

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS  
GERAIS - *CAMPUS* SÃO JOÃO EVANGELISTA  
BACHARELADO EM ENGENHARIA FLORESTAL

Layla Pereira da Silva

**ANÁLISE MULTICRITÉRIO NA DEFINIÇÃO DE ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA  
RESTAURAÇÃO FLORESTAL NA BACIA DO RIO SÃO NICOLAU, AFLUENTE  
DO RIO DOCE**

São João Evangelista

2023

LAYLA PEREIRA SILVA

**ANÁLISE MULTICRITÉRIO NA DEFINIÇÃO DE ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA  
RESTAURAÇÃO FLORESTAL NA BACIA DO RIO SÃO NICOLAU, AFLUENTE  
DO RIO DOCE**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao  
Curso Bacharelado em Engenharia Florestal do  
Instituto Federal de Minas Gerais – *Campus* São  
João Evangelista para obtenção do grau de Bacharel  
em Engenharia Florestal.

Orientador: Prof. Dr. Adéliton da Fonseca de  
Oliveira

São João Evangelista

2023

---

S586a      Silva, Layla Pereira da.  
Análise multicritério na definição de áreas prioritárias para  
restauração florestal na bacia do Rio São Nicolau, afluente do Rio  
Doce/ Layla Pereira da Silva– 2024.  
34f.: il.

Orientador: Dr. Adéliton da Fonseca de Oliveira .  
Trabalho de Conclusão de Curso (bacharelado em Engenharia  
Florestal) – Instituto Federal Minas Gerais. *Campus* São João  
Evangelista, 2024.

1. Análise multicritério. 2. SIG. 3. Restauração ecológica. 4.  
Processo analítico hierárquico. 5. Combinação linear ponderada. I.  
Silva, Layla Pereira da. II. Instituto Federal de Minas Gerais *Campus*  
SJE. III. Título.

CDD 634.956

---

Catálogo: Esther Soares Cunha - CRB-6/003372/P

Layla Pereira da Silva

**ANÁLISE MULTICRITÉRIO NA DEFINIÇÃO DE ÁREAS PRIORITÁRIAS  
PARA RESTAURAÇÃO FLORESTAL NA BACIA DO RIO SÃO NICOLAU,  
AFLUENTE DO RIO DOCE**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao  
Curso Bacharelado em Engenharia Florestal do  
Instituto Federal de Minas Gerais – *Campus* São  
João Evangelista para obtenção do grau de Bacharel  
em Engenharia Florestal.

Aprovado em: 05 / 12 / 2023 pela banca examinadora:

Documento assinado digitalmente  
 **ADELITON DA FONSECA DE OLIVEIRA**  
Data: 21/09/2024 16:46:44-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Prof. Dr. Adéliton da Fonseca de Oliveira - IFMG (Orientador)

Documento assinado digitalmente  
 **FABIO RODRIGUES MARTINS**  
Data: 21/09/2024 16:54:24-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

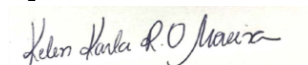
---

Prof. Dr. Fábio Rodrigues Martins – IFMG

Documento assinado digitalmente  
 **PHILIPPE GUILHERME CORCINO SOUZA**  
Data: 23/09/2024 19:33:52-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Prof. Dr. Philippe Guilherme Corcino Souza – IFTM



---

Kelen Karla Oliveira Moreira – Coordenadora de Meio Ambiente CENIBRA

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus queridos pais, Lilian Pereira e Lúcio Luis, quero expressar minha profunda gratidão. Sem o apoio inabalável de vocês ao longo desta jornada, eu não teria conseguido chegar até aqui. Vocês sempre foram minha fonte de inspiração e força, e cada conquista que alcanço é um reflexo do amor e incentivo que recebi de vocês. Muito obrigado por acreditarem em mim.

Ao meu amado irmão, Luan Pereira, sua presença constante e apoio incondicional foram fundamentais para que eu pudesse seguir adiante com determinação. Seu exemplo de determinação e perseverança sempre me motivou a ir além, e por isso, sou imensamente grata.

Ao meu dedicado orientador, professor Dr. Adeliton da Fonseca de Oliveira, quero expressar minha sincera gratidão. Sua orientação, conhecimento e paciência foram fundamentais para moldar este trabalho. Suas orientações sempre me iluminaram o caminho e me ajudaram a superar desafios. Obrigado por sua dedicação e comprometimento.

Aos meus amigos, que estiveram ao meu lado ao longo desta jornada acadêmica, quero agradecer por todas as risadas compartilhadas, pelas horas de estudo juntos e pelo apoio mútuo. Vocês tornaram esta jornada mais leve e significativa, e sou grato por ter amigos tão incríveis.

Por fim, quero agradecer a todos aqueles que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho. Cada um de vocês desempenhou um papel importante no meu crescimento acadêmico e pessoal, e por isso, minha gratidão é imensa.

Muito obrigado a todos por fazerem parte desta conquista. Com carinho e gratidão!

## RESUMO

O presente trabalho objetivou avaliar o potencial da Análise Multicritério integrada ao Sistema de Informação Geográfica como instrumento para mapear áreas prioritárias para recuperação florestal na bacia do Rio São Nicolau, São João Evangelista, Minas Gerais. Foram avaliadas em larga escala a região fragmentada da bacia do Rio São Nicolau e, em escala detalhada a área do IFMG campus São Evangelista – MG, situada no interior da bacia do Rio São Nicolau. Foi utilizada a Análise Multicritério aliada à Combinação Linear Ponderada e ao Processo Analítico Hierárquico, considerando-se 5 (cinco) critérios para a bacia do Rio São Nicolau: As áreas de preservação permanente, uso e ocupação do solo, risco potencial de erosão, distância de fragmentos florestais e classes de solo, que foram classificados de acordo com a sua importância. Como áreas de restrição foram consideradas as classes de área urbana, vegetação nativa e água. Já para a área do IFMG campus São João Evangelista, os seguintes critérios foram utilizados: declividade do terreno, uso e ocupação do solo, distância das redes de drenagem, distância de fragmentos florestais, pluviosidade e classes de solos, que foram classificados de acordo com a sua importância. As classes de edificações, vias, vegetação natural e água foram consideradas como áreas de restrição. Em seguida, cada camada (layer) recebeu coeficientes referentes à prioridade de restauração: (I) muito baixa, (II) baixa, (III) média, (IV) alta e (V) muito alta. Os resultados obtidos para a bacia do Rio São Nicolau mostraram que 48,96% da área classificada com baixa e muito baixa prioridade e 5,32% com alta e muito alta. Com relação à área do IFMG campus São João Evangelista, o mapa de áreas prioritárias revelou que 28,19% das áreas apresentam zonas de média, alta e muito alta prioridade de restauração, porém apenas 4,70% foram áreas classificadas como muito baixa ou baixa prioridade para restauração ecológica. A metodologia combinada da Análise Multicritério, Processo Analítico Hierárquico e Combinação Linear Ponderada permitiram produzir mapas fidedignos com soluções adequadas para conduzir ações de recuperação de áreas degradadas, desde que a base de dados seja padronizada e os critérios sejam ponderados com prudência e com fundamentos técnico e científico.

**Palavras-chaves:** Análise Multicritério. SIG. Restauração ecológica. Processo Analítico Hierárquico. Combinação Linear Ponderada.

## ABSTRACT

The present study aimed to assess the potential of Multicriteria Analysis (MCA) integrated with Geographic Information System (GIS) as a tool for mapping priority areas for forest restoration in the São Nicolau River basin, São João Evangelista, Minas Gerais. The fragmented region of the São Nicolau River basin was evaluated on a large scale, and the area of IFMG São João Evangelista campus in Minas Gerais, situated within the São Nicolau Riverbasin, was assessed on a detailed scale. Multicriteria Analysis, combined with Weighted Linear Combination and Analytic Hierarchy Process, was employed. Five criteria were considered for the São Nicolau River basin: riparian areas, land use and land cover, potential erosion risk, distance from forest fragments, and soil classes, which were classified according to their importance. Urban areas, natural vegetation, and water bodies were regarded as restricted areas. For the IFMG São João Evangelista campus area, the following criteria were used: terrain slope, land use and land cover, distance from drainage networks, distance from forest fragments, precipitation, and soil classes, which were classified according to their importance. Building areas, roads, natural vegetation, and water bodies were considered restricted areas. Subsequently, each layer was assigned coefficients representing restoration priority: (I) very low, (II) low, (III) medium, (IV) high, and (V) very high. The results obtained for the São Nicolau River basin showed that 48.96% of the area was classified as having low and very low Priority, and 5.32% as high and very high priority. Regarding the IFMG São João Evangelista campus area, the map of priority areas revealed that 28.19% of the areas presented zones of medium, high, and very high restoration priority. However, only 4.70% were classified as very low or low priority for ecological restoration. The combined methodology of Multicriteria Analysis, Analytic Hierarchy Process, and Weighted Linear Combination enabled the production of reliable maps with appropriate solutions for guiding degraded area restoration actions, provided that the database is standardized and criteria are weighted prudently and based on technical and scientific foundations.

