



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E ENGENHARIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL E DA MADEIRA



JOÃO VITOR RIBEIRO DE CASTRO

**DEFINIÇÃO DE ÁREAS PRIORITÁRIAS À CONSERVAÇÃO
AMBIENTAL NA PEDRA DA CAVA ROXA/ES UTILIZANDO
GEOPROCESSAMENTO**

JERÔNIMO MONTEIRO
ESPÍRITO SANTO

2018

JOÃO VITOR RIBEIRO DE CASTRO

DEFINIÇÃO DE ÁREAS PRIORITÁRIAS À CONSERVAÇÃO
AMBIENTAL NA PEDRA DA CAVA ROXA/ES UTILIZANDO
GEOPROCESSAMENTO

Monografia apresentada ao
Departamento de
Engenharia Florestal e da
Madeira da Universidade
Federal do Espírito Santo,
como requisito parcial para
obtenção do título de
Engenheiro Florestal.

Orientadora: Fabricia Benda de Oliveira

JERÔNIMO MONTEIRO

ESPÍTO SANTO

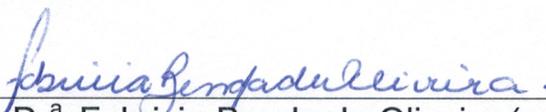
2018

DEFINIÇÃO DE ÁREAS PRIORITÁRIAS À CONSERVAÇÃO AMBIENTAL NA
PEDRA DA CAVA ROXA/ES UTILIZANDO GEOPROCESSAMENTO

JOÃO VITOR RIBEIRO DE CASTRO

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à disciplina Trabalho
de Conclusão de Curso II, como
requisito parcial para a obtenção
do título de Bacharel em
Engenharia Florestal.

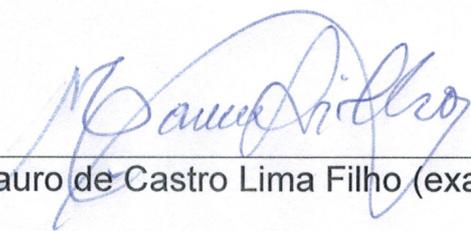
Aprovado em 07, novembro de 2018.



Prof. Dr^a. Fabricia Benda de Oliveira (orientadora)



Prof. Dr. Carlos Henrique Rodrigues de Oliveira (examinador)



Geólogo Mauro de Castro Lima Filho (examinador)

DEDICATÓRIA

Decido a minha mãe Dilceia, por acreditar e lutar incansavelmente para que este sonho seja realizado. Aos meus filhos Bernardo e Benjamin que são o ar que respiro hoje e que me mantêm vivo e forte.

“Só se pode alcançar um grande êxito quando nos mantemos fiéis a nós mesmos.”

Friedrich Nietzsche

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a minha mãe Dilceia, mulher guerreira, forte e iluminada que sempre se manteve acima de todas as dificuldades para dar a melhor educação e ensinar os valores morais a mim e minha irmã Luisa. Ao meu pai Gilmar pelo apoio nas horas de dificuldade e pelas palavras de incentivo quando mais precisei. Esta vitória é nossa!!

Fica aqui meu mais sincero sentimento de agradecimento a Marcelle, mãe dos meus filhos, que sempre cuidou com amor incondicional da nossa prole enquanto estive longe para conclusão dos estudos, sem ela não seria possível!

Agradeço a todos os meus familiares que ajudaram de forma direta e indiretamente na conclusão dessa importante etapa da minha vida.

Agradeço aos meus professores que sempre estiveram dispostos a ajudar e contribuir para um melhor aprendizado, em especial minha orientadora Fabricia Benda, pela paciência e orientação. Ao grande amigo Mauro Lima eu agradeço pelo apoio dado a este trabalho no levantamento dos dados. Fico grato ao prezado Sr. Carlos Henrique pela disponibilidade em fazer parte da banca examinadora e avaliação deste trabalho. Agradeço também a minha instituição por ter me dado a chance e todas as ferramentas que me permitiram chegar até o final deste ciclo de maneira satisfatória.

Fico grato a todos os amigos que cultivei nesses anos de faculdade, amigos de repúblicas, amigos de classe, amigos de festas. Vocês fizeram a minha passagem por este lugar mais feliz e agradável. A todos da extinta República Havaianas, Samyr Queiroz, Léo Barroso, Victor Malverdi, Renato Ferreira e Ranel de Oliveira que me receberam neste lugar e ajudaram na adaptação de uma nova vida. Ao amigo Hudson Costa pelo auxílio nos momentos de dificuldade na realização deste trabalho. Agradeço a todos da Família Vira-latas em especial aos meus amigos Rodrigo Fraga e César Filho que hoje são irmãos para mim.

Por fim, só tenho a agradecer a todas as pessoas que acreditaram em mim e que de alguma forma contribuíram para a realização desse sonho.

RESUMO

A Pedra da Cava Roxa está localizada no Município de Jerônimo Monteiro, região Sul do Espírito Santo, possui aproximadamente 600 m de altura e se destaca na paisagem da cidade pela beleza de suas formas e toda a biodiversidade que a cerca. O Município se situa na Região Turística do Caparaó que possui grande potencial turístico devido as suas características ambientais e culturais. Diante disto, agentes públicos se articulam em prol de criação de uma unidade conservação no local, com o intuito de preservar seus recursos naturais e movimentar a economia do município. Assim sendo, este trabalho tem por objetivo a criação de um mapa de adequabilidade à conservação da Pedra da Cava Roxa utilizando técnicas de geoprocessamento, visando arcabouçar os órgãos governamentais responsáveis com estudos relevantes acerca da área. Para realização deste trabalho foram utilizados levantamentos em campo para obtenção das trilhas utilizando Sistema Global de Posicionamento (GPS) e levantamento aéreo para aquisição de ortofoto através de Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT), que serviram de base para geração dos mapas de fatores. Na normalização dos mapas de fatores utilizou-se a lógica *fuzzy*, posteriormente, foram submetidos a análise multicritério pelo método AHP – (Processo Analítico Hierárquico) para geração do mapa final. Os resultados obtidos revelaram que o método de análise multicritério combinado com dados relevantes obtidos através de estudo de campo são de grande importância e possuem grande potencialidade no processo de avaliação e seleção de áreas passíveis à conservação, facilitando a tomada de decisão pelos órgãos responsáveis.

Palavras-chave: Sistema de Informação Geográfica (SIG), Lógica *fuzzy*, Análise multicritério, Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT), Zoneamento.

ABSTRACT

The Cava Roxa Stone is located in the municipality of Jerônimo Monteiro, southern region of Espírito Santo. The stone is approximately 600m high and stands out in the landscape of the city for the beauty of its forms and all the biodiversity that surrounds it. The Municipality is located in the Tourist Region of Caparaó that has great tourist potential due to its environmental and cultural characteristics. Faced with this, public agents are already articulated in a possibility of creating a conservation unit in place with the intention of preserving their natural resources and moving the economy of the municipality. Therefore, this work aims to create a map of suitability for the conservation of Cava Roxa Stone using geoprocessing techniques, aiming to frame the responsible government agencies with relevant studies of the area. In order to carry out this work, field surveys were used to obtain the trails using Global Positioning System (GPS) and aerial survey for the acquisition of orthophotos by Unmanned Aerial Vehicle (UAV), which served as the basis for generation of factor maps. In the normalization of the factor maps, fuzzy logic was used, later, they were submitted to a multicriteria analysis by the AHP - (Hierarchical Analytical Process) method to generate the final map. The results obtained revealed that the multicriteria analysis method combined with relevant data obtained through field study are of great importance and have great potential in the process of evaluation and selection of areas subject to conservation, facilitating decision making by the responsible bodies

Keywords: Geographic Information System (GIS), Fuzzy Logic, Multicriteria Analysis, Unmanned Aerial Vehicle (UAV), Zoning.

