adaptando-os a metodologia proposta por Agra e Andrade (2020), sendo a sequência de LULC, declividade, orientação das vertentes, TWI e a forma das vertentes, respectivamente, da maior para a menor importância. Os fatores de maiores pesos foram aqueles identificados como os mais propícios à degradação.

Todas as reclassificações e os pesos dados estão descritos na tabela 2. É destacado que a reclassificação das faces foi de acordo com a intensidade da luz e em relação a forma das vertentes, a classificação seguiu a metodologia descrita por FERNANDES FILHO *et al.* (2012).

**Tabela 2** – Separação das classes e distribuição dos pesos para realização da análise multicritério.

<b>PRIMEIRO VOO</b>				
<b>Classificação para Análise Multicritério</b>	<b>Classes</b>	<b>Reclassificação</b>	<b>Pesos</b>	<b>Influência (%)</b>
<b>Uso e Cobertura (LULC)</b>	Construções	1	1	28
	Vegetação arbórea	2	1	
	Vegetação rasteira	3	3	
	Estradas e vias	4	3	
	Pastagem degradada	5	6	
	Pastagem queimada	6	7	
	Solo exposto	7	9	
	Erosão avançada	8	9	
<b>Declividade</b>	Plano (0 - 1,72°)	1	1	24
	Suave ondulado (1,72° - 4,57°)	2	3	
	Ondulado (4,57° -11,31°)	3	4	
	Forte ondulado (11,31° -24,23°)	4	7	
	Montanhoso (24,23° -36,87°)	5	8	
	Escarpado (> 36,87°)	6	9	
<b>Orientação das vertentes</b>	Sul (S) e Sudeste (SE)	1	1	22
	Leste (E) e Nordeste (NE)	2	5	
	Oeste (W) e Sudoeste (SW)	3	7	
	Norte (N) e Noroeste (NW)	4	9	
<b>Índice Topográfico de umidade (TWI)</b>	Altíssima saturação	1	9	15
	Alta saturação	2	7	
	Média saturação	3	5	
	Baixa saturação	4	3	
	Baixíssima saturação	5	1	
<b>Forma das vertentes</b>	Valores até 0 (Vertentes Côncavas e retilíneas)	1	5	11
	Valores maiores que 0 (Vertentes convexas)	2	4	

SEGUNDO VOO				
Classificação para Análise Multicritério	Classes	Reclassificação	Pesos	Influência (%)
Uso e Cobertura (LULC)	Construções	1	1	28
	Vegetação arbórea	2	1	
	Vegetação rasteira	3	3	
	Estradas e vias	4	3	
	Técnicas de recuperação	5	5	
	Pastagem queimada	6	5	
	Solo exposto	7	9	
	Erosão avançada	8	9	
Declividade	Plano (0 - 1,72°)	1	1	24
	Suave ondulado (1,72° - 4,57°)	2	3	
	Ondulado (4,57° - 11,31°)	3	4	
	Forte ondulado (11,31° - 24,23°)	4	7	
	Montanhoso (24,23° - 36,87°)	5	8	
	Escarpado (> 36,87°)	6	9	
Orientação das vertentes	Sul (S) e Sudeste (SE)	1	1	22
	Leste (E) e Nordeste (NE)	2	5	
	Oeste (W) e Sudoeste (SW)	3	7	
	Norte (N) e Noroeste (NW)	4	9	
Índice Topográfico de umidade (TWI)	Altíssima saturação	1	9	15
	Alta saturação	2	7	
	Média saturação	3	5	
	Baixa saturação	4	3	
	Baixíssima saturação	5	1	
Forma das vertentes	Valores até 0 - Vertentes Côncavas e retilíneas	1	5	11
	Valores maiores que 0 (Vertentes convexas)	2	4	

Após a geração dos arquivos de áreas prioritárias à conservação, realizou-se uma álgebra de mapas, que considerou os valores da Área de Preservação Permanente (APP) e das

construções como 0, enquanto, o resto do Parque foi classificado como 1. Isto foi realizado devido a APP ser a área mais conservada do PNMCR e já ser área prioritária à conservação, de acordo com a Lei Federal 12.651/2012 (BRASIL, 2012). Por ser uma área que legalmente já deve ser conservada, a escolha por outras áreas é que se torna prioridade.

Após a álgebra, os arquivos foram convertidos para *shapefile*. Isto ocorreu para que fossem mensuradas e comparadas as áreas das classes. Destaca-se que as classes foram nomeadas como “altíssima prioridade” até “baixa prioridade”. Esse passo-a-passo ocorreu para verificar se as técnicas de recuperação apresentavam efeito expressivo. Além disso, a área a ser recuperada dentro do PNMCR foi comparada à área total, para entender o estágio de recuperação.

Todas as tabelas de atributos geradas foram exportadas para planilhas eletrônicas. Foram geradas tabelas para facilitar a visualização da mensuração e comparar as classes de uso, possibilitando inferir sobre a recuperação da área.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1 MODELOS DIGITAIS DE ELEVAÇÃO

Inicialmente, ressalta-se que os Modelos Digitais de Elevação (MDE) utilizados para as análises foram os Modelos Digitais de Superfície (MDS). Os Modelos Digitais de Terreno (MDT) não apresentaram resultados confiáveis após as filtragens, principalmente o do segundo voo, que durante o processo de geração das variáveis morfométricas foram criados dados que não representavam fielmente a realidade.

Por outro lado, o MDS, apesar de ser a representação da altitude a nível dos objetos superficiais, conseguiu representar o terreno mais fielmente. A variação na qualidade das informações, de acordo com os voos, mostra a importância da coleta de pontos de controle em campo (FERREIRA *et al.*, 2022). A partir deles, o algoritmo, que interpola os dados das nuvens de pontos, consegue produzir dados com maior acurácia e que sejam mais representativos.

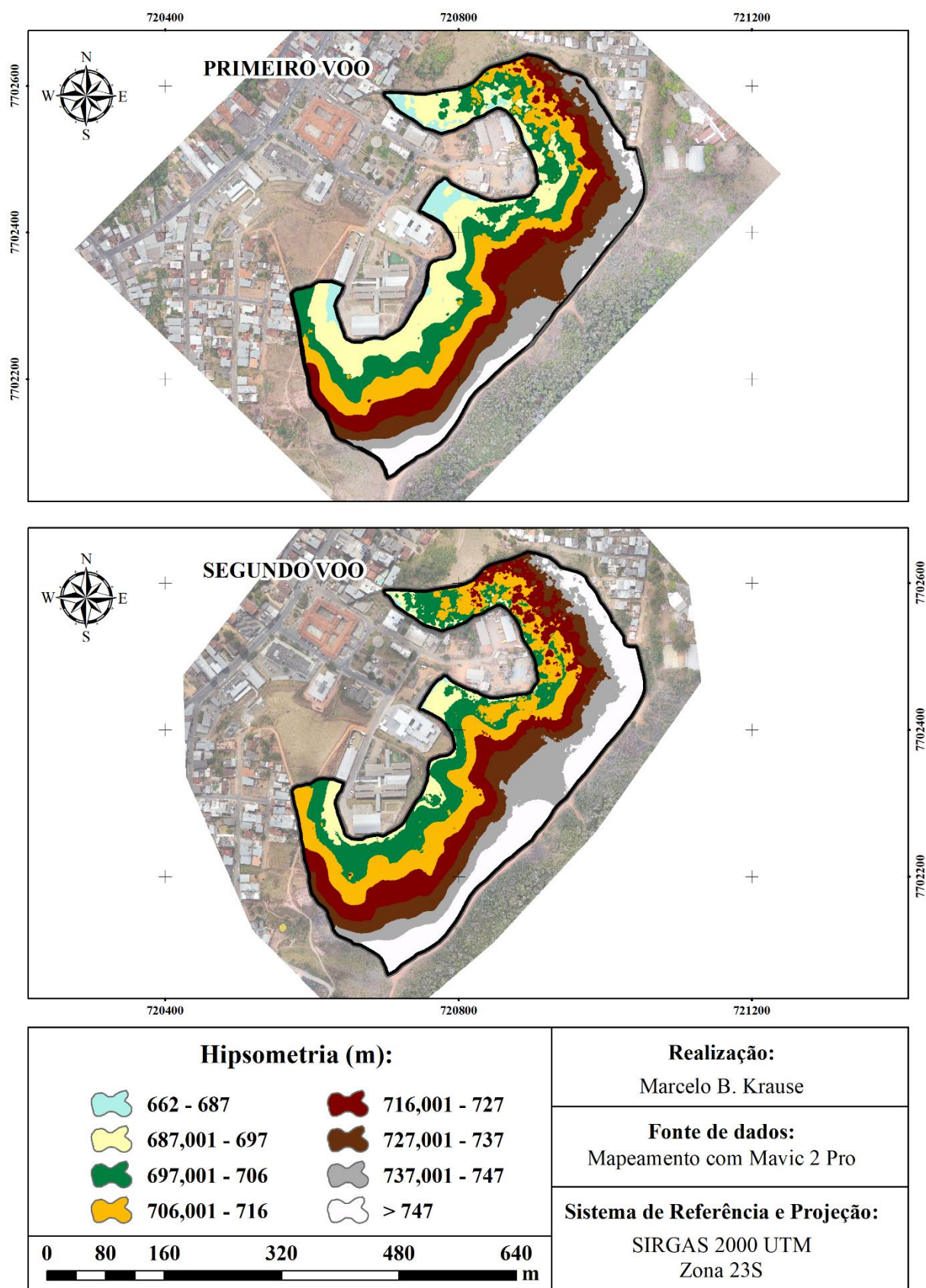
Contudo, foi observado, para os MDT, que nos locais onde existe vegetação densa, com copas fechadas, a filtragem não consegue representar bem o relevo da área, por outro lado nos locais com vegetações esparsas, a filtragem foi satisfatória, o que reafirma a dependência de pontos de verificação em campo (FERREIRA *et al.*, 2022). Cabe destacar, que por serem produzidos a partir das nuvens de pontos, nenhum MDE apresentou depressões espúrias, mostrando a segurança das informações.