**Keywords:** Multicriteria Analysis. GIS. Ecological Restoration. Analytic Hierarchy Process. Weighted Linear Combination.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1 - Localização da área de estudo, bacia do Rio São Nicolau em São João Evangelista/MG.....                                                                                                                                                                                                                                      | 14 |
| Figura 2 - Fluxograma metodológico para a identificação das áreas prioritárias para recuperação florestal em São João Evangelista/MG. ....                                                                                                                                                                                              | 15 |
| Figura 3 - RPA Phantom 4 advanced.....                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 19 |
| Figura 4 – Coleta de pontos de controle .....                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 19 |
| Figura 5 - Mapas multicritérios considerados na avaliação. (A) Mapa de uso e ocupação do solo; (B) Faixa de APP; (C) Classes de solos; (D) Distância de fragmentos florestais; (E) Risco potencial de erosão. ....                                                                                                                      | 23 |
| Figura 6 - Áreas prioritárias para a restauração ecológica na bacia do Rio São Nicolau, em São João Evangelista-MG. (A, C, D, G e H) Aproximação de APPs, classificadas com alta prioridade; (E e F) Aproximação do centro urbano de São João Evangelista-MG, como alta prioridade; (B) área de solo exposto, como alta prioridade..... | 24 |
| Figura 7 - Mapas multicritérios avaliados. (A) Mapa de uso e ocupação do solo; (B) Declividade do Terreno; (C) Distância de fragmentos florestais; (D) Distância da rede de drenagem; (E) Pluviosidade (F) Classes de solos .....                                                                                                       | 26 |
| Figura 8 - Mapa final com as áreas prioritárias para a restauração ecológica no IFMG campus São João Evangelista – MG.....                                                                                                                                                                                                              | 27 |

## LISTA DE TABELAS

|                                                                                                                        |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 1 - Critérios, subcritérios e seus respectivos valores para a bacia do Rio São Nicolau .....                    | 17 |
| Tabela 2 - Critérios, subcritérios e seus respectivos valores para a área do IFMG campus São João Evangelista/MG ..... | 18 |
| Tabela 3 - Escala de importância relativa a partir da comparação de critérios, proposta por Saaty (1990) .....         | 20 |
| Tabela 4 - Índice randômico de acordo com o número de critérios estudados .....                                        | 21 |
| Tabela 5 - Matriz pareada para a bacia do Rio São Nicolau, em São João Evangelista-MG...                               | 22 |
| Tabela 6 - Matriz pareada para a área do campus IFMG, em São João Evangelista-MG.....                                  | 27 |

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AHP - Processo Analítico Hierárquico

AMC - Análise Multicritério

APPs - Áreas De Preservação Permanente

CLP - Combinação Linear Ponderada

CLP - Método de Combinação Linear Ponderada

COP-21 - Conferência das Partes

COPASA - Companhia de Saneamento de Minas Gerais

FEAM - Fundação Estadual do Meio Ambiente de Minas Gerais

ha - hectares

IC - Índice de Consistência

IFMG – Instituto Federal de Minas Gerais

MA - Mata Atlântica

RPA - *Remotely Piloted Aircraft System*

SIG - Sistemas de Informações Geográficas

TC - Taxa de Consistência

## SUMÁRIO

|                                                                                                                                   |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. INTRODUÇÃO .....</b>                                                                                                        | <b>11</b> |
| <b>2. MATERIAL E MÉTODOS.....</b>                                                                                                 | <b>14</b> |
| <b>2.1 Caracterização da área de estudos.....</b>                                                                                 | <b>14</b> |
| <b>2.2 Definição e classificação dos critérios .....</b>                                                                          | <b>15</b> |
| <b>2.2.1 Critérios em larga escala para a bacia do Rio São Nicolau Grande .....</b>                                               | <b>15</b> |
| <b>2.2.2 Critérios em escala detalhada na área do IFMG campus São João Evangelista .....</b>                                      | <b>17</b> |
| <b>2.3 Processo Analítico Hierárquico (AHP).....</b>                                                                              | <b>20</b> |
| <b>2.4 Combinação Linear Ponderada (CLP).....</b>                                                                                 | <b>21</b> |
| <b>3. RESULTADOS.....</b>                                                                                                         | <b>22</b> |
| <b>3.1 Resultados obtidos com a Análise Multicritério (AMC) em larga escala para a bacia do Rio São Nicolau .....</b>             | <b>22</b> |
| <b>3.2 Resultados obtidos com a Análise Multicritério (AMC) em escala detalhada na área do IFMG em São João Evangelista .....</b> | <b>25</b> |
| <b>4. DISCUSSÃO .....</b>                                                                                                         | <b>28</b> |
| <b>4.1 Áreas prioritárias para a bacia do Rio São Nicolau em São João Evangelista .....</b>                                       | <b>28</b> |
| <b>4.2 Áreas prioritárias para na área do IFMG campus São João Evangelista.....</b>                                               | <b>29</b> |
| <b>5. CONCLUSÃO .....</b>                                                                                                         | <b>30</b> |
| <b>REFERÊNCIAS .....</b>                                                                                                          | <b>31</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

A Mata Atlântica (MA) brasileira é considerada um hotspot da biodiversidade de importância global (ARAÚJO et al., 2015), abrangendo cerca de 15% do território nacional. Além do mais, concentra cerca de 80% do PIB (Produto Interno Bruto) nacional e abriga 72% da população brasileira (SOS MATA ATLÂNTICA, 2023). No entanto, a MA vem de um processo histórico de degradação e fragmentação, principalmente devido às atividades e pressões antrópicas, como a expansão de atividades ligadas à agropecuária, extração madeireira, formação de pastagens, monocultivos agrícolas, dentre outros (SANTOS et al., 2018). Devido à constante exploração, atualmente resta cerca de 24% da floresta original, destes apenas 12,4% são consideradas florestas maduras e bem preservadas (SOS MATA ATLÂNTICA, 2023).

Nos últimos anos diversos acordos globais e regionais têm sido firmados com o intuito de promover a restauração florestal de áreas degradadas em pequena e larga escala (CHAZDON et al., 2017). As paisagens florestais podem fornecer diversos serviços ecossistêmicos que beneficiam a sociedade, como a cobertura do solo, fixação de gases que provocam efeito estufa, proteção de margens de Rios, ciclos hidrológicos, equilíbrio do clima, conservação da biodiversidade, dentre outros (CHAZDON et al., 2017; ALMEIDA et al., 2020). A primeira iniciativa global deu-se com o Desafio de Bonn em 2011 na Alemanha, cuja meta estipulada era restaurar 150 milhões de hectares (ha) no mundo até 2020, sendo atualizada para 350 milhões de há até 2030 com o Acordo de Paris em 2015 (IUCN, 2017). Na Conferência das Partes (COP-21) da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre as Mudanças do Clima, o Brasil estipulou metas e se comprometeu a restaurar 12 milhões de há de florestas até 2030 (BRASIL, 2017). Dentre os estados brasileiros, Minas Gerais se comprometeu a reflorestar 3,7 milhões de há em áreas rurais (MINAS GERAIS, 2021).

O estado de Minas Gerais vem enfrentando problemas associados a estrutura e riscos sociais, ambientais e econômicos devido a produção mineral (ALMEIDA et al., 2020). O rompimento da barragem do Fundão, situada em Mariana/MG, localizada em área de Mata Atlântica na bacia do Rio Doce foi considerado o maior desastre ambiental no Brasil (AIRES et al., 2018). A barragem continha rejeitos de mineração, como lama e resíduos de minério de ferro, que após o rompimento da barragem modificaram a paisagem local, além de afetar cerca de 600 km do leito do Rio por inundação (SILVEIRA et al., 2017).

A bacia do Rio Doce é dividida em sete unidades, dentre elas a Unidade de Planejamento de Gestão de Recursos Hídricos - UPGRH DO4: Bacia Hidrográfica do Rio Suaçuí, onde o município de São João Evangelista – MG está localizado. A Companhia de

Saneamento de Minas Gerais (COPASA) realiza captação no Rio São Nicolau (principal corpo hídrico do município) e abastecimento de água para toda a população de São João Evangelista. Devido as atividades e pressão antrópica na região, problemas como degradação e fragmentação da paisagem florestal, principalmente para formação de paisagens agrícolas têm sido recorrentes. Neste sentido, é necessário desenvolver técnicas otimizadas e de baixo custo que auxiliem na tomada de decisões quanto à restauração florestal. A integração e aplicação do sensoriamento remoto, aerofotogrametria e Sistemas de Informações Geográficas (SIG) podem auxiliar na definição de áreas prioritárias para restauração florestal (FERNÁNDEZ; MORALES, 2016; VALENTE et al., 2017; ALMEIDA et al., 2020).

A Análise Multicritério (AMC) tem sido uma das estratégias mais efetivas e econômicas no manejo de recursos naturais e espacialização de áreas prioritárias para restauração ecológica (ALMEIDA et al., 2020; CARTOLANO et al., 2022). A AMC permite em um curto espaço de tempo a obtenção de resultados confiáveis na forma de mapas, fazendo uso de camadas fundamentadas nas características da paisagem, as quais são empilhadas dentro de um SIG (SARTORI et al., 2012; SILVEIRA et al., 2014; MELLO et al., 2016; VALENTE et al., 2017; FRANÇA et al., 2019; FRANÇA et al., 2020; ALMEIDA et al., 2020; CARTOLANO et al., 2022). Essas camadas também são conhecidas como critérios, ou seja, base para tomada de decisões e são classificados em fatores e restrições. Os fatores são elementos que possuem características que contribuem com o objetivo da análise, enquanto as restrições não auxiliam, sendo que as áreas restritas são eliminadas da análise (EASTMAN, 2001).

Para aplicar a AMC, um dos métodos mais utilizados tem sido o Método de Combinação Linear Ponderada (CLP), esse método possibilita que os fatores recebam pesos em relação a sua importância relativa ao objetivo do estudo. Os fatores devem ser padronizados em uma escala comum, os pesos devem ser atribuídos a cada um deles, e a partir da média ponderada os critérios são combinados entre si (SARTORI et al., 2012; FRANÇA et al., 2019; ALMEIDA et al., 2020; CARTOLANO et al., 2022).

Existem diversas metodologias para definição dos pesos dos fatores, sendo bastante difundida a aplicação do Processo Analítico Hierárquico (AHP) (SARTORI et al., 2012; FRANÇA et al., 2019; ALMEIDA et al., 2020; CARTOLANO et al., 2022). Para aplicação do método AHP é montada uma matriz de comparação pareada, em que os critérios recebem pontos dentro de uma escala variando de 1 a 9. A tomada de decisões é fundamentada na atribuição de pesos aos fatores e a sua importância dentro da finalidade do projeto a ser aplicado (SAATY, 1980). Para validar a matriz é calculada a Taxa de Consistência (TC), que garante a

aleatoriedade entre os valores comparados. Desse modo, valores de TC abaixo de 0,1 (10%) são ideais (CARTOLANO et al., 2022).