SUMÁRIO

1	Introdução	11
1.1	O problema e sua importância	13
1.2	Objetivos	14
1.2.1	Objetivo geral.....	14
1.2.2	Objetivos específicos.....	15
2	Revisão Bibliográfica	16
2.1	Ecoturismo e Conservação	16
2.2	Geoprocessamento	18
2.3	Uso de VANT na aquisição de imagens.....	20
2.4	Lógica <i>Fuzzy</i>	22
2.5	Análise multicritério e o Método do Processo Analítico Hierárquico (AHP).....	25
3	Metodologia	27
3.1	Caracterização da área	27
3.2	Material	28
3.3	Métodos	29
3.3.1	Justificando a normalização dos fatores.....	31
3.3.2	Avaliação de pesos para os fatores.....	34
4	Resultados e Discussões	35
5	Conclusão	47
6	Referências bibliográficas	48

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de localização do Município de Jerônimo Monteiro, ES	13
Figura 2. Localização da área de estudo representada por ortofoto obtida através de VANT	28
Figura 3. Fluxograma de toda metodologia aplicada neste trabalho.....	30
Figura 4. Função de pertinência sigmoidal decrescente.....	33
Figura 5. Função de pertinência sigmoidal crescente.....	33
Figura 6. Mapa de uso do solo, elaborado através de fotointerpretação.....	35
Figura 7. Mapa da trilha, com distância máxima de 20 m demarcada através da ferramenta "Euclidean distance".....	36
Figura 8. Mapa de declividade, obtido através da ferramenta "slope" do software ArcGis 10.5.....	37
Figura 9. Fator uso do solo, reclassificado através da ferramenta "reclass" do software ArcGis 10.5.....	39
Figura 10. Fator declividade normalizado através da função <i>fuzzy</i> de pertinência sigmoidal crescente.....	40
Figura 11. Fator trilhas, obtido através da função <i>fuzzy</i> de pertinência sigmoidal decrescente.....	41
Figura 12. Mapa final da análise multicritério, indicando as áreas mais aptas à conservação.....	45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Principais motivações de viagens a lazer de turistas internacionais no Brasil	17
Tabela 2. Propriedades das operações básicas entre conjuntos <i>fuzzy</i>	23
Tabela 3. Normalização das classes de uso do solo	32
Tabela 4. Matriz de comparação par-a-para entre os fatores	34
Tabela 5. Resultado dos pesos calculados para cada fator	34

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Escala fundamental de Saaty: Valoração das análises paritárias entre critérios e subcritérios	26
---	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AHP – *Analytic Hierarchy Process* (Processo de Hierarquia Analítica)

ABA – Agência Brasileira de Aerodelismo

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

FIPE – Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas

GPS – Global Position System (Sistema de Posicionamento Global)

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas

OMT – Organização Mundial do Turismo

SIG – Sistema de Informação Geográfica

SNUC – Sistema Nacional de Unidades de Conservação

UC – Unidade de Conservação

VANT – Veículo aéreo não tripulado

WTO – *World Tourism Organization* (Organização Mundial do Turismo)

1 Introdução

A Pedra da Cava Roxa é um monólito rochoso que possui uma área total de aproximadamente 43,1 ha, está localizada no Município de Jerônimo Monteiro, pertencente à região Sul do Estado do Espírito Santo.

A Pedra possui aproximadamente 600 m de altura e atrai a atenção pela sua forma de baleia e beleza cênica, destacando-se na paisagem da cidade. Do topo tem-se uma visão panorâmica do município e da região ao entorno. A vegetação é composta por fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual do Bioma Mata Atlântica, e o braço direito do Rio Itapemirim localiza-se a aproximadamente 1,5 km da base da Pedra, contribuindo com a biodiversidade do local.

Tendo em vista todos os aspectos naturais do entorno da Pedra da Cava Roxa, vê-se um grande potencial para a elaboração de projetos de conservação dos recursos naturais visando um possível planejamento de criação de uma unidade conservação (UC) no local e aliar a prática de atividades relacionadas ao ecoturismo, como trekking, rapel, observação de fauna e flora, das formações geológicas, astronômica, entre outras.

A Mata Atlântica é a segunda maior floresta pluvial tropical do continente americano, que originalmente estendia-se de forma contínua ao longo da costa brasileira, penetrando até o leste do Paraguai e nordeste da Argentina em sua porção sul. No passado cobria mais de 1,5 milhões de km² – com 92% desta área no Brasil (Fundação SOS Mata Atlântica; INPE, 2001).

Trata-se de um dos 25 *hot spots*¹ mundiais de biodiversidade e embora tenha sido em grande parte destruída, ainda abriga mais de 8.000 espécies endêmicas de plantas vasculares, anfíbios, répteis, aves e mamíferos (MYERS et al., 2000).

Uma das principais ferramentas para promover a conservação no Brasil, é a criação de Unidades de Conservação (UC), estratégia extremamente eficaz para a manutenção dos recursos naturais em longo prazo. As UC são regidas pelo

¹ São áreas com grande biodiversidade, ricas principalmente em espécies endêmicas e que apresentam um alto grau de ameaça (MYERS, 1988).

Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), Lei nº 9.985, promulgada em 18 de julho de 2000 (BRASIL, 2000).

Pires (1998) citado por Silva e Santos (2010), resgata as primeiras ligações entre o ecoturismo e áreas protegidas. Segundo os autores supracitados, as primeiras agitações ocorreram em torno da inserção de programas de visitação e uso público das unidades, dentro do plano de manejo, sendo em 1978, elaborado o primeiro Plano de Manejo do Brasil para o Parque Nacional de Sete Cidades, no Piauí, onde se incluíam propostas de programa de uso público para a área.

Segundo Lima (2003), o ecoturismo em áreas naturais protegidas é visto como veículo para financiar a conservação da natureza, promover o desenvolvimento de economias deprimidas e beneficiar comunidades locais, por outro lado, está intimamente relacionado com o consumo e venda da paisagem.

Em estudos realizados pela Organização Mundial do Turismo (*World Tourism Organization – WTO*) citado por Medeiros (2006), ressalta-se que o Ecoturismo tem um crescimento de mercado de 20% ao ano, favorecendo países que são ricos em reservas naturais como exemplos da África e América Latina.

O Brasil por conter a maior biodiversidade do mundo e ser um país de grande território que abrange diversos climas e geomorfologias, possui um amplo mercado a ser desenvolvido na área de ecoturismo.

De acordo com Brasil (2010a), no Estudo da Demanda Turística Internacional 2004-2008, realizado pelo Ministério do Turismo, dentre os entrevistados que vieram ao país a lazer, 22% tem na natureza, no Ecoturismo ou na aventura a principal motivação de sua viagem.

Em contrapartida, o Ecoturismo sem planejamento e sem uma gestão adequada podem agravar os impactos negativos a todas as entidades envolvidas, resultando assim no adensamento dos problemas socioambientais.

Sendo assim, este trabalho tem por objetivo a criação de um mapa de adequabilidade à conservação da Pedra da Cava Roxa, visando o aproveitamento da área em uma possível criação de uma unidade conservação e beneficiamento ecoturístico, aplicando técnicas de geoprocessamento, análise espacial e lógica *fuzzy*

1.1 O problema e sua importância

O Município de Jerônimo Monteiro, segundo dados do IBGE (2010, 2017a), possui uma população estimada de 12.036 habitantes, um Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) igual a 0,698 e apenas 20,1% de suas receitas são oriundas de fontes internas, com a maior parte provenientes da agricultura e serviços.

O município está inserido na Região Turística do Caparaó (Figura 1), formada por onze municípios no entorno do Parque Nacional do Caparaó. A região, devido ao relevo montanhoso mesclado com fragmentos da Mata Atlântica é ideal para a prática do ecoturismo, do turismo de aventura e do agroturismo. Segundo pesquisa de Brasil (2017), realizada pelo Ministério do Turismo, a procura dessas práticas de turismo no Brasil subiu de 12,8% em 2014, para 15,7% em 2015.

Mapa de localização do Município de Jerônimo Monteiro, ES.