A qualidade dos produtos da *Remotely Piloted Aircraft* (RPA) está associada a maior capacidade de captura de imagens, coletadas com a mesma escala de visualização, apesar da variação topográfica (MAGALHÃES e MOURA, 2021). É por isso que a qualidade do MDS influencia a ortorretificação do mosaico das imagens e consequentemente das nuvens de pontos que são produzidas a partir do alinhamento das imagens obtidas (MAGALHÃES e MOURA, 2021).

A qualidade da nuvem de pontos tem influência direta sobre todos os outros produtos posteriores (MAGALHÃES e MOURA, 2021). A qualidade do primeiro modelo é fundamental para qualquer análise, uma vez que as RPA possuem a capacidade de gerar MDE com altas resoluções espaciais e temporais (MAGALHÃES e MOURA, 2021), essas constatações foram observadas neste estudo.

As resoluções espaciais dos MDS obtidas foram de 17x17 e 6x6 centímetros (cm), para o primeiro e segundo voo, respectivamente (*figura 8*). A diferença nas resoluções é explicada por dois motivos. O primeiro é pela diferença na altura do voo, uma vez que o primeiro voo foi realizado a 120 metros de altura, com a decolagem no fundo do vale, enquanto o segundo foi a 75 metros, com a decolagem sendo ao lado do monumento do Cristo e na parte alta da paisagem.

**Figura 8** – Mapa dos Modelos Digitais de Superfícies, produzidos a partir de ortoimagens.



A mudança no local da decolagem ocorreu por segurança no momento do voo. O motivo pelas resoluções diferentes foi devido à falta de pontos de controle. Optou-se por gerar um MDS com resolução espacial maior que a do primeiro voo. Sendo uma tentativa de produzir um modelo com maior detalhamento. Buscou-se aumentar a garantia na qualidade das informações produzidas, dando-as maior detalhamento aos dados do modelo.

As variáveis derivadas do MDS, gerado com o mapeamento da paisagem do Parque Natural Municipal do Cristo Redentor (PNMCR), foram, principalmente, a declividade da área, a orientação das vertentes, o índice topográfico de umidade (TWI) e a forma das vertentes. Na tabela 5 está explícita as áreas ocupadas pelas classes de declividades e pela orientação das vertentes.

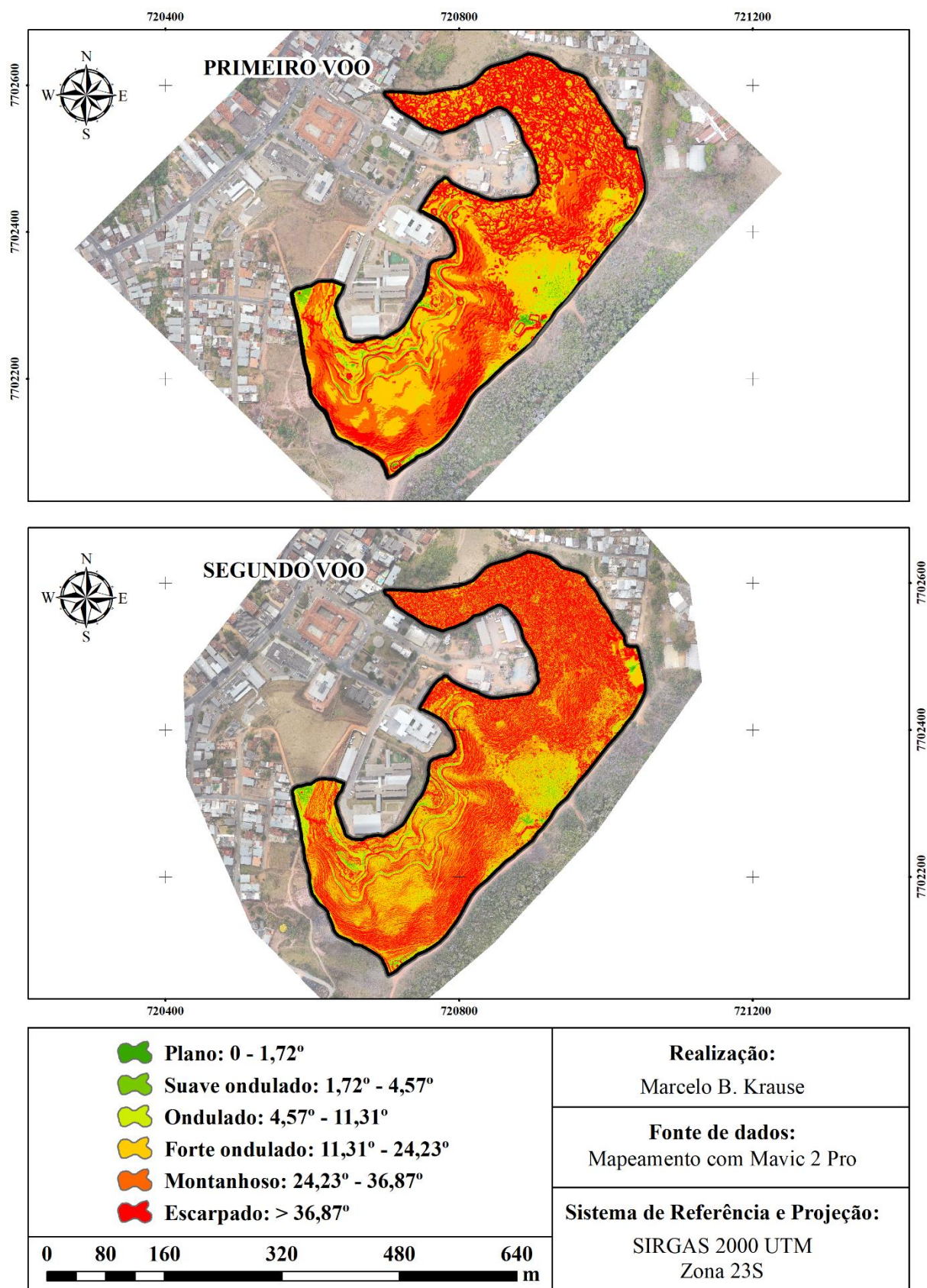
**Tabela 3** – Descrição de variáveis morfométricas obtidas com os Modelos Digitais de Elevação.

<b>Classes de Declividade</b>	<b>Área das classes de declividade (m<sup>2</sup>) obtida com o 1º MDS</b>	<b>Área das classes de declividade (m<sup>2</sup>) obtida com o 2º MDS</b>	<b>Diferença de área (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Porcentagem de diferença entre as áreas</b>
Plano (0 - 1,72°)	420,16 (0,36%)	866,74 (0,74%)	446,58	106,29
Suave ondulado (1,72° - 4,57°)	2.417,19 (2,06%)	2.223,75 (1,90%)	-193,44	-8,00
Ondulado (4,57° -11,31°)	9.753,48 (8,32%)	11.137,94 (9,50%)	1.384,46	14,19
Forte ondulado (11,31° -24,23°)	31.924,27 (27,24%)	30.513,48 (26,04%)	-1.410,79	-4,42
Montanhoso (24,23° -36,87°)	36.394,77 (31,05%)	31.617,20 (26,98%)	-4.777,56	-13,13
Escarpado (> 36,87°)	36.286,17 (30,96%)	40.836,93 (34,84%)	4.550,76	12,54
<b>ÁREA TOTAL</b>			<b>117.196,05</b>	
<b>Classes de Orientação das Vertentes</b>	<b>Área das classes da orientação das vertentes (m<sup>2</sup>) obtida com o 1º MDS</b>	<b>Área das classes da orientação das vertentes (m<sup>2</sup>) obtida com o 2º MDS</b>	<b>Diferença de área (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Porcentagem de diferença entre as áreas</b>
Sul (S) e Sudeste (SE)	10.977,70 (9,37%)	12.542,26 (10,70%)	1.564,56	14,25
Leste (E) e Nordeste (NE)	18.480,99 (15,77%)	20.251,30 (17,28%)	1.770,32	9,58
Oeste (W) e Sudoeste (SW)	29.410,22 (25,09%)	31.322,18 (26,73%)	1.911,96	6,50
Norte (N) e Noroeste (NW)	58.327,14 (49,77%)	53.080,31 (45,29%)	-5.246,84	-9,00
<b>ÁREA TOTAL</b>			<b>117.196,05</b>	