Desta forma, o objetivo deste trabalho consistiu em mapear em larga e pequena escala as áreas prioritárias para restauração ecológica em áreas de floresta estacional semidecidual na bacia do Rio São Nicolau, São João Evangelista, Minas Gerais (MG), Brasil.

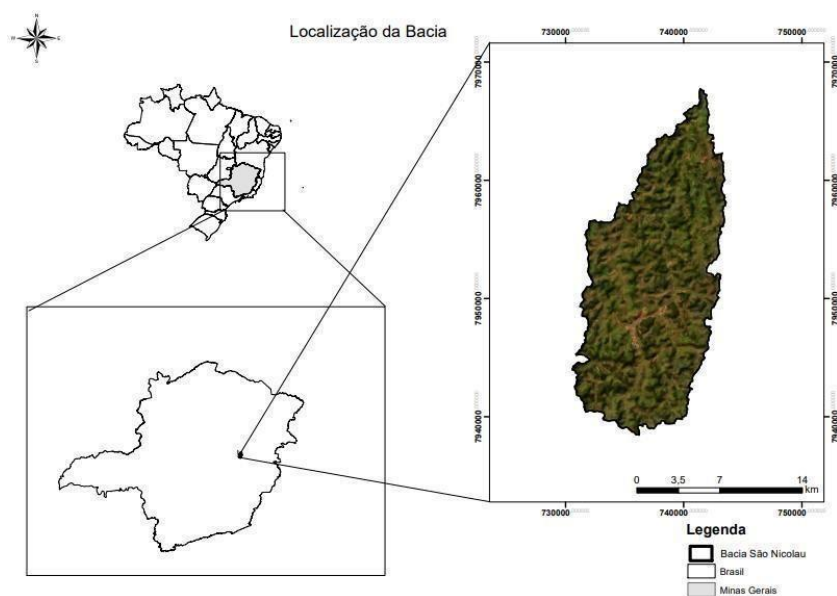
## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Caracterização da área de estudos

A pesquisa foi conduzida na área da bacia do Rio São Nicolau Grande, que abrange o município de São João Evangelista, Minas Gerais. O município está localizado na região leste de Minas Gerais, localiza-se entre as coordenadas 18° 32' 52" de latitude sul, 42° 45' 48" de longitude oeste e 690 metros de altitude média, referencial geodésico SIRGAS 2000. O município possui clima do tipo Cwa pela classificação do sistema internacional de Köppen, com verão chuvoso e inverno seco. As médias anuais de temperatura e precipitação são de 20,2°C (médias variando de 16,7 °C em julho a 22,8 °C em janeiro e fevereiro) e 1.377 mm (médias variando de 10 mm em julho e agosto a 308 mm em dezembro), respectivamente (CLIMATE DATA, 2023). A área territorial do município é de 478,183 km<sup>2</sup> e a população estimada é de 15.315 pessoas (IBGE, 2021).

Conforme é possível verificar por meio da Figura 1, a bacia hidrográfica do Rio São Nicolau Grande está inserida na UPGRH – D04, Rio Suaçuí Grande. Além de ser o principal corpo hídrico da bacia e abastecer o município de São João Evangelista, o Rio São Nicolau Grande atende a demanda de diversas propriedades no município (CBH RIO DOCE, 2016).

Figura 1 - Localização da área de estudo, bacia do Rio São Nicolau em São João Evangelista/MG.



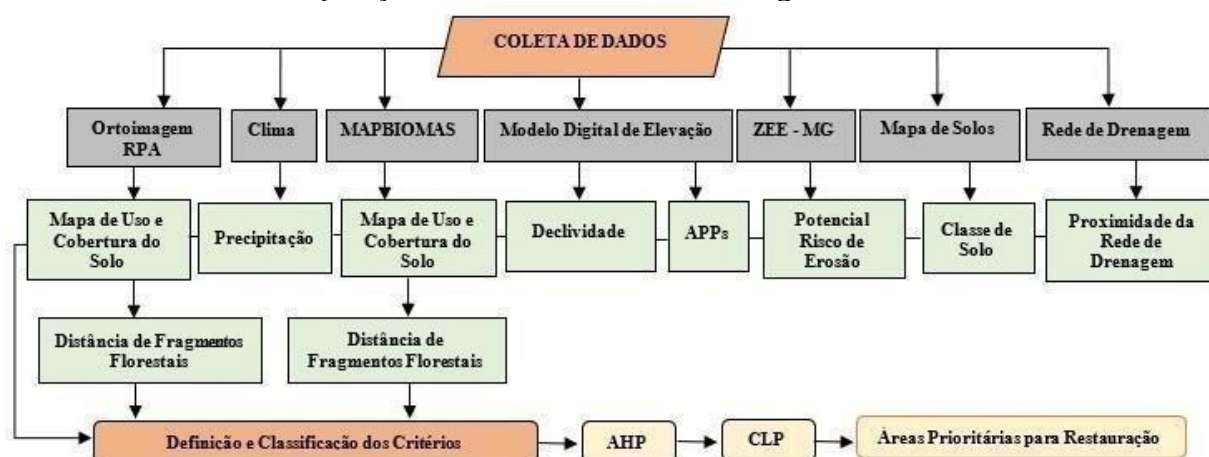
Fonte: elaborado pela autora, 2023.

A formação florestal característica da região é a Floresta Estacional Semidecidual (GASPAR, 2014). A região apresenta como classes de solo predominantes Latossolo Vermelho Amarelo e Latossolo Vermelho (FEAM, 2010). O relevo predominante na região é o ondulado, com áreas entre 8 e 20% de declividade (SANTOS et al., 2005). Em relação às atividades econômicas, o município possui 470 hectares de áreas cultivadas ou destinada à colheita, sendo 44,70% cultura da cana-de-açúcar, 38,30% cultura do milho e 11,70% de feijão (IBGE, 2018).

## 2.2 Definição e classificação dos critérios

Os procedimentos metodológicos para identificação de áreas prioritárias para restauração ecológica através da AMC realizados nesta pesquisa foram executados em duas etapas, larga e pequena escala (Figura 2).

Figura 2 - Fluxograma metodológico para a identificação das áreas prioritárias para recuperação florestal em São João Evangelista/MG.



Fonte: elaborado pela autora, 2023.

### 2.2.1 Critérios em larga escala para a bacia do Rio São Nicolau Grande

Para a escolha e classificação dos critérios, considerou-se as camadas de informação disponíveis para região da bacia do Rio São Nicolau Grande, além disso, outras foram confeccionadas através de imagens de satélite Sentinel-2A e do MDE, gerado a partir da imagem SRTM, disponível na plataforma Topodata com resolução espacial de 30 metros. É importante ressaltar que a escolha e classificação dos critérios nesta etapa está fundamentada em estudos anteriores de outros autores (SARTORI et al., 2012; SILVEIRA et al., 2014;

MELLO *et al.*, 2016; VALENTE *et al.*, 2017; FRANÇA *et al.*, 2019; FRANÇA *et al.*, 2020; ALMEIDA *et al.*, 2020; CARTOLANO *et al.*, 2022).

Foram selecionados cinco critérios representativos, com características que auxiliam na definição de locais prioritários para restauração ecológica, dentre eles: (i) uso e cobertura do solo, (ii) risco potencial de erosão, (iii) distância de fragmentos florestais, (iv) classes de solo e (v) áreas de preservação permanente (APPs), que foram classificados conforme sua importância. Como áreas de restrição, foi considerado as classes de área urbana, vegetação nativa e água, sendo atribuído peso igual a 0 (zero). Para padronizar as camadas, todos os dados vetoriais foram convertidos para o formato raster com resolução espacial de 30 metros (Tabela 1).

As APPs foram obtidas a partir do MDE provenientes das imagens SRTM, inicialmente foi extraído as redes de drenagem a partir do modelo no formato, em seguida, utilizando as cartas do mapeamento sistemático brasileiro SE-23-Z-B-V e SE-23-Z-B-II, na escala de 1:100.000, foi extraída a rede hidrográfica perene da bacia. A faixa de APP foi gerada com base na Lei 12.651/2012, do novo Código Florestal Brasileiro, conforme da largura dos Rios e presença das nascentes. As APPs são variáveis prioritárias para restauração, uma vez que contribuem com a redução da erosão do solo, assoreamento dos cursos d'água e atuam como filtro de substâncias tóxicas e poluentes (MELLO *et al.*, 2016)

O mapa de uso e cobertura do solo foi obtido através da plataforma mapbiomas (MAPBIOMAS, 2023) e atualizado mediante processamento digital das imagens orbitais do satélite Sentinel-2A (resolução espacial de 10 metros e capacidade de revisita de 5 dias). Foi utilizada uma cena referente à passagem do dia 17 de julho de 2021, pois nesta data não havia presença de nuvens.

A camada de fragmentos florestais foi extraída da classe uso e cobertura do solo. Em seguida, foi determinada a distância euclidiana destes fragmentos classificados em: (1) até 100; (2) de 100 a 200; (3) 200 a 300; (4) 300 a 400; e (5) 400 a 500 metros. Quanto mais próximo do fragmento, maior a prioridade para recuperação da vegetação nativa. Valente *et al.* (2017) esclarece que além de ser necessário recuperar a vegetação, conectar os fragmentos florestais minimiza a fragmentação.

O mapa com os tipos de solos utilizado nesta pesquisa foi desenvolvido pela Fundação Estadual do Meio Ambiente de Minas Gerais (FEAM, 2010), produzido na escala de 1:600.000. Os solos são associados diretamente aos deslizamentos, dependendo das suas características físicas e químicas (SILVEIRA *et al.*, 2014).