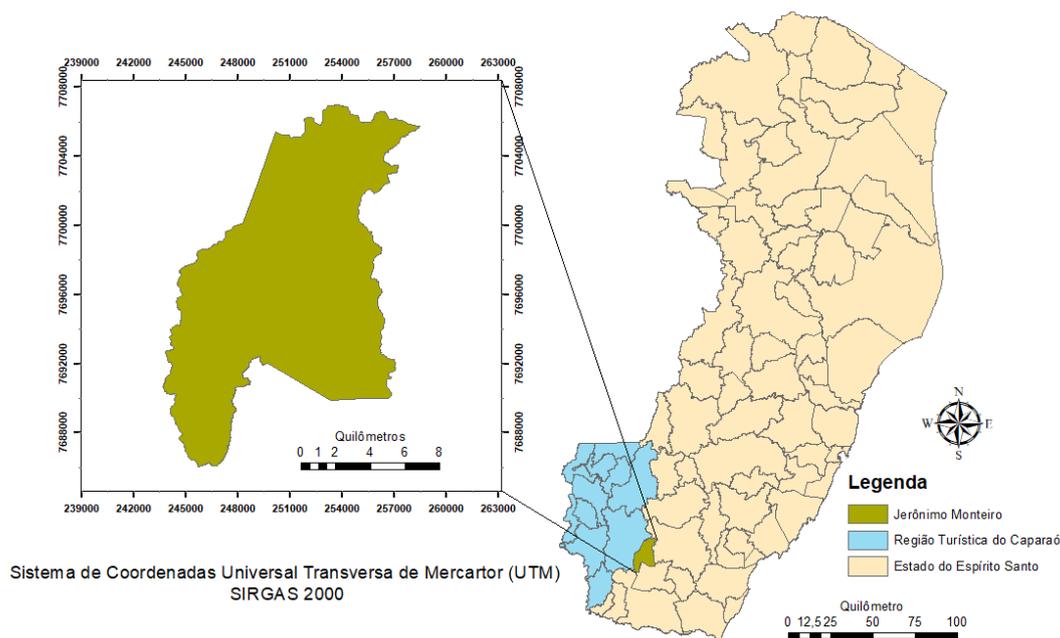


Figura 1. Mapa de localização do Município de Jerônimo Monteiro, ES.

Fonte: O autor

À procura de uma alternativa de renda para cidades de baixa arrecadação, a criação de áreas de conservação aliadas ao ecoturismo e atividades

relacionadas, tornam-se cada vez mais viáveis por não possuir a necessidade de altos investimentos para sua estruturação, valoriza a cultura local, dinamiza o comércio interno e contribui com a preservação ambiental.

De acordo com INCAPER (2018), o município conta hoje com o projeto Turismo e Comunidades: elos para o desenvolvimento sustentável de Jerônimo Monteiro, que tem por objetivo a introdução e o desenvolvimento, junto com a população local, do turismo de aventura e rural, bem como do ecoturismo de base comunitária em Jerônimo Monteiro, Oriente e Burarama, como alternativas de ampliação da base econômica, valorização cultural e preservação/proteção do patrimônio natural, ecológico e paisagístico.

A Região está incorporada no Projeto Corredores Ecológicos do Estado do Espírito Santo, onde o corredor “Burarama-Pacotuba-Canfundó” contribui com uma área de preservação de 7.800 hectares e se fazem inseridos duas Unidades de Conservação, a Floresta Nacional de Pacotuba (Flona Pacotuba) e a Reserva Particular do Patrimônio Natural Cafundó (RPPN Cafundó), além do Distrito Burarama devido ao seu valor paisagístico, remanescentes florestais e importância hídrica, já que o distrito protege nascentes de córregos e ribeirões que cortam as duas unidades de conservação (ICMBIO, 2011).

Nesse contexto, o geoprocessamento é uma excelente ferramenta aliada ao planejamento, ordenação e monitoramento do espaço e vem sendo cada dia mais utilizado em estudos ambientais como: Mapeamento temático, Diagnóstico Ambiental, Avaliação de Impacto Ambiental e Ordenamento Territorial.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

Criação de um mapa de adequabilidade à conservação da Pedra da Cava Roxa, visando o aproveitamento da área em uma possível criação de uma unidade conservação e beneficiamento ecoturístico, aplicando técnicas de geoprocessamento, análise espacial e lógica *fuzzy*.

1.2.2 Objetivos específicos

Para cumprimento do objetivo geral, os seguintes objetivos específicos se farão necessários:

- Levantamento da área com VANT;
- Levantamento das trilhas com GPS;
- Elaboração dos mapas de uso do solo, declividade e trilhas;
- Padronização dos fatores uso de solo, declividade e trilhas;
- Cálculo dos pesos referentes aos fatores;
- Elaboração do mapa final de adequabilidade.

2 Revisão Bibliográfica

2.1 Ecoturismo e Conservação

A palavra Ecoturismo é um neologismo utilizado pela primeira vez por Hector Ceballos na década de 80 e formou-se a partir do prefixo “eco” de origem grega “oikos”, que significa “casa” e a palavra “turismo” de origem francesa, que se relaciona com o sentimento de prazer (MEDEIROS, 2006).

De acordo com Brasil (1994), nas Diretrizes para uma Política Nacional de Ecoturismo, este é conceituado como:

“um segmento da atividade turística que utiliza, de forma sustentável, o patrimônio natural e cultural, incentiva sua conservação e busca a formação de uma consciência ambientalista através da interpretação do ambiente, promovendo o bem-estar das populações envolvidas” (BRASIL, 1994).

A partir disso, podemos compreender que o Ecoturismo surgiu como um meio de alcançar o desenvolvimento sustentável das regiões que ainda apresentam importantes conjuntos naturais, de grande valor ecológico e paisagístico e como estratégia de conservação de culturas tradicionais. Portanto, Ecoturismo não contém um fim em si, não existe para desenvolver-se a si mesmo, mas sim para possibilitar a inserção destas regiões que, comumente, foram afastadas do desenvolvimento regional (NEIMAN; MENDONÇA, 2000).

O Ecoturismo surgiu entre os anos de 1960 e 1970, quando os grandes temas ambientais já estavam suficientemente definidos pelas instituições de pesquisas e por personalidades do mundo científico, onde havia grande mobilização em defesa do meio ambiente, de proteção dos ecossistemas naturais e dos processos ecológicos do planeta. A partir do ano de 1980, os formadores das primeiras entidades (organizações ambientais) passaram a promover a expansão do ecoturismo e a utilizá-lo como alternativa de instrumentalização de suas ações voltadas para a proteção dos recursos naturais e dos processos ecológicos do planeta (GAGLIARDO, 2003).

Segundo Sedevitiz et al. (2003) o Ecoturismo hoje, na indústria do Turismo e Viagens, é o segmento que apresenta o maior crescimento, resultando num incremento contínuo de ofertas e demandas por destinos turísticos.

Portanto, configura-se no momento como uma importante alternativa de desenvolvimento econômico sustentável, utilizando racionalmente os recursos naturais sem comprometer a sua capacidade de renovação e a sua conservação (BRASIL, 1994).

Para Brasil (2018), no Estudo da Demanda Turística Internacional no Brasil 2017, realizada pelo Ministério do Turismo em parceria com a Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas (FIPE), o Ecoturismo representa uma grande parcela no que tange a principal motivação de viagens a lazer por turistas internacionais, como apresentado na Tabela 1.

Tabela 1. Principais motivações de viagens a lazer de turistas internacionais no Brasil.

Principal motivação de viagens a lazer	Ano (%)				
	2013	2014	2015	2016	2017
Sol e Praia	65,9	49,2	69,4	68,8	72,4
Natureza, ecoturismo ou aventura	19,0	12,8	15,7	16,6	16,3
Cultura	11,4	10,3	12,1	9,7	9,0
Esportes	1,8	1,7	1,5	1,3	1,5
Diversão noturna	0,9	0,4	0,6	0,6	0,5
Viagens de incentivo	0,3	0,2	0,2	0,1	0,1
Outros	0,7	25,4	0,5	3,0	0,0
Lazer relacionado a grandes eventos	-	25,0	-	2,8	-
Outras motivações de lazer	0,7	0,4	0,5	0,2	0,2
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Fonte: Adaptado de Brasil (2018)

Segundo dados da Pesquisa Mensal de Serviços (IBGE, 2017b), em levantamento realizado em 12 estados brasileiros, o Espírito Santo foi o único a crescer em atividades turísticas entre julho e agosto de 2017, com um crescimento de 1,2%. A pesquisa mostra também um crescimento de 11% se comparado ao mesmo período de 2016.