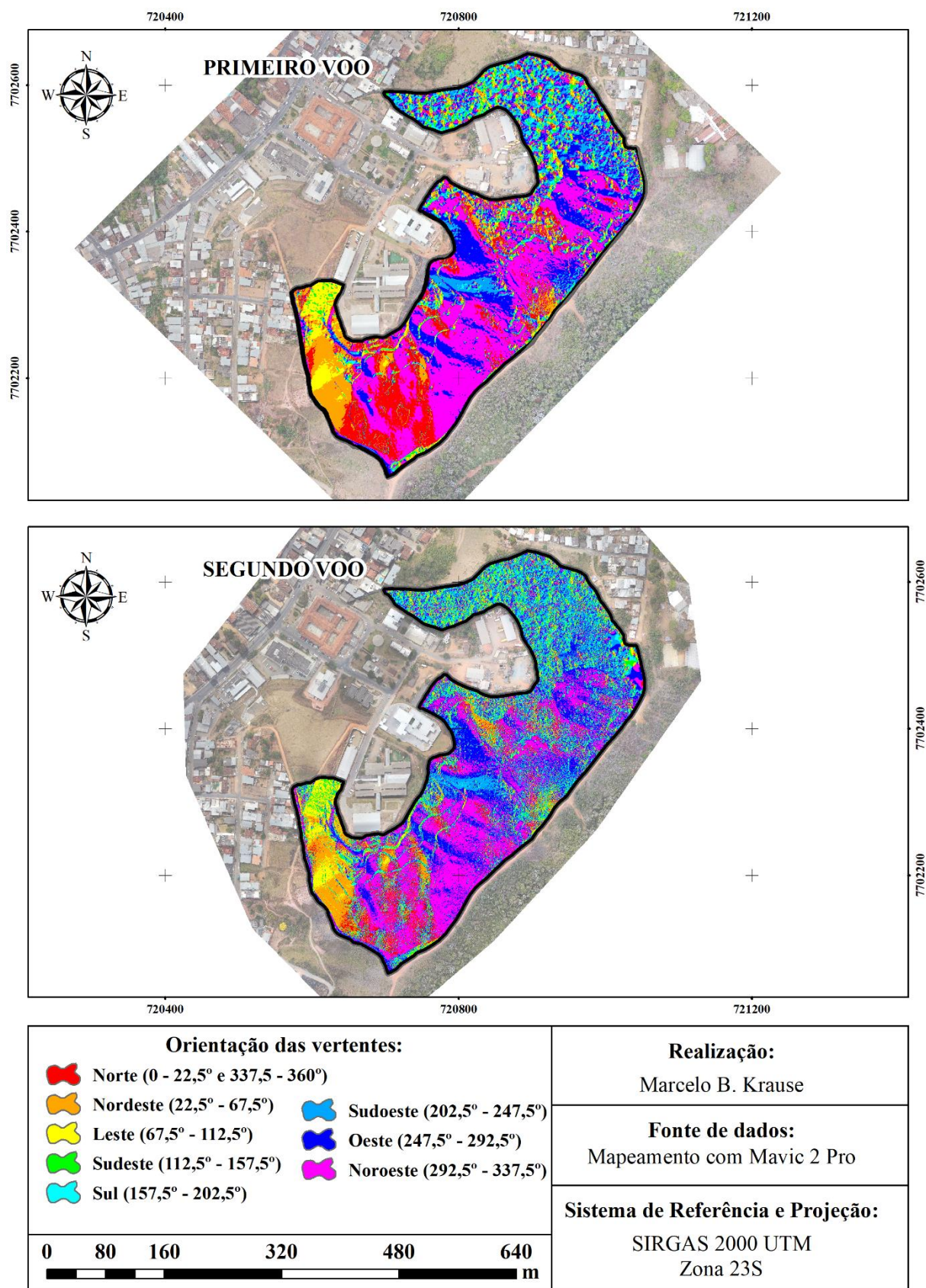


A partir das tabelas, quando relacionadas a declividade, observou-se um aumento nas classes “Plano”, “Ondulado” e “Escarpado”, enquanto as classes “Suave Ondulado”, “Forte Ondulado” e “Montanhoso” foram reduzidas (*figura 9*). Para as classes de orientação das vertentes, as maiores reduções foram para as vertentes Norte e Noroeste, enquanto os maiores ganhos foram em Sul e Sudeste (*figura 10*). As variáveis TWI e formas das vertentes foram produzidas exclusivamente para a análise multicritério.

**Figura 9** – Mapa de declividade (EMBRAPA, 1979) do Parque Natural Municipal do Cristo Redentor.



**Figura 10** – Mapa de orientação das vertentes (FERREIRA *et al.*, 2012) do Parque Natural Municipal do Cristo Redentor.



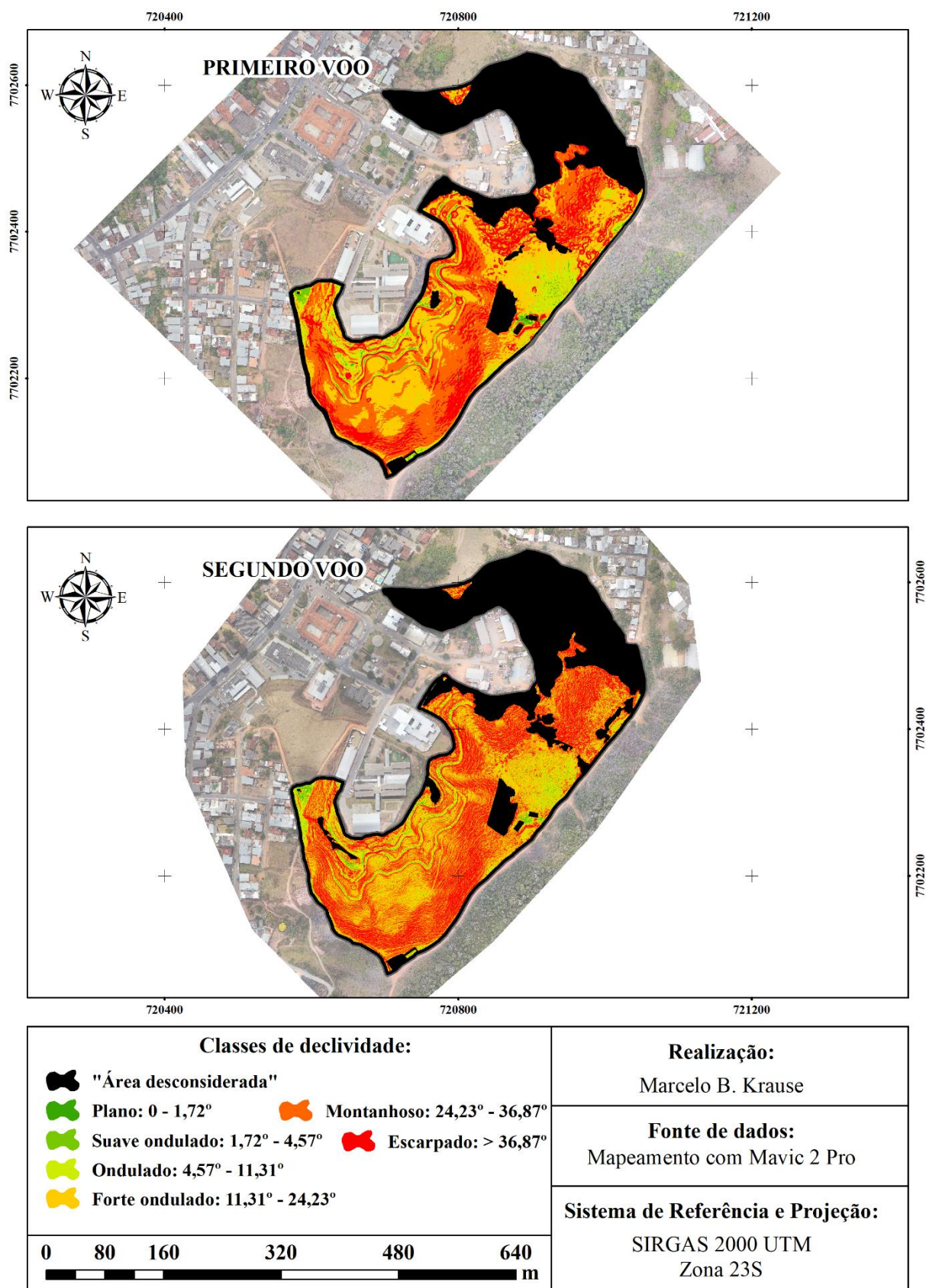
As variáveis morfométricas apresentadas até aqui foram derivadas do MDS e por isso, muitos desses dados são influenciados pela direção das copas das árvores e por construções, não representando a realidade a nível do solo. É por isso que a área com a presença de vegetação arbórea e construções foram desconsideradas e os valores reais estão representados na tabela 6. Ressalta-se que essas classes ocupavam 29,65% e 31,86% da área total, respectivamente para o primeiro e para o segundo voo (*figuras 11 e 12*).

**Tabela 4** – Descrição das variáveis morfométricas do Parque Natural do Cristo Redentor, sendo desconsiderada as áreas não prioritárias à conservação.