Por fim, o critério risco de potencial erosão do solo foi obtido junto ao Zoneamento Ecológico-econômico de Minas Gerais (1:100.000) (SCOLFORO et al., 2016), dentre os principais fatores condicionantes foi a susceptibilidade de solos à erosão em todo o território de Minas Gerais (CARTOLANO et al., 2022). O mapa do risco de potencial erosão originalmente foi confeccionado considerando quatro indicadores: erodibilidade do solo, erosividade das chuvas, cobertura vegetal e relevo (SCOLFORO et al., 2016).

Dentro de cada camada foram atribuídos pesos aos subcritérios, sendo hierarquizados conforme o grau de importância. Para a definição dos pesos para os subcritérios, utilizou-se uma escala de 1 a 5 (Tabela 1), fundamentada em estudos com abordagens semelhantes (FRANÇA et al., 2019; ALMEIDA et al., 2020; CARTOLANO et al., 2022).

**Tabela 1 - Critérios, subcritérios e seus respectivos valores para a bacia do Rio São Nicolau**

| Peso | Uso e ocupação do solo | APP                | Distância de fragmento (m) | Classes de Solos                         | Risco potencial de erosão |
|------|------------------------|--------------------|----------------------------|------------------------------------------|---------------------------|
| 1    | Silvicultura           | -                  | 500                        | Latossolos vermelho e vermelho - amarelo | -                         |
| 2    | Agricultura            | -                  | 400                        | -                                        | Baixo                     |
| 3    | Pastagem               | -                  | 300                        | -                                        | Médio                     |
| 4    | -                      | -                  | 200                        | -                                        | Alto                      |
| 5    | Solo exposto           | Faixa de 30 e 50 m | 100                        | -                                        | -                         |

Fonte: elaborado pela autora, 2023.

### **2.2.2 Critérios em escala detalhada na área do IFMG campus São João Evangelista**

A composição do Plano de Informações Multicritério para a área com maior nível de detalhamento foi criada a partir da confecção das variáveis declividade do terreno, uso e ocupação do solo, distância das redes de drenagem, distância de fragmentos florestais, pluviosidade e classes de solos. Foram atribuídos pesos aos seis fatores, em uma escala que variou de 0 (zero) a 5 (cinco) (Tabela 2).

Tabela 2 - Critérios, subcritérios e seus respectivos valores para a área do IFMG campus São João Evangelista/MG.

| Peso | Uso e ocupação do solo | Declividade (%)           | Distância de fragmento (m) | Distância da rede de drenagem (m) | Solos                | Pluviosidade (mm)       |
|------|------------------------|---------------------------|----------------------------|-----------------------------------|----------------------|-------------------------|
| 1    | Cultura perene         | Plano (0 – 3%)            | -                          | -                                 | Latossolos vermelhos | -                       |
| 2    | Agricultura            | Suave ondulado (0 – 8%)   | -                          | 400                               | -                    | -                       |
| 3    | Pastagem               | Ondulado (8 – 20%)        | 300                        | 300                               | -                    | 1357,12 mm a 1373,52 mm |
| 4    | -                      | Forte Ondulado (20 – 45%) | 200                        | 200                               | -                    | -                       |
| 5    | Solo exposto           | Montanhoso (45 – 67%)     | 100                        | 100                               | -                    | -                       |

Fonte: elaborado pela autora, 2023.

A variável proximidade da rede de drenagem é de grande importância, pois a formação de matas ciliares auxilia na conservação da água e do solo, reduzindo o assoreamento dos Rios (VALENTE et al., 2017), sendo prioridade as áreas próximas aos canais de drenagem. A base de dados foi adquirida através do processamento de MDE no ArcGIS PRO, através do sensor ALOS PALSAR, que possui uma resolução espacial de 12,5 metros. Para isso, foram geradas zonas de amortecimento de 100, 200, 300 e 400 metros de distância da rede de drenagem. Também foi calculada a declividade da bacia com o MDE obtido pelo sensor ALOS PALSAR, as classes de declividade seguiram recomendação da Embrapa (1979), que classifica os terrenos em plano (0 a 3%), suave ondulado (3 a 8%), ondulado (8 a 20%), forte ondulado (20 a 45%) e forte montanhoso ou escarpado (acima de 45%).

A precipitação é um fator relevante na AMC, pois a sua ocorrência e intensidade interferem diretamente na erosão dos solos (SANTOS et al., 2010). A base de dados utilizada foi a precipitação média mensal adquirida WorldClim – Global Climate Data (FICK; HIJMAN, 2017) com resolução espacial de 1 km.

O mapa de uso e ocupação do solo foi produzido mediante vetorização de ortoimagem obtidas com a RPA (Remotely Piloted Aircraft System) Phantom 4 Advanced (Figura 3) (resolução espacial de 9 cm), as fotos aéreas foram coletadas em 10 de abril de 2021.

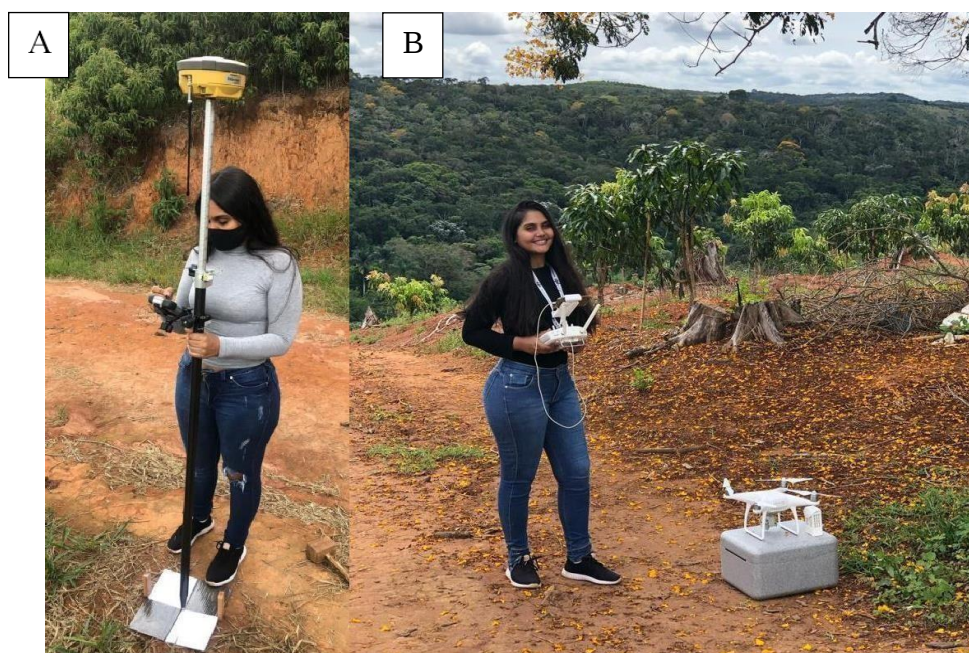
Figura 1 - RPA *Phantom 4 advanced*.



Fonte: DJI, 2023.

A Figura 4 abaixo apresenta a coleta de pontos de controle em campo com receptor geodésico GNSS Hiper V e coleta de imagens com a RPA DJI Phantom 4 advanced.

Figura 2 - Coleta de pontos de controle (a) e execução de planejamento de voo com RPA (b).



Fonte: elaborado pela autora, 2023.

Os fragmentos florestais foram extraídos a partir do mapa de uso e ocupação dos solos gerada a partir da ortoimagem aérea, e em seguida calculada a distância euclidiana. Também foi utilizado o critério tipos de solos devido a possibilidade de ocorrência de deslizamentos, para isso foi utilizado o mapa de solos de Minas Gerais (FEAM, 2010). Como restrições foram selecionados os locais que não estão aptos à recuperação florestal, como os corpos d'água, edificações, remanescentes florestais e áreas destinadas à agricultura.

### 2.3 Processo Analítico Hierárquico (AHP)

O Processo Analítico Hierárquico ou Analytic Hierarchy Process (AHP) é um dos principais modelos matemáticos disponíveis no mercado para tomada de decisões, proposto por Saaty (1980) (Tabela 3). Este método realiza a comparação pareada entre os critérios a fim de determinar a importância relativa de cada um deles (SARTORI et al., 2012). Desta forma são atribuídos pesos aos critérios mais importantes, conforme o objetivo do trabalho (FRANÇA et al., 2020).

Tabela 3 - Escala de importância relativa a partir da comparação de critérios, proposta por Saaty (1990).

| Valor       | Recíproco | Definição                                                                                                  |
|-------------|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1           | 1         | Igual importância: Os dois critérios contribuem igualmente.                                                |
| 3           | 1/3       | Um pouco mais importante: um critério é um pouco mais importante do que o outro.                           |
| 5           | 1/5       | Fortemente mais importante: um dos critérios é claramente mais importante do que o outro.                  |
| 7           | 1/7       | Muito mais importante: um dos critérios é predominantemente mais importante do que o outro.                |
| 9           | 1/9       | Extremamente mais importante: um dos critérios, sem dúvidas, é absolutamente predominante para o objetivo. |
| 2, 4, 6 e 8 | -         | Valores intermediários de julgamento.                                                                      |

Fonte: SAATY, 1990.

Desta forma, é montada a matriz de comparação pareada, que permite analisar, determinar e decidir sobre os critérios que influenciam na tomada de decisões (SANTOS; CRUZ, 2013). Além do mais, essa matriz fornece resultados coerentes e consistentes com a realidade da metodologia proposta, que é detectar as áreas prioritárias para a restauração ecológica na bacia do Rio São Nicolau. A matriz tomou como base uma escala de comparação de critérios e classificados em uma escala que varia de 1 a 9 (SAATY, 1980) (Tabela 3).