Portanto, para que ocorra o desenvolvimento do Ecoturismo, Pires (1998) identifica vários setores da sociedade como: *trade* turístico, órgãos governamentais, Organizações não governamentais (ONG's), a população residente nos locais de destino, o público turista e o meio acadêmico, como agentes fundamentais no planejamento e execução dos projetos ecoturísticos na região.

De acordo com Brasil (2010b), para viabilização do Ecoturismo em uma determinada região deve-se iniciar pelo inventário, análise dos recursos naturais e suas potencialidades como atrativo turístico para a estruturação do destino, com participação da comunidade local, mecanismos de promoção e comercialização da natureza. Essas informações revelam a importância do uso de estudos e pesquisas para o correto planejamento de ações que valorizem o meio natural e contribuam para o desenvolvimento sustentável das regiões e o fortalecimento do Ecoturismo.

2.2 Geoprocessamento

Desde as primeiras civilizações, a coleta e armazenamento de informações sobre a distribuição geográfica de recursos minerais, propriedades, animais e plantas sempre foram realizadas de maneira rudimentar. Até meados da década de 90, todo esse estudo era feito apenas com documentos e mapas em papel, sendo de extrema dificuldade as análises que combinassem diversos mapas e dados. Com o recente crescimento do advento da tecnologia de informática, tornou-se possível armazenar e analisar tais dados em ambiente computacional, nascendo assim, o geoprocessamento (CÂMARA et al., 2004).

Entende-se por geoprocessamento o conjunto de técnicas que possibilitam a inclusão de inteligência geográfica aos processos de determinada instituição (UCHOA, 2017).

Dentro do ambiente computacional, as características de uma determinada área, podem ser analisadas e manipuladas com diversas técnicas. A digitalização de dados reais possibilita a geração de mapas observacionais e o conjunto destes, depois de manipulados, viabilizam os mapas analíticos. Estes podem ser processados utilizando operações algébricas cumulativas, como adição, multiplicação e subtração ou através de modelos lógicos, como simultaneidade booleana, possibilidade *fuzzy* e probabilidade bayesiana, onde seus produtos são chamados de mapas fundidos e mapas integrados, respectivamente (SILVA, 2003).

Analogamente, Valeriano e Carvalho Júnior (2003) descrevem o geoprocessamento como o conjunto de ferramentas que de forma sistemática gerencia dados espaciais, com o objetivo de gerar informações geográficas através de recursos computacionais, entre eles os SIG, que organizam e manipulam as informações pela localização onde ocorrem.

Aragão et al. (2015) aplicaram o geoprocessamento na seleção de áreas para a implantação de Parques Urbanos na Bacia do Rio Verde/PR e encontraram resultados satisfatórios na demarcação das regiões mais aptas a tal uso, ainda analisaram os fatores em dois diferentes modelos, sob a perspectiva da lógica booleana e lógica *fuzzy*, ressaltando resultados mais relevantes quando utilizado modelo da lógica *fuzzy*.

Já Dalmas et al. (2011) utilizaram técnicas de geoprocessamento bem semelhantes às utilizada neste trabalho, análise multicritério em dois módulos, a Combinação Linear Ponderada (*Weighted Linear Combination - WLC*) e a Média Ponderada Ordenada (*Ordered Weighted Average - OWA*) para identificar possíveis áreas aptas a construção de aterros sanitários na Bacia Hidrográfica do Rio Ribeira de Iguapé e Litoral Sul e obtiveram resultados que mostraram a importância do geoprocessamento como ferramenta de busca por áreas qualificadas à implantação de aterros. Os autores ainda ressaltaram que tal

ferramenta pode ser bem aplicada a qualquer tipo de projeto de planejamento físico-territorial.

Oliveira et al. (2008) usaram geoprocessamento como ferramenta para licenciamento ambiental de postos de gasolina localizados no Município de Campo Grande – MS em apoio as tomadas de decisões no gerenciamento e monitoramento da qualidade ambiental dos mesmos. Os resultados encontrados foram satisfatórios, quanto ao beneficiamento da utilização do geoprocessamento devido a sua versatilidade e fácil manipulação dos dados, verificando que áreas no centro de Campo Grande já não suportam a instalação de novos postos de combustível.

A utilização de técnicas de geoprocessamento se torna eficaz, uma vez que através de informações espaciais, geram técnicas que possibilitam a atualização e permitem trabalhar o mais próximo possível da realidade. As técnicas de geoprocessamento são multidisciplinares, proporcionando fácil compreensão da formação e estrutura do espaço de forma interdisciplinar (CAIXETA; BRITO 2011; BAHR; CARVALHO, 2012).

2.3 Uso de VANT na aquisição de imagens

De acordo com Jorge e Inamasu (2014) o termo “VANT” (Veículo Aéreo Não Tripulado) é mundialmente conhecido e engloba uma série de aeronaves que são autônomas, semiautônomas ou remotamente operadas. A definição para VANT de acordo com a Associação Brasileira de Aeromodelismo (ABA) é “um veículo capaz de voar na atmosfera, fora do efeito de solo, que foi projetado ou modificado para não receber um piloto humano e que é operado por controle remoto ou autônomo”.

Inicialmente, os VANT foram desenvolvidos para uso e fins militares e hoje em dia devido a sua gama de atributos vantajosos, como a capacidade de percorrer grandes distâncias com segurança, tempo reduzido e menor custo, se compararmos, como exemplo, ao uso de um helicóptero tripulado ou a obtenção de imagens de satélite, além de ser possível a captura de imagens em dias de céu encoberto por nuvens. (DA SILVA et al., 2015)

Com baixo custo de aquisição de dados e alta resolução espacial quando comparados a uma aeronave tripulada ou satélite para os mesmos fins, o uso de VANT vem sendo largamente adotado nos estudos de sensoriamento remoto (JENSEN, 2009).

Souza (2015) cita como exemplo, a obtenção de imagens aéreas na geração de mapas temáticos e topográficos, apresentado por AHMAD et al. (2013), utilizando o modelo *CropCam*, produzido no Canadá; o VANT é autoguiado por GPS e as imagens digitais são obtidas a partir de uma câmera de alta resolução, mostrando-se adequado para cobertura de áreas pequenas, possibilitando o mapeamento de algumas situações, como o deslizamento de terras, erosão costeira, desmatamento ou mesmo para geração de imagens para outras utilizações em SIG.

O mesmo autor supracitado também cita, em trabalho realizado por FELIZARDO et al. (2013a, 2013b) a utilização de VANT com o objetivo de coletar e analisar imagens aéreas digitais, detectando alterações não autorizadas na terra, como por exemplo, desmatamento.

De acordo com Silva et al. (2015) o interesse no uso de VANT no Brasil tem se intensificado em diversas aplicações nos últimos anos. Ainda segundo o autor, o número de usuários atraídos por essa tecnologia aumenta exponencialmente a cada dia, e esses usuários estão em diversos campos de atividade, seja privado, governamental, militar ou até mesmo científico.

Chaves et al. (2015) como exemplo, utilizaram VANT para aquisição de imagens e as processou com fins de quantificar áreas de solo de alta e de baixa biomassa e alcançou resultados positivos nas estimativas dos tamanhos dessas áreas.

Já Braz et al. (2015) aplicaram VANT na atualização de cadastro florestal no Município de Três Lagoas/MS e concluíram que o uso de VANT demonstra um grande potencial para o determinado fim, ressaltando a economia no custo de aplicação e o tempo de trabalho nos levantamentos.

Segundo Da Silva et al. (2015) a EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária), tem investido no desenvolvimento de plataformas capazes de operar nas diversas condições em áreas agrícolas, desenvolvendo *softwares* de

sistema de captura de imagens adequadas para diferentes aplicações, bem como nos projetos de aeronaves para aplicações agrícolas.