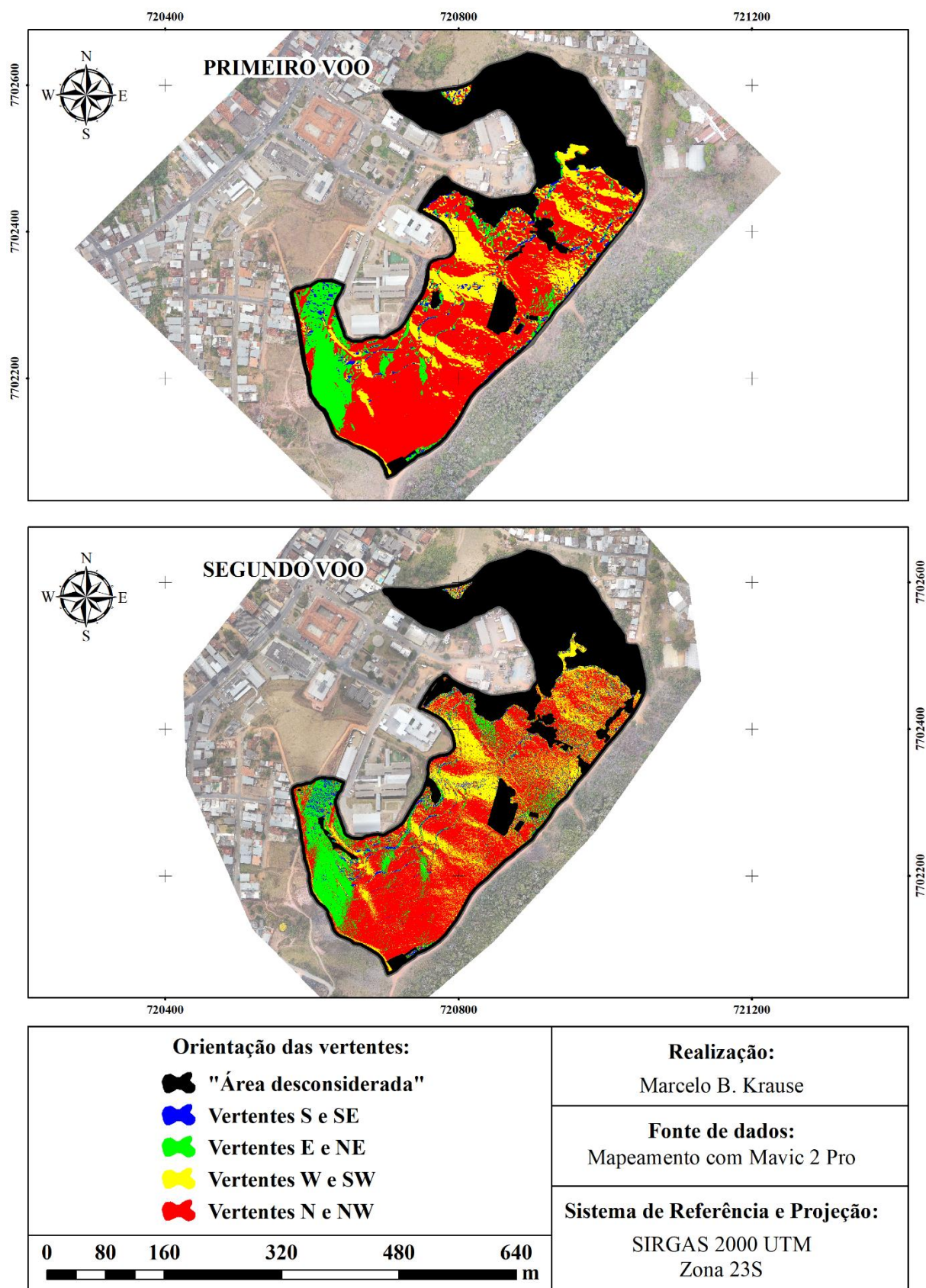
<b>Classes de Declividade</b>	<b>Área das classes de declividade (m<sup>2</sup>) obtida com o 1º MDS</b>	<b>Área das classes de declividade (m<sup>2</sup>) obtida com o 2º MDS</b>	<b>Diferença de área (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Porcentagem de diferença entre as áreas</b>
Plano (0 - 1,72°)	903,03 (1,10%)	1.141,16 (1,43%)	238,13	26,37
Suave ondulado (1,72° - 4,57°)	2.005,72 (2,43%)	1.711,51 (2,14%)	-294,21	-14,67
Ondulado (4,57° - 11,31°)	7.895,04 (9,58%)	8.900,85 (11,15%)	1.005,81	12,74
Forte ondulado (11,31° - 24,23°)	25.854,55 (31,36%)	24.021,10 (30,08%)	-1.833,45	-7,09
Montanhoso (24,23° - 36,87°)	29.212,08 (35,43%)	24.375,71 (30,52%)	-4.836,37	-16,56
Escarpado (> 36,87°)	16.576,00 (20,11%)	19.705,57 (24,68%)	3.129,57	18,88
<b>ÁREA PARCIAL</b>	<b>82.446,42</b>	<b>79.855,90</b>	<b>-2.590,52</b>	<b>-3,14</b>
"Área desconsiderada"	34.749,63	37.340,15	2.590,52	7,45
<b>Classes de Orientação das Vertentes</b>	<b>Área das classes da orientação das vertentes (m<sup>2</sup>) obtida com o 1º MDS</b>	<b>Área das classes da orientação das vertentes (m<sup>2</sup>) obtida com o 2º MDS</b>	<b>Diferença de área (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Porcentagem de diferença entre as áreas</b>
Sul (S) e Sudeste (SE)	3.862,98 (4,69%)	4.938,14 (6,18%)	1.075,16	27,83
Leste (E) e Nordeste (NE)	12.765,78 (15,48%)	13.291,06 (16,64%)	525,28	4,11
Oeste (W) e Sudoeste (SW)	16.639,79 (20,18%)	18.872,41 (23,63%)	2.232,63	13,42
Norte (N) e Noroeste (NW)	49.177,88 (59,65%)	42.754,29 (53,54%)	-6.423,59	-13,06
<b>ÁREA PARCIAL</b>	<b>82.446,42</b>	<b>79.855,90</b>	<b>-2.590,52</b>	<b>-3,14</b>
"Área desconsiderada"	34.749,63	37.340,15	2.590,52	7,45



**Figura 11** – Mapa das classes de declividade (EMBRAPA, 1979), desconsiderando as áreas não prioritárias.



**Figura 12** – Mapa das classes de agrupamentos das orientações das vertentes, desconsiderando as áreas não prioritárias.



A predominância das classes de declividade (EMBRAPA, 1979), para ambos os voos foram “Montanhoso” e “Forte ondulado”. Esses dados, comprovam que as vertentes do PNMCR são bastante íngremes. Nas vertentes com declividades entre 20% e 35%, há a maior frequência de escorregamentos e por isso foi observado a redução das classes “Montanhoso” e “Forte ondulado”, respectivamente.

Acredita-se que isto ocorreu pela aplicação de práticas de reconformação do relevo, principalmente nos locais com erosões avançadas, como onde existiam sulcos e voçorocas (SANAR, 2021). O aumento da classe “Escarpado” é explicado, principalmente, pela construção de terraços de base estreita nas vertentes. Devido ao seu formato geométrico, com vértices de 90° e comprimentos alongados, os terraços foram construídos com revolvimentos de solo e deposição logo acima (SANAR, 2021).

Destaca-se que a forma de deposição de solo realizada, é a partir da compactação do material solto, para garantir a sustentação da estrutura (SANAR, 2021). Além disso, a construção dos terraços visou reduzir o comprimento de rampa e evitar o aumento da velocidade de escoamento superficial (VALERIANO, 2008). A maior alteração sobre as classes de declividades observadas, foi o aumento da área plana do PNMCR. Isto ocorreu pela melhoria da infraestrutura como a construção de vias de circulação e facilitações para as locomoções.

Observou-se a redução das áreas descobertas no PNMCR. O dado mostra a evolução da cobertura vegetal, principalmente, a arbórea que protege o solo, retém nutrientes, reduz o escoamento superficial e evita a perda de agregados do sistema (SANAR, 2021). A evolução da cobertura do solo, tem-se mostrado eficiente.

Para as classes de orientação das vertentes, o maior aumento foi para a classe “Sul (S) e Sudeste (SE)”, seguido por “Oeste (W) e Sudoeste (SW)”. A única classe a ter seu tamanho reduzido foi a “Norte (N) e Noroeste (NW)”. Apesar disso, ela ainda foi a maior classe encontrada para os dois voos com 59,65% para o primeiro voo e 53,54% para o segundo.

O aumento de encostas voltadas para as vertentes Sul e Sudeste é um comportamento desejável para o desenvolvimento de vegetação, pois segundo Ferreira *et al.* (2012), no hemisfério Sul, as encostas voltadas para o Sul recebem menor incidência de radiação solar direta, sendo, em grande parte do ano, sombreadas e aquecidas por radiação difusa e advecção de ar quente. Além disso, essas encostas, recebem os ventos amenos provenientes do Sudeste, Sul e Sudoeste, proporcionando a ocorrência de temperaturas mais baixas.

Ainda segundo os mesmos autores, as encostas voltadas para o Norte, são as que recebem ao longo do ano a maior incidência de radiação solar direta. Sendo, portanto, mais

aquecidas, contribuindo para que a umidade relativa no microclima desta encosta seja menor, apresentando maiores temperaturas (FERREIRA *et al.*, 2012).