Após a montagem e preenchimento da matriz, o Índice de Consistência (IC) e a Taxa de Consistência (TC) devem ser calculados, conforme as equações abaixo. Para que os dados da matriz sejam considerados consistentes, os valores de IC (Eq.1) e TC (Eq.2) devem ser inferiores a 10% (ou 0,10) (SAATY, 1990).

$$IC = \frac{(\lambda_{\max} - n)}{(n - 1)} \quad (Eq.1)$$

$$TC = \frac{IC}{IR} \quad (Eq.2)$$

Onde, **IC** é o Índice de Consistência;  **$\lambda_{max}$**  é o autovetor principal; **n** é o número de critérios avaliados; **TC** é a Taxa de Consistência; \*IR é o Índice Randômico. O índice randômico também foi proposto por Saaty (1991) e varia de acordo com o número de fatores analisados (Tabela 4).

Tabela 4 - Índice randômico de acordo com o número de critérios estudados

| n  | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    |
|----|------|------|------|------|------|------|------|
| IR | 0,00 | 0,52 | 0,90 | 1,12 | 1,24 | 1,32 | 1,41 |

Fonte: Saaty, 1991.

## 2.4 Combinação Linear Ponderada (CLP)

A Combinação Linear Ponderada (CLP) é um método bastante utilizado na AMC, devido a sua eficiência, a CLP atribui maior peso aos critérios com maior relevância, conforme o objetivo proposto que é determinar as áreas prioritárias para restauração florestal. Além do mais, como a compensação é ponderada, critérios que recebem menor peso são compensados por critérios que recebem maior peso.

Para obtenção dos mapas finais em larga escala e com escala detalhada, as variáveis foram multiplicadas pelos respectivos pesos, somados e multiplicados pela restrição, conforme a equação 3. Os mapas finais foram classificados em cinco níveis de prioridade para recuperação florestal: (I) muito baixo, (II) baixo, (III) médio, (IV) alto e (V) muito alto.

$$s = \sum_{i=1}^n W_i \times X_i \times \prod_{j=1}^k C_j \quad (\text{Eq.3})$$

Em que: **W<sub>i</sub>** = peso do fator i, **X<sub>i</sub>** = fator padronizado, k = número de restrições e **C<sub>j</sub>** = restrição.

### 3 RESULTADOS

#### 3.1 Resultados obtidos com a Análise Multicritério (AMC) em larga escala para a bacia do Rio São Nicolau

Para a obtenção do mapa contendo as áreas prioritárias para a restauração ecológica em larga escala na bacia do Rio São Nicolau, município de São João Evangelista, foram gerados os mapas das camadas para cada critério considerado (Figura 5).

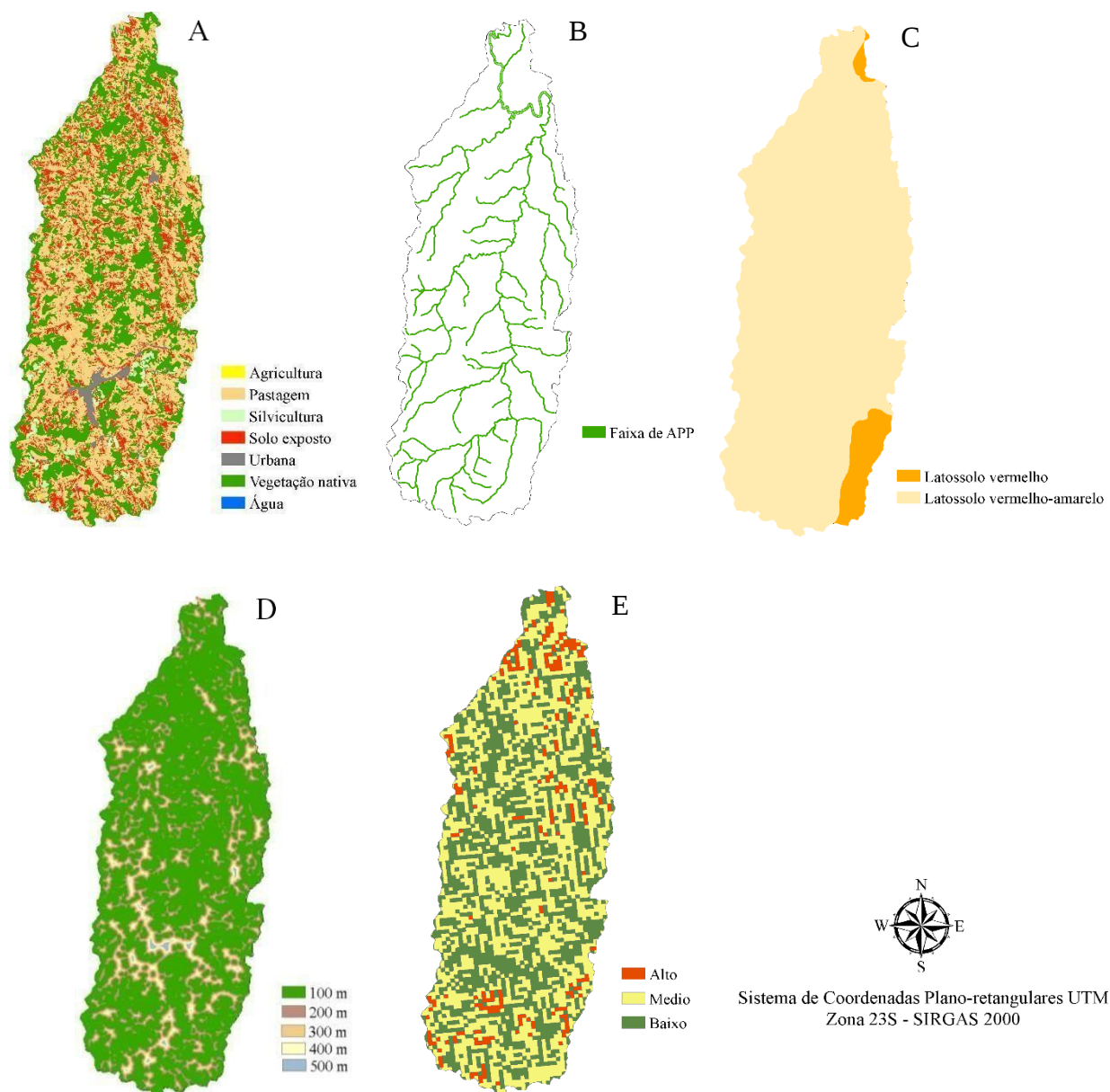
Posteriormente, a Tabela 5 mostra o resultado da matriz pareada. Os valores de IC e TC foram de 0,095 e 0,086, respectivamente, tais valores estão dentro dos limites de coerência e confiabilidade aceitáveis ( $< 0,10$ ) (SAATY, 1980). O valor de  $\lambda_{max}$  obtido calculado foi de 5,382, considerado consistente, pois  $\lambda_{max} \geq n$ . Com relação aos pesos obtidos através da matriz, o critério de maior peso foi APPs (53%), seguido do uso e cobertura do solo (24%) e risco de erosão (13%). Portanto, as APPs foi o critério de maior peso na tomada de decisão em relação as áreas prioritárias para restauração ecológica na bacia do Rio São Nicolau.

Tabela 5 - Matriz pareada para a bacia do Rio São Nicolau, em São João Evangelista-MG.

| *       | Fator 1 | Fator 2 | Fator 3 | Fator 4 | Fator 5 | Peso (%) |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|
| Fator 1 | 1       | 1/5     | 3       | 3       | 7       | 24       |
| Fator 2 | 5       | 1       | 8       | 8       | 9       | 53       |
| Fator 3 | 1/3     | 1/8     | 1       | 3       | 3       | 13       |
| Fator 4 | 1/3     | 1/8     | 1/3     | 1       | 2       | 6        |
| Fator 5 | 1/7     | 1/9     | 1/3     | 1/2     | 1       | 4        |

\* Fator 1 = Uso e Cobertura do Solo; Fator 2 = Áreas de Preservação Permanente; Fator 3 = Risco de Potencial Erosão; Fator 4 = Distância dos Fragmentos Florestais; Fator 5 = Classes de solo.  
Fonte: elaborado pela autora, 2023.