2.4 Lógica Fuzzy

De acordo com Marro et al. (2000) o termo *fuzzy* traduzido do inglês possui alguns significados como difuso, vago e impreciso e foi introduzido no meio científico em 1965 por Lofti Asker Zadeh, professor de Ciências da Computação da Universidade da Califórnia, por meio da publicação do artigo *Fuzzy Sets* no *Jornal Information and Control*, onde ficou marcado a origem da Lógica Fuzzy.

Diferente da Lógica Clássica ou Booleana, que possui os estados verdadeiro ou falso, a lógica *fuzzy* trata de valores verdade que variam continuamente de 0 a 1, ou de 0 a 255, sendo ambas as escalas particionadas em 256 partes. Dessa forma um fato pode ser meio verdade 0,5, quase verdade 0,9 ou quase falso 0,1. O uso da lógica *fuzzy* em sistemas de raciocínio traz impacto não somente na máquina de inferência, mas também na representação do conhecimento. A lógica *fuzzy* permite expressar conhecimento em um formato de regra que é bastante parecido com linguagem natural (SILVA, 2005).

Ortega (2001) aponta que para obtermos os conjuntos *fuzzy* e suas operações basta generalizarmos a função característica da lógica clássica para o intervalo $[0, 1]$, ou seja, $\mu_A(x): U \rightarrow [0, 1]$, o que implica em considerarmos um contínuo de valores de pertinência e não apenas pertence e não-pertence. O elemento x pertencerá ao subconjunto A com um grau de pertinência que é um valor no intervalo $[0, 1]$, ou seja, um conjunto *fuzzy* A em um conjunto universo U é um conjunto de pares ordenados de um elemento genérico x e seu grau de pertinência $\mu_A(x)$ da forma

$$A = \{(x, \mu_A(x)) | x \in U\}.$$

Em outras palavras, enquanto que a tomada de decisão na teoria clássica seria como a da expressão 1, a da Lógica Fuzzy seria como a da expressão 2, considerando um conjunto A e um elemento x com relação a esse conjunto (ORTEGA, 2001).

$$f(x) = \begin{cases} 1 & \text{se, e somente se, } x \in A \\ 0 & \text{se, e somente se, } x \notin A \end{cases} \quad (1)$$

$$\mu(x) = \begin{cases} 1 & \text{se, e somente se, } x \in A \\ 0 & \text{se, e somente se, } x \notin A \\ 0 \leq \mu(x) \leq 1 & \text{se } x \in \text{parcialmente a } A \end{cases} \quad (2)$$

Dessa forma, a Lógica *Fuzzy* pode ser considerada como um conjunto de princípios matemáticos para a representação do conhecimento baseado no grau de pertinência dos termos (graus de verdade). Como pode ser observado na expressão 2, o intervalo de pertinência é $[0,1]$, onde 0 significa que um elemento não pertence a um determinado conjunto, 1 significa completa pertinência ao conjunto, e valores entre 0 e 1 representam graus parciais de pertinências (ORTEGA, 2001).

Na Tabela 2 são apresentadas as propriedades das operações básicas utilizadas entre conjuntos *fuzzy*.

Tabela 2. Propriedades das operações básicas entre conjuntos *fuzzy*.

Idempotência	$A \cup A = A$	$A \cap A = A$
Absorção	$A \cup (A \cap B) = A$	$A \cap (A \cup B) = A$
Comutatividade	$A \cup B = B \cup A$	$A \cap B = B \cap A$
Associatividade	$(A \cup B) \cup C = A \cup (B \cup C)$	$(A \cap B) \cap C = A \cap (B \cap C)$
Distributividade	$A \cap (B \cup C) = (A \cap B) \cup (A \cap C)$	$A \cup (B \cap C) = (A \cup B) \cap (A \cup C)$

Fonte: Adaptado de Santos (2008)

Assim, através da teoria *fuzzy* é possível modelar diversas situações em que os dados envolvidos têm certo grau de incerteza ou imprecisão, ou a classificação de seus atributos não se resume em sim ou não, porém existe a possibilidade de: mais ou menos; talvez; um pouco mais; um pouco menos (SOUZA, 2008).

Silva e Lima (2009) parafraseando Bönisch et al. (2004) disseram que a lógica *fuzzy* tem por objetivo modelar, de modo aproximado, o raciocínio humano, visando manipular informações em um ambiente de incerteza e imprecisão, fornecendo uma resposta aproximada para uma questão baseada em um conhecimento inexato, incompleto ou não totalmente confiável. Um elemento pode pertencer, com certo grau, denominado grau de pertinência a um determinado conjunto *fuzzy*.

De acordo com Wagner e Cechin (2003), a lógica difusa é uma ferramenta capaz de capturar informações vagas, em geral, descritas em linguagem natural e convertê-las para um formato numérico, de fácil manipulação.

Tal lógica tem atraído diversos pesquisadores da área e diversos profissionais de tecnologia da informação, pelo fato dela tornar geralmente mais simples as soluções dos diversos problemas complexos existentes atualmente.

Marro et al. (2000) apresentaram uma lista de domínios nos quais a lógica *fuzzy* tem se aplicado:

- Sistemas especialistas;
- Sistemas multiagentes;
- Reconhecimento de padrões;
- Robótica;
- Sistemas de controle inteligentes;
- Sistemas de apoio à tomada de decisão;
- Algoritmos genéticos;
- *Data mining*.

Vargens et al. (2003) empregaram a lógica *fuzzy* como ferramenta de apoio à tomada de decisões, propondo um método de previsão da produção de cacau afim de fornecer a fazendeiros, meios razoavelmente precisos e de baixo custo para prever variações na produção.

Silva e Lima (2009) aplicaram a Lógica *fuzzy* no mapeamento de variáveis indicadoras de fertilidade do solo utilizando os fatores soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions (CTC) e saturação de bases (%V), em área cultivada de café no Município de Reduto/MG e concluíram que a Lógica *fuzzy* permitiu visualizar mudanças gradativas nas classes de fertilidade do solo, indicando que área de estudo, com base nos atributos avaliados, apresenta baixa possibilidade de desenvolvimento e rendimento da cultura devido à baixa disponibilidade dos mesmos.

Oliveira et al. (2014a) utilizaram a técnica Lógica *Fuzzy* como apoio ao zoneamento no Parque Estadual da Cachoeira da Fumaça (ES), para fins de conservação com o intuito de arcabouçar os gestores da unidade com uma

ferramenta para tomada de decisões relacionadas à alocação de áreas propícias à conservação e apresentaram resultados satisfatórios na geração de mapas temáticos que facilitaram a ponderação dos fatores considerados importantes para o zoneamento, indicando áreas com maior vulnerabilidade à degradação.

Nesse contexto, com todos os atributos supracitados, a Lógica *Fuzzy* tem se mostrado uma importante ferramenta no apoio a tomada de decisões em problemas que exigem um grau mais elevado de complexidade, tornando sua elucidação de forma rápida e com baixo valor agregado.

2.5 Análise multicritério e o Método do Processo Analítico Hierárquico (AHP)

No processo de tomada de decisão em SIG, um dos métodos mais importantes é a análise multicritério. Neste método, são possíveis duas técnicas: a) a análise booleana, onde todos os critérios são combinados com a utilização de operadores lógicos de interseção e união (AND e OR, respectivamente), gerando um resultado e/ou mapa booleano; b) a técnica de combinação ponderada, onde todos os critérios são normalizados de acordo com uma escala e agregados a partir de conjuntos de pesos (CHEN; ZHU, 2010 citado por SANTOS et al., 2012).

Eastman et al. (1995), definem “decisão”, na análise multicritério, como escolha de alternativas que podem representar diferentes ações, localizações, planos, hipóteses. “Critério” representa uma condição que pode ser quantificada ou avaliada. Os critérios podem ser: restrições ou fatores. Uma restrição é um critério que limita as alternativas em consideração na análise. Um fator é um critério que acentua ou diminui a aptidão de uma determinada alternativa para o objetivo em causa.

Neste contexto, podemos citar alguns exemplos de aplicações dessa técnica em estudos relacionados ao planejamento e gestão ambiental como: definição de áreas mais adequadas para instalação de empreendimentos; análise de risco ambiental; planejamento de uso das terras e análise de sensibilidade ambiental.