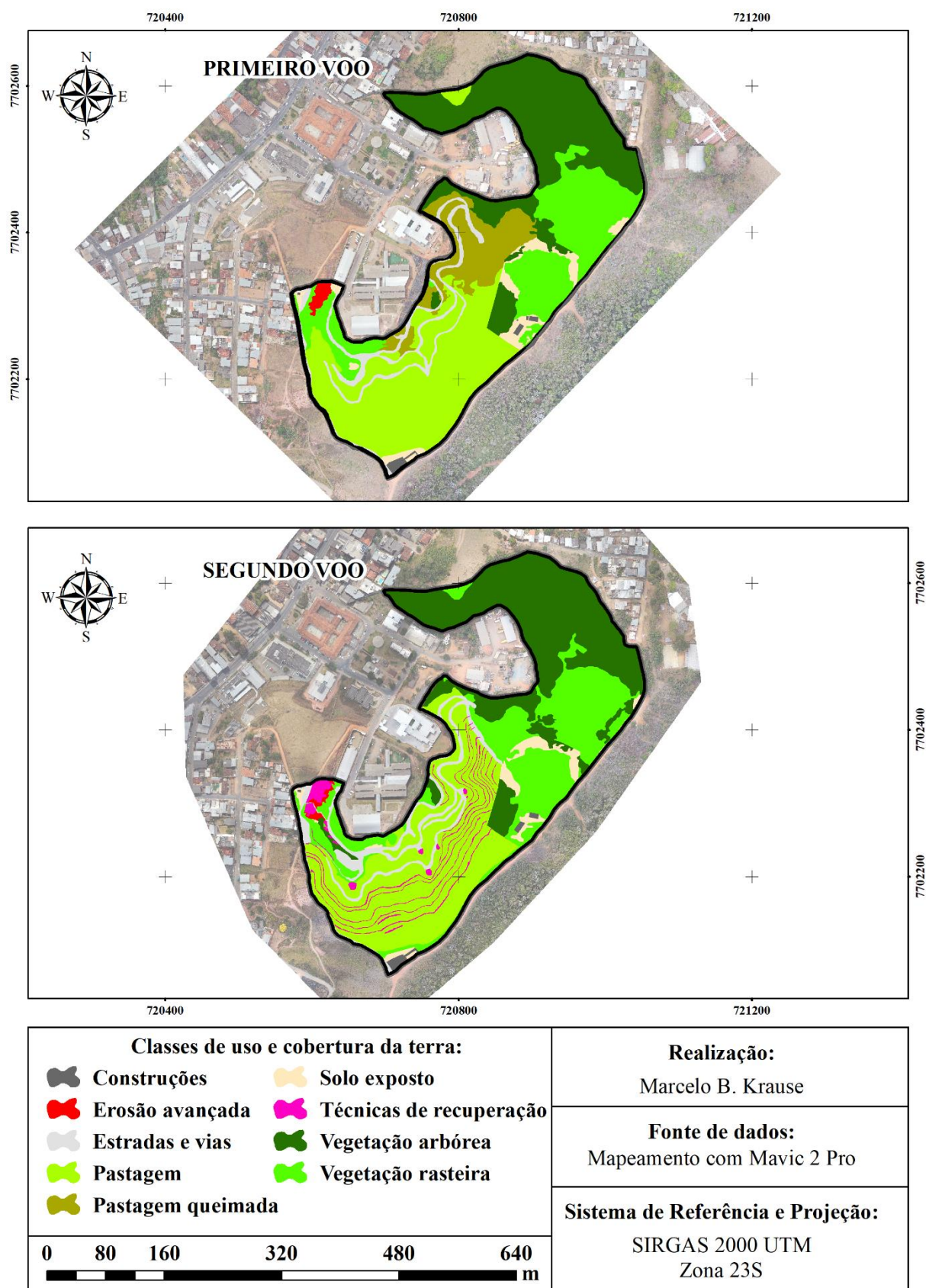
A maior presença de vertentes Norte e Noroeste no PNMCR podem atrapalhar o desenvolvimento de vegetação, mas destaca-se que a inclinação de vertentes pode reduzir a incidência da radiação solar (FERREIRA *et al.*, 2012), portanto as técnicas do Plano de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD) assumem importância também para modelar as vertentes e garantir a construção de um ambiente saudável que garanta desenvolvimento vegetativo diverso (FERREIRA *et al.*, 2012; SANAR, 2021).

## 5.2 USO E COBERTURA DA TERRA

O mapeamento de uso e cobertura do PNMCR foi produzido sobre os ortomosaicos de alto detalhamento. São eles que ajudam em mapeamentos de uso e cobertura da terra e em locais com processos erosivos avançados, permitindo compreender as variações espaciais em séries temporais de interesse (DIAS e FIGUEIRÔA, 2020). (*figura 11*).



**Figura 13** – Mapa de uso e cobertura da terra do Parque Natural do Cristo Redentor.



As resoluções espaciais dos ortomosaicos obtidas foram de 4x4 e 3x3 cm, para o primeiro e segundo voo, respectivamente. As altas resoluções espaciais encontradas e os trabalhos em campo, garantiram a segurança e a representatividade das classes definidas em laboratório, já que o objeto de classificação, eram, principalmente, os objetos mais representativos e sem as idas ao campo não seria possível dar confiabilidade à classificação.

Para métricas de comparação (*tabela 7*), serão destacadas as classes de: “Erosão avançada”; “Estradas e vias”; “Solo exposto”; “Vegetação arbórea” e; “Vegetação rasteira”. Pela execução do PRAD, observou-se que a grande alteração sobre o uso e cobertura da terra no PNMCR, entre um ano e outro, foi na classe “Erosão avançada”.

**Tabela 5** – Descrição das áreas ocupadas pelas diferentes classes de uso e cobertura da terra.

<b>Classes de Uso e Cobertura</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>) durante o 1º voo</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>) durante o 2º voo</b>	<b>Diferença entre áreas (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Porcentagem de diferença entre as áreas</b>
Construções	674,13 (0,58%)	655,1 (0,56%)	-19,03	-2,82%
Erosão avançada	794,8 (0,68%)	448,29 (0,38%)	-346,51	-43,60%
Estradas e vias	7.224,03 (6,16%)	8.504,27 (7,26%)	1.280,24	17,72%
Pastagem	34.485,71 (29,43%)	35.413,74 (30,22%)	928,03	2,69%
Pastagem queimada	11.562,22 (9,87%)	0 (0%)	-11.562,22	-100%
Solo exposto	4.145,05 (3,54%)	3.416,82 (2,92%)	-728,23	-17,57%
Técnicas de recuperação	0 (0%)	3.760,80 (3,20%)	3.760,80	100%
Vegetação arbórea	34.075,50 (29,08%)	36.685,05 (31,30%)	2.609,55	7,66%
Vegetação rasteira	24.234,61 (20,68%)	28.311,98 (24,16%)	4.077,38	16,82%
<b>ÁREA TOTAL</b>			<b>117.196,05</b>	

Além disso, ressalta-se que o primeiro voo foi realizado após um incêndio que afetou boa parte do PNMCR e por isso, a classe “Pastagem queimada” foi a quarta maior em área. Antes da aplicação do PRAD, era comum o relato de incêndios no PNMCR, como forma de reduzir o avanço de vegetação indesejada (VICOSA, 2020).

Durante o segundo voo, não foi observado a presença da classe supracitada, explicado principalmente pela execução do PRAD, onde foi possível observar a aplicação das técnicas de conservação e preservação de solo e vegetação, classificadas no mapa como “Técnicas de recuperação”.

Pode-se visualizar a aplicação de mantas de vegetação sobre o solo que têm como objetivo principal a produção de cobertura para reduzir a sua perda, de sedimentos e de nutrientes do sistema (SANAR, 2021). A técnica é eficiente e reduziu a área superficial da classe “Erosão Avançada”, sendo essa a maior diferença entre as classes presentes nos dois voos.

Para a classe “Estradas e vias”, foi possível observar um aumento em sua área e ocorreu por causa da construção de vias de circulação dentro do PNMCR, sendo, também, parte das atividades previstas pelo PRAD (SANAR, 2021). Para a classe de “Solo exposto”, percebeu-se uma redução efetiva na área superficial, mostrando a efetividade das técnicas aplicadas na área.

Para a “Vegetação rasteira” que são, principalmente, gramíneas, houve aumento entre um ano e outro. O crescimento dessa classe se deu pela recuperação, em parte, da área que foi afetada pelo incêndio, onde era pastagem e que devido ao PRAD, o tipo da vegetação foi substituída para aumentar a diversidade local e eliminar a espécie invasora que não é natural da área (VIÇOSA, 2020).

A “Vegetação arbórea” foi a maior classe em área e por se tratar de uma Área de Preservação Permanente (BRASIL, 2012), é a região mais conservada dentro do PNMCR. Para essa classe, entre um ano e outro, houve aumento em sua área. A maior presença de vegetação arbórea no PNMCR se deu pelo plantio e desenvolvimento de espécies arbóreas entre as datas dos voos (SANAR, 2021).