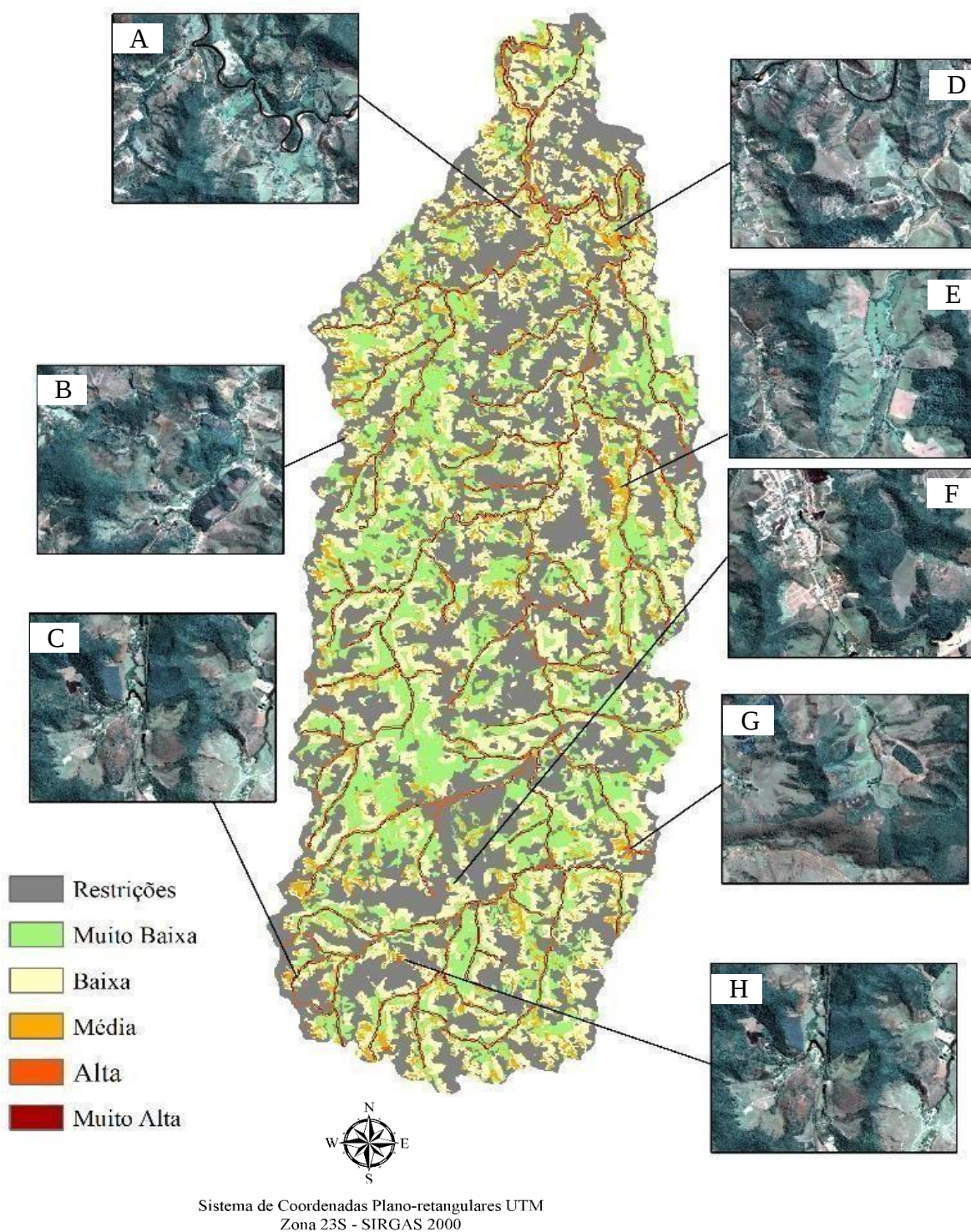
Figura 5 - Mapas multicritérios considerados na avaliação. (A) Mapa de uso e ocupação do solo; (B) Faixa de APP; (C) Classes de solos; (D) Distância de fragmentos florestais; (E) Risco potencial de erosão.



Fonte: elaborado pela autora, 2023.

A partir da Combinação Linear Ponderada (CLP), foi produzido o mapa final de áreas prioritárias para a restauração ecológica na bacia do Rio São Nicolau (Figura 6). O mapeamento resultou de 48,96% (15.109,15 ha) da área total do município classificada com baixa e muito baixa prioridade e apenas 1.642,02 ha (5,32%) com alta e muito alta prioridade. A Tabela 6 apresenta as classificações e suas respectivas áreas quantificadas.

Figura 6 - Áreas prioritárias para a restauração ecológica na bacia do Rio São Nicolau, em São João Evangelista-MG. (A, C, D, G e H). Aproximação de APPs, classificadas com alta prioridade; (E e F) Aproximação do centro urbano de São João Evangelista-MG, como alta prioridade; (B) área de solo exposto, como alta prioridade.



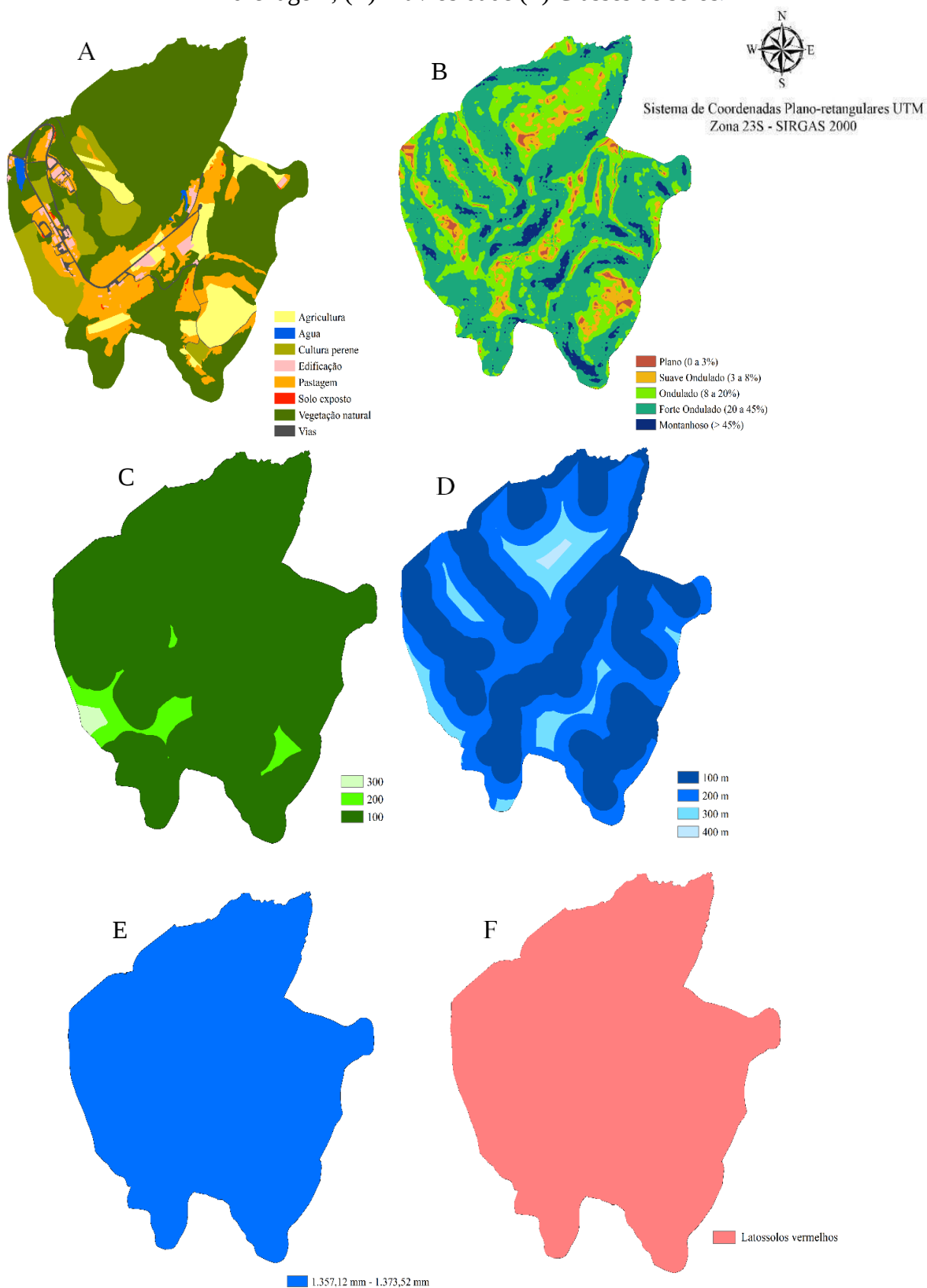
Fonte: elaborado pela autora, 2023.

### **3.2 Resultados obtidos com a Análise Multicritério (AMC) em escala detalhada na área do IFMG em São João Evangelista**

Os mapas gerados após aplicação dos pesos aos subcritérios são apresentados na Figura 7. Para o mapa de declividade do terreno foram atribuídos pesos em ordem crescente, variando de plano a montanhoso. É possível observar a predominância do relevo forte ondulado, conforme a Figura 7B. Para as classes de solo, foi atribuído peso 1 (um) para os menos susceptíveis a processos erosivos, como é o caso dos latossolos vermelhos que predominam a bacia do Rio São Nicolau, conforme mostra a Figura 7F. Em relação aos dados pluviométricos, a região da bacia do Rio São Nicolau apresenta isoietas de precipitação média anual entre 1357,12 mm a 1373,52 mm, considerando uma série histórica de 30 anos utilizada nesta pesquisa, considerada uniforme para a área de estudo. O Mapa de Precipitação Pluviométrica para a área do IFMG campus São João Evangelista é apresentado na Figura 7E. Em termos de uso e ocupação do solo, foram relacionadas oito classes de diferentes tipos e uso, dentre elas: pastagem, solo exposto, agricultura, vegetação natural, água, cultura perene, vias e edificação. Nesta pesquisa, as classes de vegetação natural, água, vias e edificações foram consideradas como áreas restritivas. O mapa de uso e ocupação do solo para a área do IFMG campus São João Evangelista é apresentado na Figura 7A. Para a variável distância de fragmento, quanto mais próxima a distância estiver do fragmento, maior peso é atribuído, neste caso variando de 0 (zero) a 5 (cinco), conforme o mapa da Figura 6C. Por fim, a distância da rede drenagem, quanto mais próxima a distância está de cursos d'água, maior peso é atribuído, neste caso a escala também varia de 0 (zero) a 5 (cinco). O mapa da distância da rede de drenagem é mostrado na Figura 7D.

A Tabela 6 apresenta a matriz pareada obtida para a área do IFMG campus São João Evangelista. A TC encontrada foi de 0,07, indicando que a matriz possui um nível de consistência aceitável, sendo possível a utilização dos pesos atribuídos aos critérios. O maior peso foi atribuído à distância da rede de drenagem (35%), seguido pelo uso e cobertura do solo (26%) e a distância de fragmentos florestais (18%). Contudo, as áreas de preservação permanente próximas aos fragmentos florestais são prioritárias para recuperação das áreas fragmentadas para a área do IFMG campus São João Evangelista. O mapa de áreas prioritárias produzido a partir da CLP dos critérios encontra-se na Figura 8.

Figura 7 - Mapas multicritérios avaliados. (A) Mapa de uso e ocupação do solo; (B) Declividade do Terreno; (C) Distância de fragmentos florestais; (D) Distância da rede de drenagem; (E) Pluviosidade (F) Classes de solos.