Saaty (1977 citado por MORETTI et al., 2008) propôs a utilização da técnica de Processo Analítico Hierárquico (*Analytic Hierarchy Process* – AHP) no auxílio da

decisão de quais fatores são mais importantes dentro de determinado empreendimento, visto sua relativa simplicidade de aplicação e entendimento. Considerando que o decisor deverá executar a análise paritária entre os critérios e entre os subcritérios, a ferramenta utiliza-se da Escala Fundamental de Saaty (Quadro 1), apresentando as opções para esta comparação, que correlacionam valores de acordo com o entendimento do operador.

Quadro 1. Escala fundamental de Saaty: Valoração das análises paritárias entre critérios e subcritérios.

Valor	Importância Relativa	Expressão Verbal
1	Igual importância	Os dois elementos contribuem igualmente para o objetivo.
3	Importância moderada	A experiência e o julgamento favorecem levemente um critério em relação ao outro.
5	Importância forte	A experiência e o julgamento favorecem fortemente um critério em relação ao outro.
7	Importância muito forte	Um critério é muito fortemente favorecido em relação ao outro.
9	Importância extrema	A evidência favorece um critério ao outro com maior grau de certeza.

Fonte: Adaptado de Moretti et al. (2008)

Segundo Raffo (2012) o AHP é uma metodologia matemática destinada a ponderar quantitativamente variáveis mediante a interação do pesquisador com o modelo matemático e fazer isso em forma de considerações qualitativas.

Pinese Júnior e Rodrigues (2012) complementam que o AHP é a criação de uma hierarquia de decisão, composta por níveis de importância que permitem uma visão global das relações inerentes ao processo, e para estabelecer a importância relativa de cada fator da hierarquia são elaboradas matrizes de comparação para cada nível, onde os resultados das matrizes são ponderados entre si.

Na atualidade o referido método está sendo utilizado nas áreas mais variadas incluindo administração pública, negócios, planejamento urbano e regional, gerenciamento de recursos hídricos, transporte e logística, gerenciamento de

recursos naturais e meio ambiente, alocação de recursos para saúde, planejamento de investimentos empresariais e sociais e também no apoio ao Análise Espacial (RAFFO, 2012).

As análises ambientais utilizando a técnica AHP têm se mostrado eficientes no tratamento e síntese de dados compatíveis com a realidade, quando combinadas com a Lógica *Fuzzy*, as incertezas relacionadas às análises são significativamente reduzidas (PINESE JÚNIOR; RODRIGUES, 2012).

Silva Júnior et al. (2015) utilizaram a abordagem *fuzzy* tendo como apoio à tomada de decisão, o AHP, na avaliação da qualidade ambiental das nascentes do Rio Bacanga/MA e obtiveram resultados importantes na prevenção de processos degradantes na bacia, que desta forma apontou os locais com risco de aparecimentos de processos erosivos ou de degradação dos recursos hídricos.

Já Bressane et al. (2015) aplicaram o AHP na construção de um Sistema *Fuzzy* de apoio ao planejamento futuro na recuperação de áreas degradadas e obtiveram resultados satisfatórios e que proporcionam uma referência adequada para que o tomador de decisão aceite ou rejeite a recomendação dada pelo sistema de apoio.

3 Metodologia

3.1 Caracterização da área

A Pedra da Cava Roxa (Figura 2), está localizada entre as coordenadas UTM E = 249085,36 m e 249826,37 m e N = 7702338,51 m e 7702492,65 m, e está localizada na Região Sul do Estado do Espírito Santo. A área total de estudo é de aproximadamente 100,4 hectares.

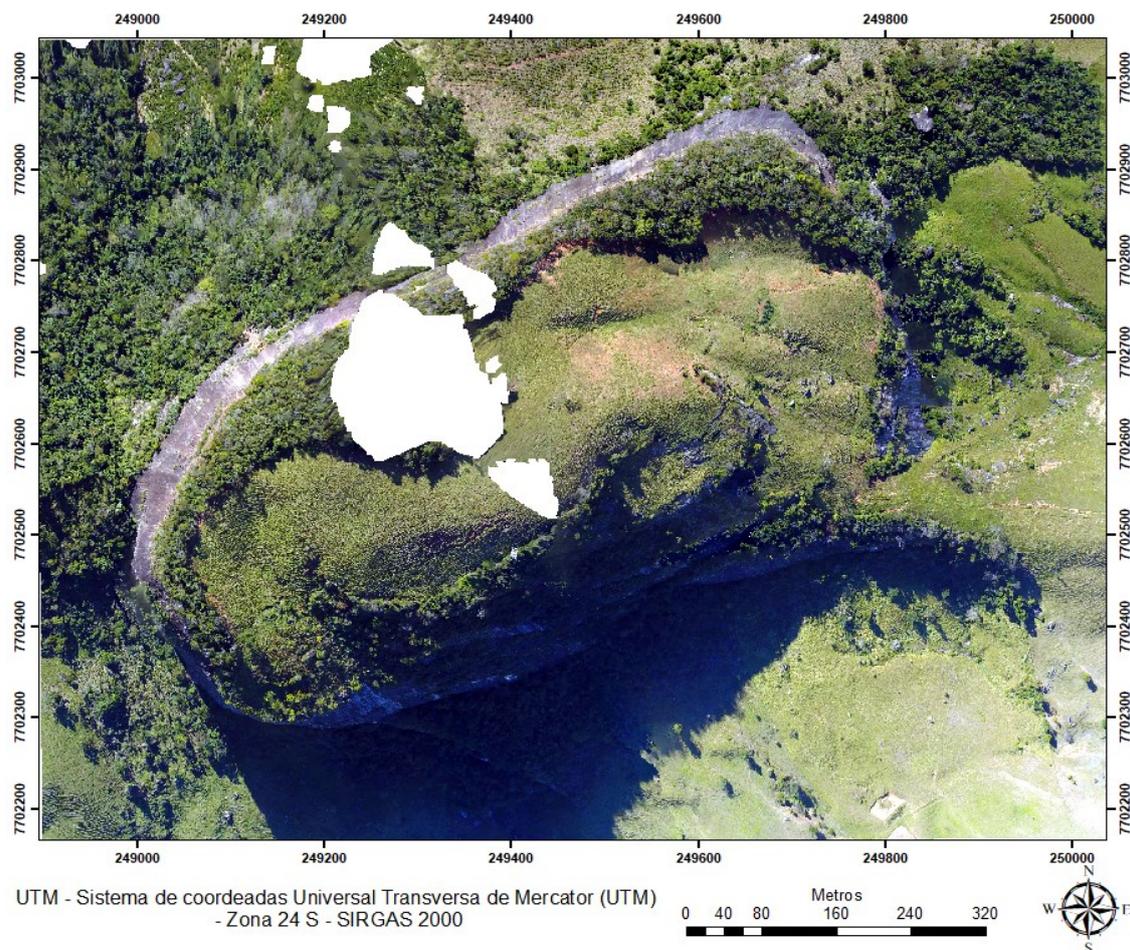


Figura 2. Localização da área de estudo representada por ortofoto obtida através de VANT.
Fonte: O autor

De acordo com a classificação de Köppen, o clima da região é classificado como Aw, ou seja, clima quente e úmido, com estação seca no outono-inverno, no qual a maior percentagem de chuvas cai no verão e o mês mais seco apresenta um total de 60 mm ou menos (ICMBIO, 2011).

3.2 Material

No presente trabalho foi utilizada a Ortofoto da Pedra da Cava Roxa, obtida através de VANT, modelo *DJI Phantom 4*, com qualidade 4K e resolução de 17318 x 12758 pixels. Também foi utilizado o mapa de curvas de nível em escala 1:50.000 disponibilizado pelo Geobases, com equidistâncias de 5m. O mapa de uso de solo foi gerado através da fotointerpretação da ortofoto. Para o mapa de trilhas foi realizada a coleta de dados em campo, utilizando o GPS Portátil Garmin, modelo *Etrex 10*.

Os *softwares* utilizados para a realização deste trabalho foram o *GPS Trackmaker* para a exportação das trilhas coletadas em campo e criação do *shapefile*, o *Agisoft Photoscan Professional* para processamento e mosaicagem das imagens e o software *ArcGis 10.5* para a fotointerpretação, geração do modelo digital de elevação, criação do mapa de declividade, normalização dos fatores, análise multicritério através do Processo Hierárquico Analítico e layout dos mapas.