### 5.3 ÁREAS PRIORITÁRIAS

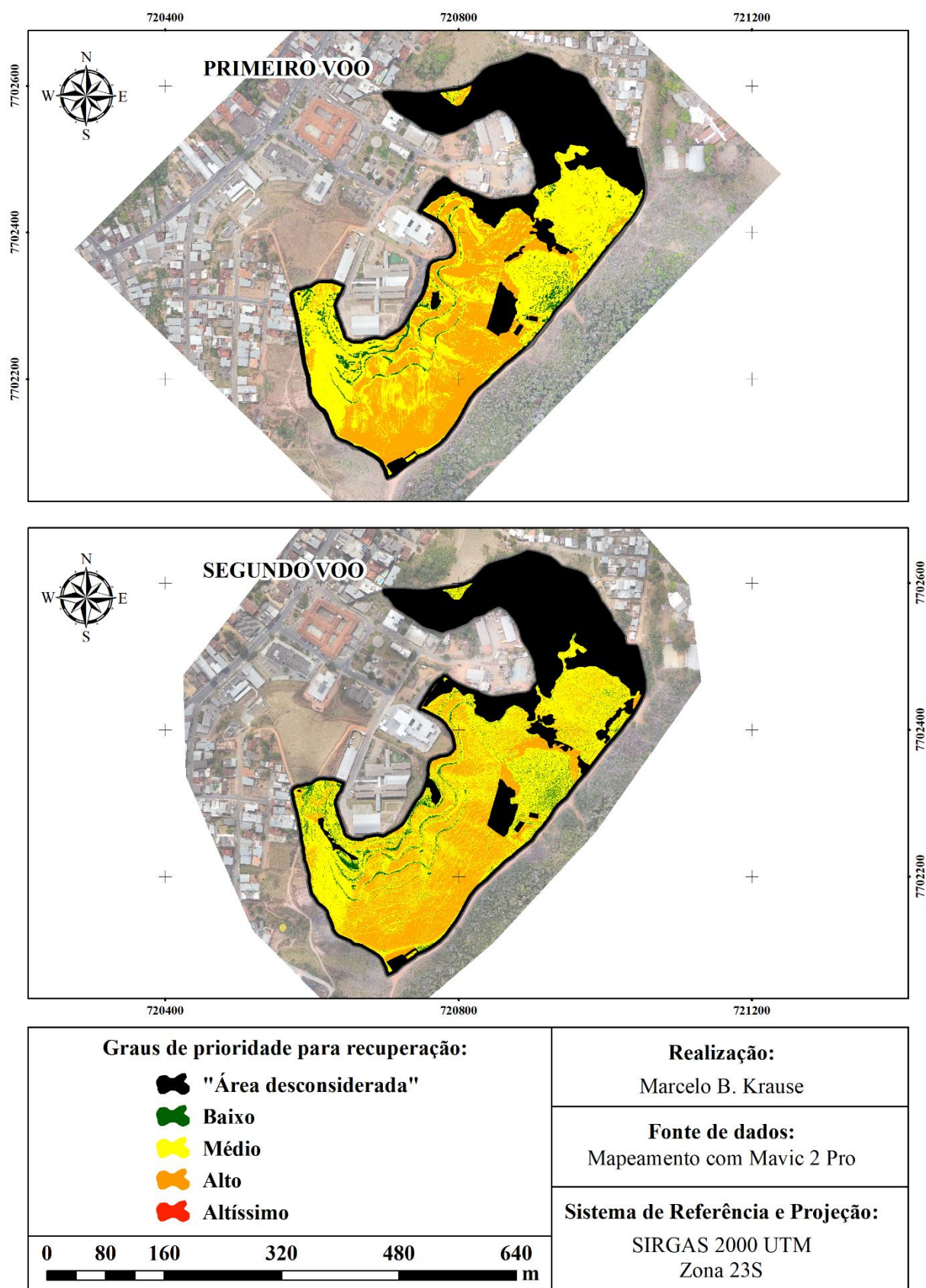
As duas análises multicritérios (AMC) foram realizadas para contemplar os dados derivados dos dois voos. As análises espaciais presentes em Sistemas de Informações Geográficas (SIG), principalmente aquelas que consideram multicritérios, possuem um conjunto de métodos e ferramentas que integram variáveis espaciais e é por isso que servem para a tomada de decisão (DUARTE *et al.*, 2020)

O planejamento ambiental é fundamental para conhecer e organizar o espaço/paisagem e propor informações com agilidade de resposta (CAVALCANTI, 2018), por isso, que o diagnóstico ambiental é fundamental e a AMC é um método de análise viável, pois prioriza objetos da área em meio a muitas variáveis e contornar problemas que envolvem complexidades, formalizando um caminho a ser seguido (FRANCO *et al.*, 2013).

Para as AMC do PNMCR (*figura 12*), a atribuição dos pesos, adaptando a metodologia de Agra e Andrade (2020), foi importante, principalmente para as áreas com as maiores declividades, orientadas para Norte e Noroeste, que concentram o fluxo superficial e que

possuem os usos do solo não conservadores. Observou-se que a evolução histórica do uso e da cobertura da terra, aliada aos fatores ambientais presentes na área combinaram para a degradação da paisagem do PNMCR (VIÇOSA, 2020; SANAR, 2021).

**Figura 14** – Mapa das análises multicritérios do Parque Natural Municipal do Cristo Redentor.





Percebeu-se que as classes “Médio” e “Alto” grau para recuperação foram predominantes (*tabela 8*). Se considerarmos apenas esses dados, indica-se que é necessário a aplicação de um plano emergencial para recuperação. As áreas prioritárias são aquelas com declividades elevadas que acumulam fluxo superficial e as vertentes de baixa umidade e alta temperatura, além de serem as áreas de erosão avançada, solo exposto e com pastagem, historicamente, mal manejada (VIÇOSA, 2020).

**Tabela 6** – Descrição das áreas e das classes para prioridade à recuperação e conservação no Parque Natural Municipal do Cristo Redentor.

Grau de prioridade para recuperação	Área das classes (m <sup>2</sup> ) da 1ª AMC	Área das classes (m <sup>2</sup> ) da 2ª AMC	Diferença entre as áreas (m <sup>2</sup> )	Porcentagem de diferença entre as áreas
“Área desconsiderada”	34.749,63 (29,65%)	37.340,15 (31,86%)	2.590,52	7,45%
Baixo	4.942,32 (4,22%)	5.878,38 (5,02%)	936,06	18,94%
Médio	45.260,68 (38,62%)	46.640,20 (39,80%)	1.379,52	3,05%
Alto	32.243,26 (27,51%)	27.303,93 (23,30%)	-4.939,33	-15,32%
Altíssimo	0,17 (0,00%)	33,39 (0,03%)	33,22	19.411,95%
<b>ÁREA TOTAL</b>			<b>117.196,05</b>	

Observa-se que houve uma redução expressiva da classe de “Alta prioridade para recuperação”. Isso foi devido a ao processo de recuperação do PNMCR, que priorizou recuperar as encostas mais íngremes e os locais com erosão avançada, sendo que para isso, foram construídos terraços de base estreita, caixas secas e barraginhas para retenção de sedimentos e água (SANAR, 2021).

Destaca-se que houve um aumento, expressivo em porcentagem, entre as duas análises, mas não expressivo para a área total, que foi o da classe “Altíssima prioridade”. Ocorreu que com a construção da classe “Técnicas de recuperação” houve um grande revolvimento de solo no PNMCR (SANAR, 2021), alterando as classes das formas, orientações e declividades das vertentes. O maior aumento foi para as classes de “Baixa prioridade” e mostra a eficácia do PRAD (SANAR, 2021).

A redução das áreas de alta prioridade à conservação e o aumento das áreas de média e baixa prioridade à conservação, mostram, também, a eficácia das técnicas de recuperação (SANAR, 2021). Por fim, os resultados obtidos pelas duas AMC mostraram que as áreas prioritárias à conservação, são aquelas que estão sob execução do PRAD (SANAR, 2021).

Além disso, a utilização do arquivo, que excluiu as áreas de preservação e as construções, mostrou que elas eram as áreas mais preservadas e que toda a área, exceto a excluída, necessita de recuperação, sendo vítimas do histórico uso de degradação (VIÇOSA, 2020), comum às diversas regiões brasileiras.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A paisagem é composta por uma estrutura representada por seu funcionamento e a cartografia de paisagens considera recortes espaço-temporais que buscam compreender a organização e sua evolução. É por isso que a recuperação e a conservação de recursos naturais devem ser realizadas de forma integrada. Para que isso seja possível, a representação ou o mapeamento é a ferramenta a ser utilizada.

Para o mapeamento da paisagem do Parque Natural Municipal do Cristo Redentor (PNMCR) em altas escalas e resoluções, os produtos derivados de *Remotely Piloted Aircraft* (RPA) foram eficientes. A facilidade de transporte e manuseio em campo, além de relativo bom custo-benefício, faz com que produção de dados com RPA tenha se tornado comum e aqui não foi diferente.

A RPA foi econômica, eficaz e capaz de mapear toda a área de estudo em pouco tempo. A sua utilização em campo não demanda muitas pessoas. Com imagens de altas resoluções, todos os dados produzidos foram de elevada acurácia e todas as variáveis geradas para a área de interesse foram representativas. Entretanto, as produções de dados com elevadas resoluções podem inviabilizar trabalhos, já que o detalhamento necessita de configurações específicas para processamento.

O trabalho em campo é fundamental para a realização dos mapeamentos, mas o pós-processamento em laboratório dos dados assume importância mútua. A coleta de pontos de controle tem grande interferência na qualidade dos produtos. Além disso, a qualidade das nuvens de pontos produzidas pelas imagens é influenciada diretamente pela coleta ou não de pontos de referência no campo.

Pelo tempo de produção, processamento e distribuição, se compararmos os Modelos Digitais de Elevação (MDE) das plataformas orbitais, aqueles gerados por RPA, tornam-se mais vantajosos pela rapidez e praticidade na geração de informações. Outra desvantagem para os MDE orbitais é que aqueles com altíssimas resoluções apresentam custos elevados. Porém, a alta resolução limita o voo da RPA a pequenas áreas.

Para os processos de classificação, entendimento do uso e cobertura da terra e identificação de processos erosivos, os dados da RPA possibilitaram detectar as áreas

prioritárias à conservação. Cabe destacar que a execução do Plano de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD) está focada nas áreas mais degradadas, comprovando que a escolha das variáveis, deste estudo, refletiu as prioridades locais e pode-se afirmar que o PRAD já está refletindo na recuperação do PNMCR.

Por se tratar de uma avaliação de recuperação de área degradada utilizando geotecnologias, a produção de dados por meio de análises multicritérios, construíram dados auxiliares à tomada de decisão para gestão e o planejamento ambiental do PNMCR. A identificação de fatores prioritários é intrínseca à Geografia e para isso, é fundamental que os praticantes dessa ciência, dominem as técnicas modernas de representações espaciais e tenham capacidade para interpretar os dados e as informações produzidas.

É sabido que o processo de implementação, utilização e processamento de todas as técnicas utilizadas aqui, exigem conhecimento específico e são relativamente caras. Contudo, os resultados obtidos e a facilidade para a produção dos dados mostram como é interessante aliá-las para avaliar o processo de recuperação de uma Unidade de Conservação, respeitando o plano de manejo e avaliando seu estado e plano de recuperação.