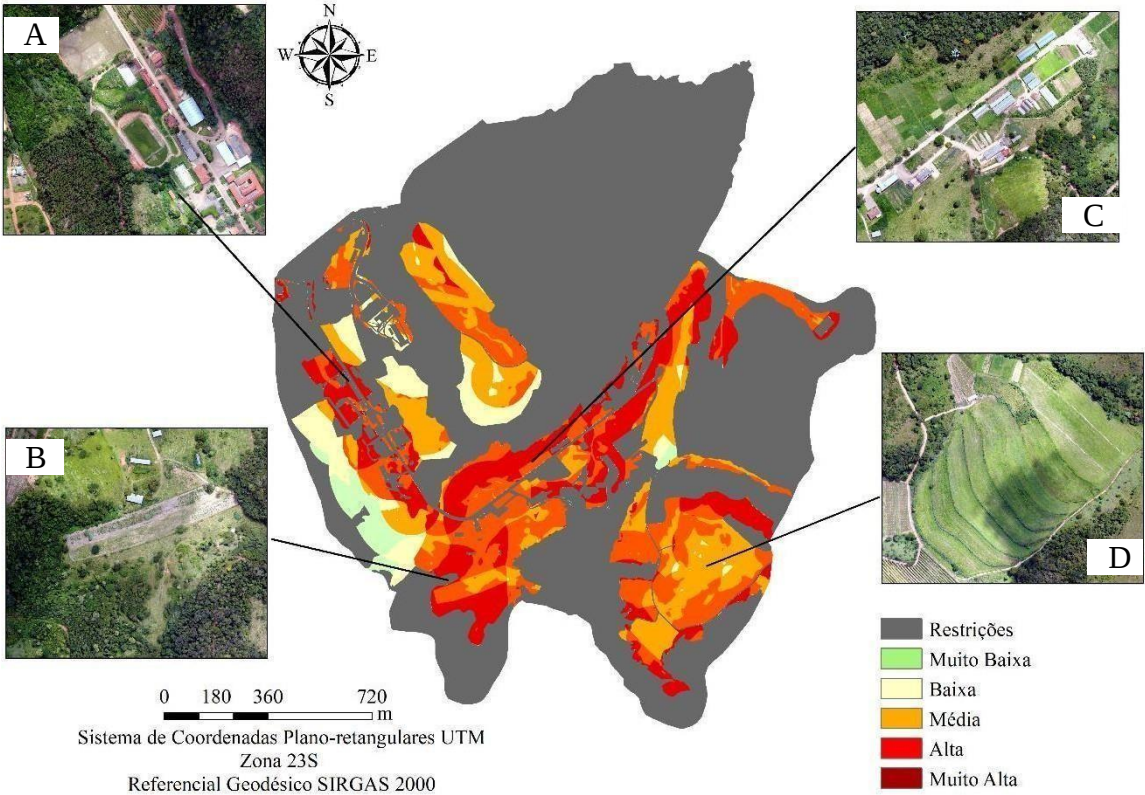
Fonte: elaborado pela autora, 2023.

Tabela 6 - Matriz pareada para a área do campus IFMG, em São João Evangelista-MG.

| *       | Fator 1 | Fator 2 | Fator 3 | Fator 4 | Fator 5 | Fator 6 | Peso (%) |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|
| Fator 1 | 1       | 3       | 7       | 1/4     | 2       | 1/3     | 18,0     |
| Fator 2 | 1/3     | 1       | 4       | 1/4     | 1       | 1/4     | 9,0      |
| Fator 3 | 1/7     | 1/4     | 1       | 1/8     | 1/4     | 1/8     | 3,0      |
| Fator 4 | 4       | 4       | 8       | 1       | 8       | 1       | 35,0     |
| Fator 5 | 1/2     | 1       | 4       | 1/8     | 1       | 1/2     | 10,0     |
| Fator 6 | 3       | 4       | 8       | 1       | 2       | 1       | 26,0     |

\* Fator 1 = Distância dos fragmentos florestais; Fator 2 = Declividade; Fator 3 = Precipitação; Fator 4 = Distância da Rede de Drenagem; Fator 5 = Classes de solo; Fator 6 = Uso e cobertura do solo.  
Fonte: elaborado pela autora, 2023.

Figura 8 - Mapa final com as áreas prioritárias para a restauração ecológica no IFMG campus São João Evangelista – MG.



Fonte: elaborado pela autora, 2023.

## 4 DISCUSSÃO

### 4.1 Áreas prioritárias para a bacia do Rio São Nicolau em São João Evangelista

Ao analisar o mapa final das áreas prioritárias para a restauração ecológica na bacia do Rio São Nicolau em São João Evangelista (MG) (Figura 6), é possível observar que a distribuição espacial das classes de prioridade segue algumas características relacionadas aos indicadores utilizados. As manchas com zonas de alta e muito alta prioridade estão concentradas espacialmente em áreas de APP ou próximo a elas, principalmente às margens do Rio São Nicolau (Figura 6A, C, D, G e H). Esses resultados coincidem com estudos anteriores encontrados em Mello et al. (2016) e Almeida et al. (2020), que destacaram a importância da vegetação às margens de cursos d'água na melhoria da qualidade da água e redução da deposição de sedimentos na calha dos Rios, evitando assim o assoreamento dos Rios.

Nota-se também, algumas classes com prioridade alta e muito alta associadas a áreas de pastagem e solo exposto, normalmente em locais com declividade superior a 20%. Esses locais são difíceis de promover a restauração florestal, pois normalmente são destinados à criação de gado (Figura 6B). As localidades próximas à ocupação antrópica, como o centro urbano de São João Evangelista e vilarejos, também apresentaram zonas médias e altas, devido a presença de solo exposto às intempéries naturais e antrópicas, logo, maior propensão à erosão (Figura 6E e F).

A maioria dos locais na região central e oeste da bacia apresentaram prioridade muito baixa (Figura 6), são áreas ocupadas por agricultura, com risco de potencial erosão baixo, distanciam-se dos fragmentos florestais em sua maioria em 400 a 500 metros e a classe de solo que os constituem são o Latossolo Vermelho. Resultado consistente, pois são áreas produtivas, fonte de renda para produtores rurais, além de não degradar o meio ambiente.

É importante destacar que o critério de maior peso a partir da aplicação do AHP, foi a fator APP, também considerado um fator de grande destaque em estudos que visam identificar áreas prioritárias para a restauração ecológica (ALMEIDA et al., 2020; CARTOLANO et al., 2022). O mapa de critérios para a região da bacia vai de encontro aos aspectos legais previstos na Lei 12.651, de 25 de maio de 2012, do novo Código Florestal, que dispõe sobre a faixa de preservação de matas ciliares, conforme a largura dos cursos hídricos, bem como a sua restauração em casos de degradação da vegetação.

#### **4.2 Áreas prioritárias para na área do IFMG *campus* São João Evangelista**

Na área do IFMG *campus* São João Evangelista o critério que recebeu maior peso a partir da aplicação do método AHP para a definição das áreas prioritárias para restauração ecológica foi a distância da rede de drenagem e a distância de fragmentos florestais, coincidindo com estudos anteriores (SARTORI et al., 2012; SILVA et al., 2017; ALMEIDA et al., 2020). A proximidade da rede de drenagem está diretamente relacionada com as áreas de APP, pois contribuem com a qualidade da água (VETTORAZZI, 2006). Já a proximidade de fragmentos florestais promove a conexão dos remanescentes de vegetação nativa e formação dos corredores ecológicos (SARTORI, 2010; VALENTE et al., 2017). Na área de estudo a classe de solo é do tipo latossolos vermelhos, considerados desenvolvidos e menos (SILVA; MACHADO, 2014).

O mapa final gerado (Figura 8) com as prioridades de recuperação florestal permitiu observar que as áreas de alta e muito alta prioridade estão em sua maioria nas proximidades da rede de drenagem, evidenciando a necessidade de recuperar as APP. Além do mais, as áreas próximas a edificações e pastagem possuem zonas com média, alta ou muito alta de restauração florestal.

## 5 CONCLUSÃO

Constatou-se com esta pesquisa que para a bacia do Rio São Nicolau o critério mais importante foi a APP na definição de áreas prioritárias para recuperação, seguido dos critérios uso e cobertura do solo, risco de potencial erosão, distância dos fragmentos florestais e classe do solo.

O mapa de áreas prioritárias apontou que 5,32% da bacia do Rio São Nicolau são áreas com prioridades alta e muita alta para restauração florestal, condizente com o estudo. A maior parte das áreas da bacia foram classificadas com prioridade baixa ou muito baixa para restauração ecológica (48,96%), o que não descarta as práticas de manejo e uso adequado do solo na região da bacia.

Para a área do IFMG campus São João Evangelista, o mapa de áreas prioritárias mostrou que 28,19% das áreas apresentam zonas de média, alta e muito alta prioridade de restauração, isso se deve às atividades antrópicas realizadas nas áreas do campus, como a criação de gado em áreas de pastagem. Além disso, apenas 4,70% são áreas classificadas como muito baixa ou baixa prioridade para restauração ecológica.

Ademais, a abordagem da análise multicritério aliada ao método AHP, apresentou resultados satisfatórios e potencialmente condizentes com a realidade na identificação de áreas prioritárias para a restauração ecológica em áreas da bacia do Rio São Nicolau em São João Evangelista (MG). Nas áreas do IFMG campus São João Evangelista, apesar da deficiência de base cartográfica em escala adequada, o mapa das áreas prioritárias apresenta-se como importante aproximação estimada das instâncias de condição real para os fins de planejamento ambiental.