3.3 Métodos

Na Figura 3 é apresentado um fluxograma com toda a metodologia aplicada neste trabalho.

Como metodologia utilizada neste trabalho empregou-se um levantamento *in loco* para coleta de dados das trilhas e sobrevoo com VANT para aquisição da ortofoto.

Durante o processamento da ortofoto, ocorreram algumas falhas que impossibilitaram a visualização de certas áreas da imagem, porém não dificultaram a identificação dessas áreas e tampouco a análise dos fatores e geração do mapa final.

A fotointerpretação propiciou a criação do mapa de uso dos solos com as classes Estádio Avançado de Sucessão Ecológica, Estádio Intermediário de Sucessão Ecológica, Estádio Inicial de Sucessão Ecológica, Pastagem, Solo exposto e Rocha exposta. O mapa de declividade foi obtido através da interpolação das curvas de níveis pela ferramenta “*slope*” para o cálculo da declividade e geração do mapa no *software* ArcGis 10.5.

Foi realizada a normalização dos mapas para a geração dos fatores utilizando a lógica *fuzzy*, através da aplicação de funções de pertinência com a finalidade de permitir a comparação entre eles.

Segundo Oliveira et al. (2012) os critérios utilizados podem ser restrição ou fatores, sendo que um fator é um critério que realça ou atenua a adequabilidade da alternativa específica, e define áreas ou alternativas em termos de uma

medida contínua de adequabilidade que varia de 0 a 255, definindo um grau de aptidão para o local. Já as restrições são limitadoras de alternativas.

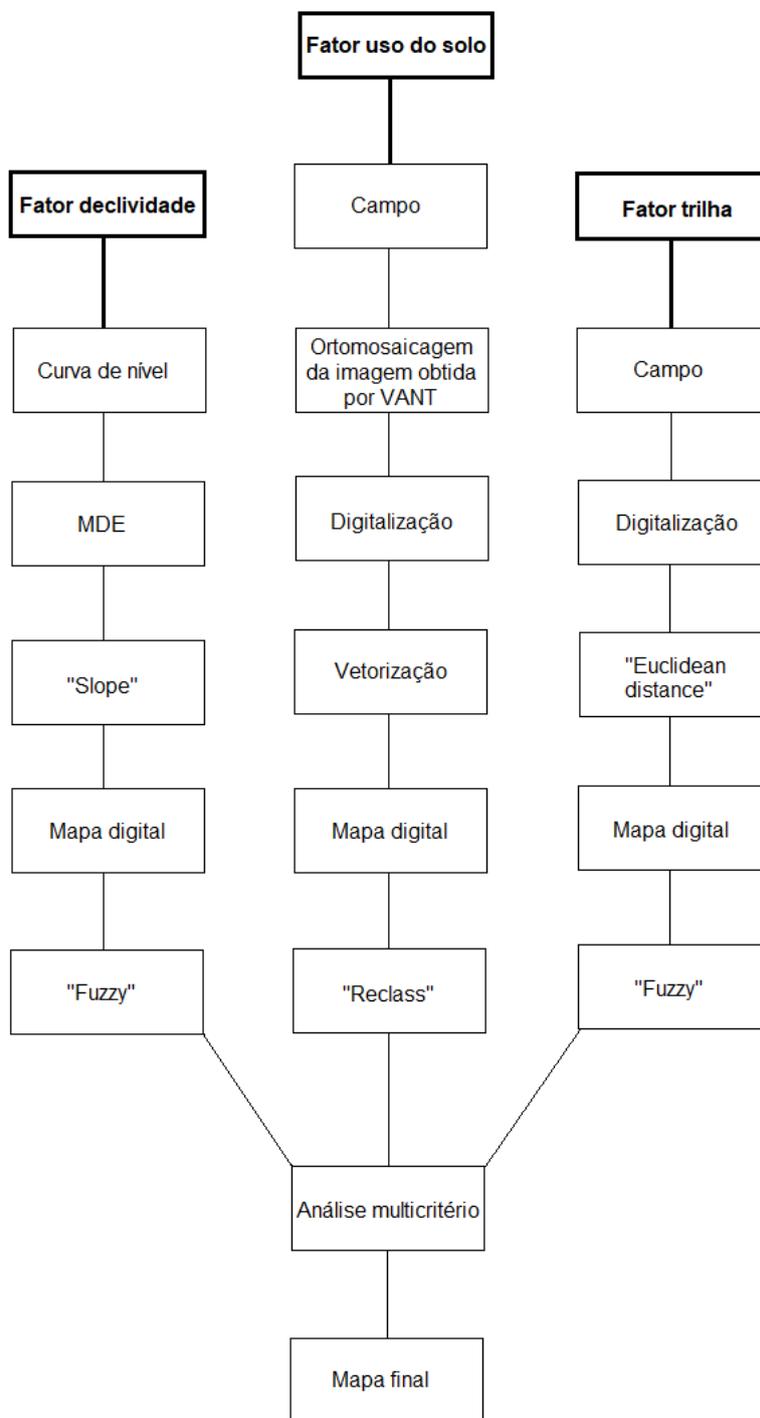


Figura 3. Fluxograma da metodologia de geração do Mapa de Adequabilidade à Conservação Ambiental na Pedra da Cava Roxa/ES aplicada a este trabalho.

Fonte: O autor

Essa escala de valores de adequabilidade é padronizada, geralmente adotando valores entre 0 e 255, conforme aptidão de um critério, onde 0 representa menor aptidão, e 255, maior aptidão (SANTOS et al., 2012).

Para estudo dos fatores foram utilizadas as funções de pertinência que dentro da análise *fuzzy* podem ser de nove tipos: linear, curva Z, pi, beta triangular, trapezoidal, gaussiana, cauchy e sigmoide, sendo a última mais utilizada nesse tipo de estudo, por se adaptar melhor aos dados de origem ambiental. Esse tipo de função sigmoide pode ser monotônica crescente, decrescente e simétrica (KOHAGURA, 2007).

Assim, foi utilizada a função de pertinência sigmoide dos conjuntos *fuzzy*, com seus valores variando de 0 a 255, onde, quanto mais próximos de zero indicam áreas consideradas menos frágeis e com menor potencial de conservação, enquanto os valores mais próximos de 255 indicam áreas mais vulneráveis a degradação e maior potencial de conservação.

O mapa final foi elaborado através da ferramenta de análise multicritério Processo Hierárquico Analítico - AHP (*Analytic Hierarchy Process*), para apoio de tomada de decisões em relação a medidas que promovam a conservação da Pedra da Cava Roxa.

3.3.1 Justificando a normalização dos fatores

Para permitir a comparação entre os fatores, os mesmos foram normalizados atribuindo valores que variam de 0 a 255 às suas classes.

a) Fator uso do solo

O mapa do uso do solo foi normalizado por meio da ferramenta "*reclass*" do software ArcGis 10.5, reclassificando os valores de suas classes e atribuindo os valores de 0 a 255, indicando quanto mais degradada for a área, maior a necessidade de conservação e recuperação da mesma, como verificado na Tabela 3. O Estádio Intermediário de Sucessão Ecológica foi considerado dentre as classes de uso do solo a área com o menor grau de adequabilidade à conservação (41), visto que possui uma estrutura vegetacional com maior

resiliência e resistência à impactos ambientais em relação ao Estádio Avançado de Sucessão Ecológica (92), onde encontra-se espécies vegetais em estágio de clímax, portanto mais frágeis, e ao Estádio Inicial de Sucessão Ecológica (143), onde as espécies necessitam de um maior suporte ao seu desenvolvimento por estarem em fase inicial de crescimento.

Tabela 3. Normalização das classes de uso do solo.