É claro que a gestão e o planejamento integrado dos recursos, ambientais e financeiros, presume a solução de conflitos na busca dos interesses comuns à sociedade envolvida, a presença de características físicas singulares e a percepção dos fatores críticos. É por isso que o manejo de uma paisagem deve ser construtivo, levando em consideração todas as camadas aos quais ela é composta.

Para finalizar, a utilização da metodologia que alinhou o trabalho em campo e o em laboratório se mostrou rápida, eficiente e confiável. Todo o mapeamento em altas escala e resoluções foi bastante viável e capaz de cartografar toda a paisagem em estudo. Todos os dados e informações com as imagens, mapas, modelos e as nuvens de pontos produzidos são subsídios ao planejamento e a gestão da área.

## REFERÊNCIAS

AGRA, R. M. R. T.; ANDRADE, C. D. **Análise Multicritério da Suscetibilidade à Erosão na Bacia Hidrográfica do Rio da Batateira, CE**. Revista Brasileira de Cartografia, [S. l.], v. 73, n. 1, p. 119–133, 2021. DOI: 10.14393/rbcv73n1-50066. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/revistabrasileiracartografia/article/view/50066>. Acesso em: 25 nov. 2022.

BRASIL. **Decreto Federal 89.817 de 1984. Estabelece as Instruções Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Nacional**. Disponível em:



[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/1980-1989/d89817.htm#:~:text=DECRETO%20N%C2%BA%2089.817%2C%20DE%20Normas%20T%C3%A9cnicas%20da%20Cartografia%20Nacional](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1980-1989/d89817.htm#:~:text=DECRETO%20N%C2%BA%2089.817%2C%20DE%20Normas%20T%C3%A9cnicas%20da%20Cartografia%20Nacional). Acesso em 06 nov. 2022.

**BRASIL. Decreto Federal 4.297 de 2002. Regulamenta o art. 9o, inciso II, da Lei no 6.938, de 31 de agosto de 1981, estabelecendo critérios para o Zoneamento Ecológico-Econômico do Brasil - ZEE, e dá outras providências.** Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/2002/d4297.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2002/d4297.htm). Acesso em 06 nov. 2022.

**BRASIL. Decreto Federal de 1º de agosto de 2008. Dispõe sobre a Comissão Nacional de Cartografia - CONCAR, e dá outras providências.** Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2008/dnn/dnn11710.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2008/dnn/dnn11710.htm). Acesso em 06 nov. 2022.

**BRASIL. Instituto Chico Mendes de Biodiversidade, Instrução Normativa nº 11. Dispõe sobre procedimentos para o PRAD.** Disponível em: [https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Instrucao\\_normativa/2014/in\\_icmbio\\_11\\_2014\\_estabelece\\_procedimentos\\_prad.pdf](https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Instrucao_normativa/2014/in_icmbio_11_2014_estabelece_procedimentos_prad.pdf). Acesso em: 17 de jul. de 2022.

**BRASIL. Lei Federal 6.001 de 1973. Dispõe sobre o Estatuto do Índio.** Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l6001.htm#:~:text=LEI%20N%C2%BA%206.001%2C%20DE%2019,sobre%20o%20Estatuto%20do%20C3%8Dndio.&text=Art.,Par%C3%A1grafo%20C3%BAnico](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6001.htm#:~:text=LEI%20N%C2%BA%206.001%2C%20DE%2019,sobre%20o%20Estatuto%20do%20C3%8Dndio.&text=Art.,Par%C3%A1grafo%20C3%BAnico). Acesso em 15 nov. 2022.

**BRASIL. Lei Federal 6.664 de 1979. Disciplina a profissão de Geógrafo e dá outras providências.** Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/1970-1979/l6664.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/1970-1979/l6664.htm). Acesso em 05 nov. 2022.

**BRASIL. Lei Federal 7.399 de 1985. Altera a redação da Lei nº 6.664, de 26 de junho de 1979, que disciplina a profissão de Geógrafo.** Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/1980-1988/l7399.htm#:~:text=LEI%20No%207.399%2C%20DE%204%20DE%20NOVEMBRO%20DE%201985.&text=Altera%20a%20reda%C3%A7%C3%A3o%20da%20Lei,Art](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/1980-1988/l7399.htm#:~:text=LEI%20No%207.399%2C%20DE%204%20DE%20NOVEMBRO%20DE%201985.&text=Altera%20a%20reda%C3%A7%C3%A3o%20da%20Lei,Art). Acesso em: 05 nov. 2022.

**BRASIL. Lei Federal 9.985 de 2000. Dispõe sobre o Sistema Nacional de Unidades de Conservação.** Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l9985.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9985.htm). Acesso em: 17 jul. 2022.

**BRASIL. Lei Federal 12.651 de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa.** Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm). Acesso em: 15 nov. 2022.

**BRASIL. Ministério da Defesa; Comando da Aeronáutica; Departamento de Controle do Espaço Aéreo. Portaria DECEA nº N° 112/DGCEA, de 22 de maio de 2020. Aprova a reedição da ICA 100-40, Instrução sobre Aeronaves não tripuladas e o Acesso ao Espaço Aéreo.** 2 jun. 2020. Disponível em:

[https://www.gov.br/defesa/pt-br/arquivos/cartografia/divcar/2021/ica\\_100-40\\_trafegoaereo\\_22\\_05\\_2020.pdf](https://www.gov.br/defesa/pt-br/arquivos/cartografia/divcar/2021/ica_100-40_trafegoaereo_22_05_2020.pdf). Acesso em 04 nov. 2022.

BRASIL. Ministério da Defesa; Exército Brasileiro; Departamento de Ciência e Tecnologia. **Norma da Especificação Técnica para Aquisição de Dados Geoespaciais Vetoriais de Defesa da Força Terrestre**. Março de 2016, 2ª ed. Disponível em: [https://docs.ufpr.br/~deni\\_ern/CD2020/A1/ET\\_ADGV\\_2a\\_Edicao\\_2016\\_Textual\\_Anexo\\_A\\_Assinado.pdf](https://docs.ufpr.br/~deni_ern/CD2020/A1/ET_ADGV_2a_Edicao_2016_Textual_Anexo_A_Assinado.pdf). Acesso em 06 nov. 2022.

BREUNIG, F. M.; HAYAKAWA, E. H.; BACARI, V. M.; TRENTIN, R.; FILHO, W. P.; SILVA, A. **Reflexões sobre as geotecnologias no contexto da Geografia no Brasil**. Ra'e Ga, Curitiba, v. 46, n. 2, p. 185-198, 2019.

CAVALCANTI, L. C. de. S. **Cartografia de paisagens: fundamentos**. 2 ed. rev. e. atual. São Paulo: Oficina de Textos, 2018.

CPRM, UFMG, BRASIL (2006). **Mapa Geológico. Folha VIÇOSA -SE-23-X-B-V**. Disponível em: <http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/bitstream/doc/17798/1/vicosa.pdf>. Acesso em: 03 nov. 2022.

DIAS, N. O.; FIGUEIRÔA, C. F. B. **Potencialidades do uso de Geotecnologias para a gestão e planejamento de unidades de conservação**. Revista de Geografia, v. 10, 2, 2020. p.283-302.

DUARTE, D. C. de O.; OLIVEIRA, J. C. de.; LANI, J. L.; UBERTI, M. S.; MARQUES, E. T.; ABREU, M. V. S. **Análise Multicritério Aplicada à Determinação de Áreas de Adequabilidade à Valorização Imobiliária**. Revista Brasileira de Cartografia, [S. l.], v. 73, n. 2, p. 516–529, 2021. DOI: 10.14393/rbcv73n2-54288. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/revistabrasileiracartografia/article/view/54288>. Acesso em: 25 nov. 2022.

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Súmula das 10. Reunião Técnica de Levantamento de Solos**. Rio de Janeiro, 1979. 83p. (EMBRAPA-SNLCS. Miscelânea, 1). Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/327212/sumula>. Acesso em: 25 nov. 2022.

EMBRAPA. **Espécies Arbóreas Brasileiras**. 2015. Disponível em: <https://www.cnpf.embrapa.br/pesquisa/efb/clima.htm>. Acesso em: 03 nov. 2022.

FERNANDES FILHO, E. I.; SOUZA, E.; FARIA, M. M. **Bacias hidrográficas, atributos do terreno e interpoladores**. Materiais da disciplina SOL 681 (Geoprocessamento aplicado a pedologia). Apostila. Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Solos. Viçosa, MG. 2012. 108p,

FERREIRA, R. C.; CARVALHO, A. S.; CIOCE, V. J.; FONSECA JUNIOR, E. S. da. **Análise Comparativa da Acurácia Posicional Proporcionada por Plataformas de Processamento de Dados GPS no Posicionamento Relativo e por Ponto Preciso**. Revista Brasileira de Cartografia, [S. l.], v. 74, n. 1, p. 16–33, 2022. DOI: 10.14393/rbcv74n1-61588. Disponível em:

<https://seer.ufu.br/index.php/revistabrasileiracartografia/article/view/61588>. Acesso em: 15 nov. 2022.

FERREIRA, W. P. M.; RIBEIRO, M. de F.; FERNANDES FILHO, E. I.; SOUZA, C. de F.; CASTRO, C. C. R. de. **As Características Térmicas das Faces Noruega e Soalheira como Fatores Determinantes do Clima Para a Cafeicultura de Montanha**. 1. ed. Brasília, DF: Embrapa Café, 2012. 34 p.

FLORENZANO, T. G. **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. Cap. 1, 2 e 4. 318 p.

FRANCO, R. A. M.; HERNANDEZ, F. B. T.; MORAES, J. F. L. **O uso da análise multicritério para a definição de áreas prioritárias a restauração de Área de Preservação Permanente (APP), no noroeste paulista**. Anais do XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 abr. 2013, INPE.