## REFERÊNCIAS

- AIRES, U. R. V.; SANTOS, B. S. M.; COELHO, C. D.; SILVA, D. D. da; CALIJURI, M. L. Changes in land use and land cover as a result of the failure of a mining tailings dam in Mariana, MG, Brazil. **Land Use Policy**, v. 70, n.1, p. 63-70, 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0264837717304854?via%3Dihub>. Acesso em: 27 jun. 2023.
- ALMEIDA, F. C.; SILVEIRA, E. M. O.; ACERBI JÚNIOR, F. W.; FRANÇA, L. C. J.; BUENO, I. T.; TERRA, B. J. O. Análise multicritério na definição de áreas prioritárias para recuperação florestal na bacia do Rio Doce, em Minas Gerais. **Revista Nativa**, v.1, n.,1, p. 81-90, 2020. Disponível em: <https://conbio.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/conl.12386>. Acesso em: 27 jun. 2023.
- ARAÚJO, L. S.; KOMONEN, A.; LOPES-ANDRADE, C. Influences of landscape structure on diversity of beetles associated with bracket fungi in Brazilian Atlantic Forest. **Biological Conservation**, v. 191, n.1, p. 659–666, 2015.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Ministério da Educação. **Plano Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa**, Brasília, DF: MMA. 2017.
- CARTOLANO, R. T.; FRANÇA, L. C. J. ; SILVA, L. C. M.; BOTELHO, S. A.; ACERBI JUNIOR, F. W. **Definição de áreas prioritárias para restauração ecológica: análise de decisão multicritério como instrumento para o planejamento ambiental**. 1. ed. Nova Xavantina, MT: Pantanal, v.1, 2022.
- CHAZDON, R. L.; BRANCALION, P. H. S.; LAMB, D.; LAESTADIUS, L.; CALMON, M.; KUMAR, C. A. Policy-Driven Knowledge Agenda for Global Forest and Landscape Restoration. **Conservation Letters**, v.1, n.10, p.125 – 132, 2017. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/conl.12431>. Acesso em: 27 jun. 2023.
- CBH RIO DOCE. **Comitê de bacia hidrográfica do Rio doce**. 2016. Disponível em: <http://www.cbhdoce.org.br/institucional/abacia>. Acesso em: 16 jul. 2023.
- CLIMATE-DATA.ORG. **Clima: São João Evangelista**. Disponível em: <https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/minas-gerais-203/>. Acesso em: 16 jul. 2023.
- DJI. **Phantom 4 Pro**. 2023. Disponível em: <https://www.dji.com/br/phantom-4-pro>. Acesso em: 22 jul. 2023.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos**. Rio de Janeiro: Súmula/SNLCS, 1979. 87 p. (Reunião Técnica de Levantamento de Solos, 10).
- EASTMAN, J. R. Decision support: decision strategy analysis. **Idrisi 32release 2: guide to GIS and image processing**, Worcester: Clark Labs, Clark University. 2: 22p, 2001.
- FEAM. Fundação Estadual Do Meio Ambiente. **Mapa de solos do Estado de Minas Gerais: legenda expandida**. Universidade Federal de Viçosa; Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais; Universidade Federal de Lavras; Belo Horizonte: 2010. 49 p.

- FERNÁNDEZ, I. C.; MORALRES, N. S. A spatial multicriteria decision analysis for selecting priority sites for plant species restoration: a case study from the Chilean biodiversity hotspot. **Restoration Ecology**, v. 24, n. 5, p.1–10, 2016.
- FICK, S.E.; HIJMANS, R. J. WorldClim 2: new 1km spatial resolution climate surfaces for global land areas. **International Journal of Climatology**, 2017.
- FRANÇA, L. C. J.; MUCIDA, D. P.; MORAIS, M. S.; CATUZZO, H.; ABEGÃO, J. L. R.; PEREIRA, I. M. **Zoneamento da fragilidade ambiental de ecossistemas naturais e antropizados por meio de avaliação multicritério**. *Nativa*, v. 7, n.5, p. 589-599, 2019.
- FRANÇA, L. C. J. ; MUCIDA, D. P.; SANTANA, R. C.; MORAIS, M. S. ; GOMIDE, L. R. ; BATEIRA, C. V. M. **AHP approach applied to multi-criteria decisions in environmental fragility mapping**. *Floresta (on line) (CURITIBA)*, v. 50, p. 3, 2020.
- GASPAR, R. O. **Classificação de estágios sucessionais, estoque e crescimento em carbono de floresta estacional semidecidual, vale do Rio doce, MG**. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2014.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agrícola Municipal**. 2018. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>. 2018Acesso em: 10 ago. 2023.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades e Estados**. 2021.Disponível em: <https://www.estadosecidades.com.br/mg/sao-joao-evangelista-mg.html>. Acesso em: 15 ago. 2023.
- IUCN. International Union for Conservation of Nature and Natural Resources. The Bonn challenge: catalysing leadership in latin américa. **Forest Brief**, v.1, n.14, p.1-8, 2017.
- MAPBIOMAS. Mapa das Coleções. **Mapbiomas Brasil**. Disponível em: [https://mapbiomas.org/colecoes-mapbiomas-1?cama\\_set\\_language=pt-BR](https://mapbiomas.org/colecoes-mapbiomas-1?cama_set_language=pt-BR). Acesso em: 15mar. 2023.
- MELLO, F. P.; MELLO E SOUSA, R.; ROSS, J. L. S. Modelagem de geoformas para mitigação do risco geoambiental em Garanhuns - PE. **Acta Geográfica**, v. 10, n. 22, p. 87-115,2016.
- MINAS GERAIS. Governo do Estado. **Conferência das Partes – COP 26 – Cases de Sucesso do Estado de Minas Gerais – Brasil**. 2021. Disponível em: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoieYzgxZWZlYWEtMjlmOC00MGRiLTljZTMtZTg1ZjlkYTJlYmJlIiwidCI6IjkyNGY5ODQ3LTl0MmUtNGE5YS04OTEzLTllNDM2NDliOWVhYSJ9&pageName=ReportSection>. Acesso em: 15 mar. 2023.
- SAATY, T. L. **The analytic hierarchy processes**. New York: McGraw-Hill, 287p, 1980.
- SAATY, T. L. **How to make a decision: the analytic hierarchy process**. **European Journal of Operational Research**, North-Holland. 48, p. 9-26, 1990.
- SAATY, T. L; VARGAS, L. G. Prediction. **Projection and forecasting**. Kluwer Academic Publishers, Boston, MA, USA, 1991. 251 p

SANTOS, L. F.; CRUZ, R. B. C. **O uso do método AHP na tomada de decisão para seleção de lajes de edifícios comerciais.** Engenharia, Estudo e Pesquisa ABPE, 2013. v. 13, n.1, p. 39-52.

SANTOS, R. D.; LEMOS, R. C.; SANTOS, H. G.; KER, J. C.; ANJOS, L. H. C. **Manual de descrição e coleta de solo no campo.** 5ª ed. revisada e ampliada. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 2005.92p.

SANTOS, G. G.; GRIEBELER, N. P.; OLIVEIRA, L. F. C. Chuvas intensas relacionadas à erosão hídrica, Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 14, n. 14, n. 2, p. 115-123, 2010.

SANTOS, J. S.; LEITE, C. C. C.; VIANA, J. C. C.; SANTOS, A. R.; FERNANDES, M. M.; ABREU, V. S.; NASCIMENTO, T. P.; SANTOS, L. S.; FERNANDES, M. R. M.; SILVA, G. F.; MENDONÇA, A.R. Delimitation of ecological corridors in the Brazilian Atlantic Forest. **Ecological Indicators**, v. 88, n.1, p. 414- 424, 2018.

SARTORI, A. A. C. **Análise multicritérios na definição de áreas prioritárias à conectividade entre fragmentos florestais.** Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2010.

SARTORI, A. A. C.; SILVA, R. F. B.; ZIMBACK, C. R. L. Combinação linear ponderada na definição de áreas prioritárias à conectividade entre fragmentos florestais em ambiente SIG. **Revista Árvore**, v. 36, n. 6, p.1079 -1090, 2012.

SAATY, T. L. **The analytic hierarchy processes.** New York: McGraw-Hill. 1980. 287p.

SAATY, T. L; VARGAS, L. G. **Prediction. Projection and forecasting.** Kluwer Academic Publishers, Boston, MA, USA, 1991. 251 p.

SCOLFORO, J. R.; OLIVEIRA, A. D.; CARVALHO, L. M. T.; MARQUES, J. J. G.; LOUZADA, J. N.; MELLO, C. R.; PEREIRA, J. R.; REZENDE, J. B.; VALE, L. C. C. **Zoneamento ecológico-econômico de Minas Gerais. In: Zoneamento ecológico-econômico do estado de Minas Gerais: zoneamento e cenários exploratórios.** Lavras: Editora UFLA. 2016.

SILVEIRA, E. M. O.; ACERBI JÚNIOR, F. W.; MELLO, J. M.; BUENO, I. T. Object-based change detection using semivariogram indices derived from NDVI images: The environmental disaster in Mariana, Brazil. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 41, n. 5, p. 554–564, 2017.

SILVEIRA, H. L. F.; VETTORAZZI, C. A.; VALENTE, R. A. Avaliação multicriterial no mapeamento da suscetibilidade de deslizamentos de terra. **Revista Árvore**, v. 38, n. 6, p. 973-982, 2014.

SOS MATA ATLÂNTICA - SOSMA. **A Mata Atlântica.** Disponível em: <http://www.sosma.org.br/nossa-causa/a-mata-atlantica/>. Acesso em: 27 jun., 2023.

VALENTE, A. R.; PETEAN, F. C. S.; VETTORAZZI, C. A. Multicriteria decision analysis for prioritizing areas for forest restoration. **Cerne**, v. 23, n. 1, p. 53–60, 2017.

VETTORAZZI, C. A. **Avaliação multicritérios, em ambiente SIG, na definição de áreas prioritárias à restauração florestal visando à conserva de recursos hídricos.** Tese (Livre Docência): ESALQ/USP Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” USP, Piracicaba, 2006.