HUNG, M. N. W. B.; WROBLEWSKI, C. A.; OLIVEIRA, J. G.; PAULA, E. V. **Utilização do Índice Topográfico de Umidade como suporte ao planejamento e gestão ambiental de unidades de conservação de uso sustentável**. Anais do XI SINAGEO – Geomorfologia, compartimentação da paisagem, processos e dinâmica, Maringá, PR, Brasil, 15 a 21 set. 2016.

IBGE: **Portal Cidades**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/vicosa/panorama>. Acesso em: 03 nov. 2022.

IBGE: **Serviço online para pós-processamento de dados GNSS**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-sobre-posicionamento-geodesico/servicos-para-posicionamento-geodesico/16334-servico-online-para-pos-processamento-de-dados-gnss-ibge-ppp.html?=&t=o-que-e>. Acesso em: 03 nov. 2022.

IZA E HERRERA, I. L., PEREIRA da SILVA FILHO, E., & HERRERA de F IZA, E. R. (2020). **Mapeamento do regolito laterítico e aspectos morfopedogenéticos da porção norte do estado de Rondônia**. Revista Brasileira De Geomorfologia, 21(3). <https://doi.org/10.20502/rbg.v21i3.1644>. Acesso em: 30 out. 2022.

LOUREIRO, H. A. S., GUERRA, A. J. T., & ANDRADE, A. G. de. (2020). **Contribuição ao estudo de voçorocas a partir do uso experimental de Laser Scanner Terrestre e VANT**. Revista Brasileira De Geomorfologia, 21(4). <https://doi.org/10.20502/rbg.v21i4.1880>. Acesso em: 30 out. 2022.

MACIEL, A. L.; ALVES, D.; SANT'ANNA, S. **Análise dos processos de desmatamento e regeneração nas Unidades de Conservação pertencentes no Vale do Ribeira (SP/PR) por meio de classificações de imagens de Sensoriamento Remoto**. Revista Brasileira de Cartografia, [S. l.], v. 73, n. 1, p. 261–277, 2021. DOI: 10.14393/rbcv73n1-55435. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/revistabrasileiracartografia/article/view/55435>. Acesso em: 17 jul. 2022.

MAGALHÃES, D. M.; MOURA, A. C. M. **Análise da morfologia de modelos digitais de superfície gerados por VANT**. Revista Brasileira de Cartografia, [S. l.], v. 73, n. 3, p. 707–722, 2021. DOI: 10.14393/rbcv73n3-51600. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/revistabrasileiracartografia/article/view/51600>. Acesso em: 17 jul. 2022.

MICELI, B. S.; FERNANDES, M. C.; ESTRADA, A. F. D. **Análise temporal da cobertura e uso da terra através de observações em superfície modelada na APA Petrópolis, Rio de Janeiro**. Revista Geo UERJ, Rio de Janeiro, n. 26, 2015, p. 211-225. Disponível em: Doi: [10.12957/geouerj.2015.12411](https://doi.org/10.12957/geouerj.2015.12411). Acesso em: 10 nov. 2022.

MOURA, L. Z.; BIAS, E. S.; BRITES, R. **Avaliação da acurácia vertical de modelos digitais de elevação (MDES) nas bacias do Paranoá e São Bartolomeu**. Revista Brasileira de Cartografia, Rio de Janeiro, N0 66/1, p. 1-14, Jan/Fev/2014. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/revistabrasileiracartografia/article/view/43892/23156>. Acesso em: 30 out. 2022.

MUGGLER, C. C.; CARDOSO, I. M.; RESENDE, M.; FONTES, M. P. F.; ABRAHÃO, W. A. P.; CARVALHO, A. F. **Conteúdos básicos de Geologia e Pedologia**. Apostila. Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Solos, 2005. 89 p.

NAVES, F. E.; ALMEIDA, R. S. T. **Índice Topográfico de Umidade como método para identificação de pontos de alagamento em áreas urbanas**. Sociedade e Território, [S. l.], v. 33, n. 1, p. 209–227, 2021. DOI: 10.21680/2177-8396.2021v33n1ID22836. Disponível em: <https://periodicos.ufrn.br/sociedadeeterritorio/article/view/22836>. Acesso em: 15 nov. 2022.

NOVO, E. M. L. **Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações**. 3. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2008.

NUNES, W. A. G. A.; KER, J. C.; SCHAEFER, C. E. G. R.; FERNANDES FILHO, E. I.; GOMES, F. H. **Relação Solo-Paisagem-Material de Origem e gênese de alguns solos no domínio do “mar de morros”, Minas Gerais**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 25: 341-354, 2001.

OLIVEIRA, L. V. de; NEGRI, R. G.; SANTOS, L. B. L. **Análise de técnicas de detecção de mudança para mapeamento de desastres com uso de dados de sensoriamento remoto**. Revista Brasileira de Cartografia, [S. l.], v. 72, n. 1, p. 177–189, 2020. DOI: 10.14393/rbcv72n1-51447. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/revistabrasileiracartografia/article/view/51447>. Acesso em: 17 jul. 2022.

RAMOS, I. Q. **Levantamento de Voçoroca com o uso do Laser Scan**. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédica, RJ. Monografia em Engenharia Florestal. 2010.

SANAR, Consultoria Agroecológica. **Projeto Técnico de Recuperação de Áreas Degradadas do Parque Natural Municipal do Cristo Redentor, Viçosa – MG**. 2021.

SANTOS, M. **Metamorfoses do espaço habitado: fundamentos teóricos e metodológicos da geografia**. 6. Ed. São Paulo: Edusp, 2008. 136p

SILVA, B. F. da; SILVEIRA, A.; BARBOSA, M. I. M. **Cartografia Geomorfológica Aplicada à Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Brejão, Município de Nova Ponte (MG): Indicativos da Evolução do Relevo e Contribuições ao Planejamento**. Revista Brasileira de Cartografia, [S. l.], v. 72, n. 3, p. 474–489, 2020. DOI: 10.14393/rbcv72n3-53365. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/revistabrasileiracartografia/article/view/53365>. Acesso em: 17 jul. 2022.

SILVA, ÍCARO B. D., & MENDES, L. M. S. (2022). **Análise do Potencial Erosivo por Compartimentos Morfopedológicos como Subsídio ao Planejamento do Uso e Ocupação da Terra do Alto Banabuiú - Ceará**. Revista Brasileira De Geomorfologia, 23(1). <https://doi.org/10.20502/rbg.v23i1.1945>. Acesso em: 22 nov. 2022.

SIQUEIRA, H. L.; MARCATO JUNIOR, J.; MATSUBARA, E. T.; COLARES, R. A.; SANTOS, F. M. **Acurácia de produtos fotogramétricos gerados com aeronave remotamente pilotada em relevo acidentado**. Revista Brasileira de Cartografia, v. 72, n. 3, p. 490–500, 2020. DOI: 10.14393/rbcv72n3-48413. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/revistabrasileiracartografia/article/view/48413>. Acesso em: 17 jul. 2022.

SIQUEIRA, A. J. B., XAVIER, F. V., FIGUEREDO, R. R. D., de FIGUEIREDO, D. M., & BARBOSA, G. N. (2022). **Mapeamento Geoambiental detalhado com uso de SIG e dados livres como estratégia de baixo custo para planejamento territorial periurbano**. Revista Brasileira De Geomorfologia, 23(3), 1583–1609. <https://doi.org/10.20502/rbg.v23i3.1994>. Acesso em: 06 nov. 2022.

Universidade Federal de Viçosa; Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais; Universidade Federal de Lavras; Fundação Estadual do Meio Ambiente. **Mapa de solos do Estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte, Fundação Estadual do Meio Ambiente, (2010). Disponível em: <http://www.feam.br/noticias/1/949-mapas-de-solo-do-estado-de-minas-gerais>. Acesso em 03 nov. 2022.

VALERIANO, M. de. M. **Dados topográficos**. In: FLORENZANO, T. G. Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. cap. 3. 318 p.

VIÇOSA, **Lei Ordinária 1.450 de 2001. Dispõe sobre a criação do Parque Municipal do Cristo Redentor**. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a/mg/v/vicosa/lei-ordinaria/2001/145/1450/lei-ordinaria-n-1450-2001-cria-o-parque-municipal-do-cristo-redentor-e-da-outras-providencias>. Acesso em: 17 de jul. 2022.

VIÇOSA, **Lei municipal 1.960 de 2009. Dispõe sobre a transformação do Parque Natural Municipal do Cristo Redentor em Unidade de Conservação**. Disponível em:

<https://www.vicosa.mg.leg.br/processo-legislativo/legislacao/leis-municipais/2009/LEI%20No%201.960-2009.pdf/view>. Acesso em: 17 de jul. 2022.

**VIÇOSA, Plano de Manejo do Parque Natural Municipal do Cristo Redentor. 2020.**  
Disponível em:

[https://www.vicosa.mg.gov.br/abrir\\_arquivo.aspx/PLANO\\_DE\\_MANEJO\\_DO\\_PARQUE\\_MUNICIPAL\\_DO\\_CRISTO\\_REDENTOR?cdLocal=2&arquivo=%7B8B6BBEBB-32DE-DEE0-E887-AB67A20A60B5%7D.pdf](https://www.vicosa.mg.gov.br/abrir_arquivo.aspx/PLANO_DE_MANEJO_DO_PARQUE_MUNICIPAL_DO_CRISTO_REDENTOR?cdLocal=2&arquivo=%7B8B6BBEBB-32DE-DEE0-E887-AB67A20A60B5%7D.pdf). Acesso em: 17 de jul. 2022.