Classes de uso do solo	Valor atribuído
Estádio Intermediário de Sucessão Ecológica	41
Estádio Avançado de Sucessão Ecológica	92
Estádio Inicial de Sucessão Ecológica	143
Pastagem	194
Solo Exposto	245
Rocha Exposta	255

Fonte: O autor

Considerou-se a classe rocha exposta como a área de maior fragilidade à força antrópica e aos processos de intemperismo, atribuindo-a o maior grau de adequabilidade à conservação ambiental (255) devido a sua importância no processo inicial de formação dos solos e ao seu valor ecológico com a agregação de espécies vegetais por muitas vezes endêmicas.

b) Fator trilhas

Para a normalização deste mapa utilizou-se a função *fuzzy* sigmoidal decrescente (Figura 4). Dessa forma, a adequabilidade foi definida maior (255) quando se está na trilha, pois apresenta maior vulnerabilidade aos impactos, e a partir do distanciamento da trilha este valor decai, sendo que acima de 20 metros a adequabilidade se torna nula (0).

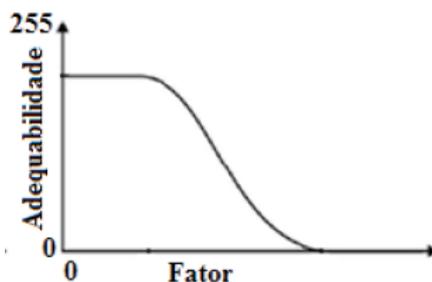


Figura 4. Função de pertinência sigmoide decrescente.

Fonte: Oliveira et al. (2014b)

c) Fator declividade

O mapa de declividade possui grande importância para a conservação e preservação, pois indica respectivamente a potencialidade de ocorrência dos processos erosivos, dos riscos de escorregamento/deslizamento e aporte de sedimentos (KAWAKUBO et al., 2005). Quanto mais inclinado é o relevo, maior a suscetibilidade aos processos erosivos, uma vez que a intensidade do fenômeno depende da velocidade do escoamento (CRUZ et al., 2010).

Portanto para normalização do mapa de declividade foi utilizada a função *fuzzy* sigmoide crescente (Figura 5), considerando todas as áreas com inclinação superiores a 30° mais aptas à conservação, pois a partir dessa inclinação o risco de acidentes com visitantes se torna alto e os processos intempéricos se agravam, até chegar a uma inclinação de 45° onde se encontra a maior necessidade de preservação (225).

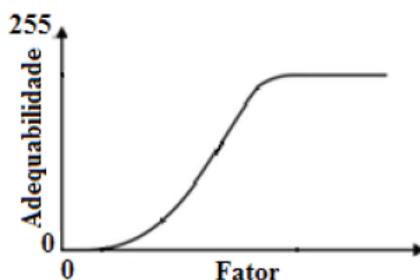


Figura 5. Função de pertinência sigmoide crescente.

Fonte: Oliveira et al. (2014b)

3.3.2 Avaliação de pesos para os fatores

A ponderação dos fatores foi realizada através do Processo Analítico Hierárquico gerando os pesos dos mesmos, onde seus valores foram atribuídos de acordo com o seu grau de importância, utilizando como base a escala fundamental de Saaty (1977 citado por MORETTI et al., 2008).

Sendo assim, com base no Quadro 1, ficou estabelecido que o fator uso do solo é moderadamente mais importante que os fatores declividade e trilha, e o fator declividade também moderadamente mais importante do que o fator trilha, como demonstra a Tabela 4.

Tabela 4. Matriz de comparação par-a-para entre os fatores.

Fator	Uso do Solo	Declividade	Trilha
Uso do solo	1		
Declividade	1/2	1	
Trilha	1/4	1/2	1

Fonte: O autor

Na Tabela 5 estão os valores correspondentes aos pesos calculados através do processo analítico hierárquico utilizando a matriz de comparação. Os pesos demonstram a influência de cada fator no mapa final de adequabilidade. Onde, o fator uso do solo representou cerca de 57% no valor final da análise, o fator declividade contribuiu com aproximadamente 28% e o trilha representou 14%. A proporção de consistência é um valor que mostra o erro obtido no cálculo da matriz de comparação e neste caso, o erro foi de 0,000, estando dentro do limite aceitável de 0,1.

Tabela 5. Resultado dos pesos calculados para cada fator.

Fator	Pesos
Uso do solo	0,5714
Declividade	0,2857
Trilha	0,1429

Proporção de consistência = 0,00 => Aceitável

Fonte: O autor

Com os fatores normatizados e os seus respectivos pesos calculados, os mapas foram agrupados utilizando a Combinação Linear Ponderada, onde os fatores foram multiplicados pelos seus pesos e em seguida somados, para geração do mapa de adequabilidade.

O produto resultante desta análise matricial foi um mapa final de adequabilidade, indicando áreas prioritárias para conservação, sendo possível comparar os resultados obtidos através da análise multicritério com os dados coletados em campo. E assim, discutir sobre a confiabilidade da ferramenta de análise multicritério na obtenção dessas áreas.

4 Resultados e Discussões

A Figura 6 mostra o mapa de uso do solo gerado a partir de fotointerpretação.

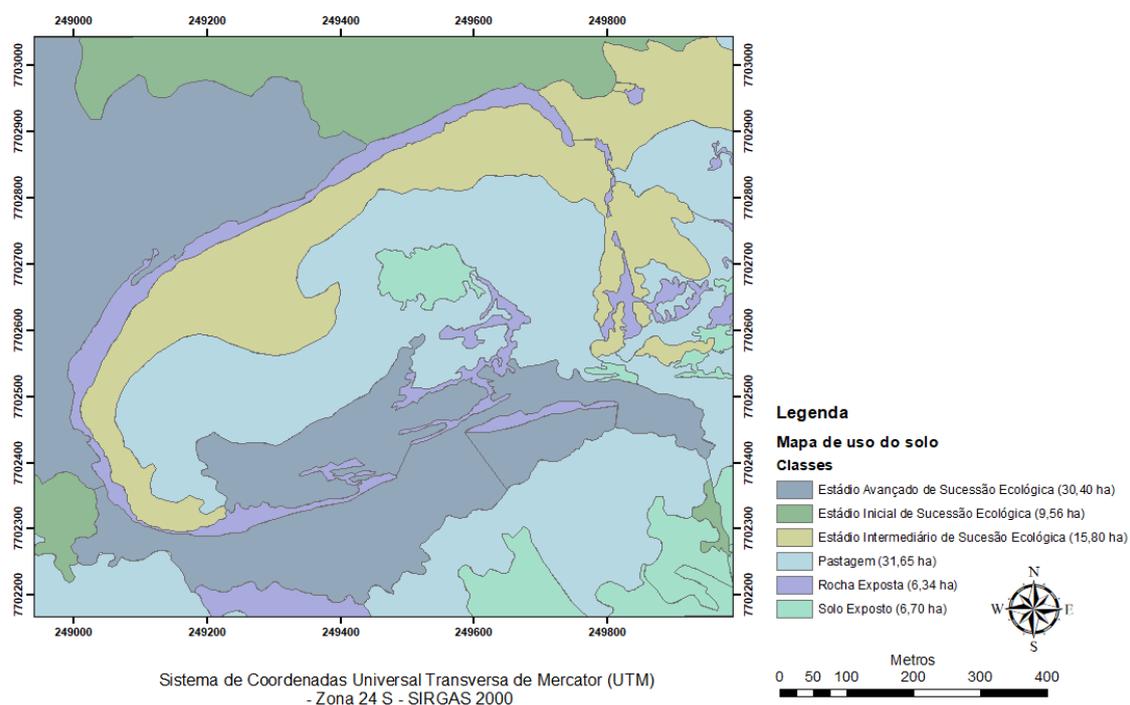


Figura 6. Mapa de uso do solo, elaborado através de fotointerpretação.

Fonte: O autor

O mapa de uso do solo é de extrema importância para análises de áreas ideais para a conservação e indica como o está a ocupação do solo no entorno da

pedra. Por meio deste mapa foi possível delimitar e quantificar áreas de rocha exposta (6,34 ha), solo exposto (6,70 ha), pastagem (31,65 ha), estádios avançado (30,40 ha), intermediário (15,80 ha) e inicial (9,56 ha) de sucessão ecológica da vegetação.

A Figura 7 mostra o mapa de trilha gerado a partir dos dados coletados em campo com aparelho GPS.

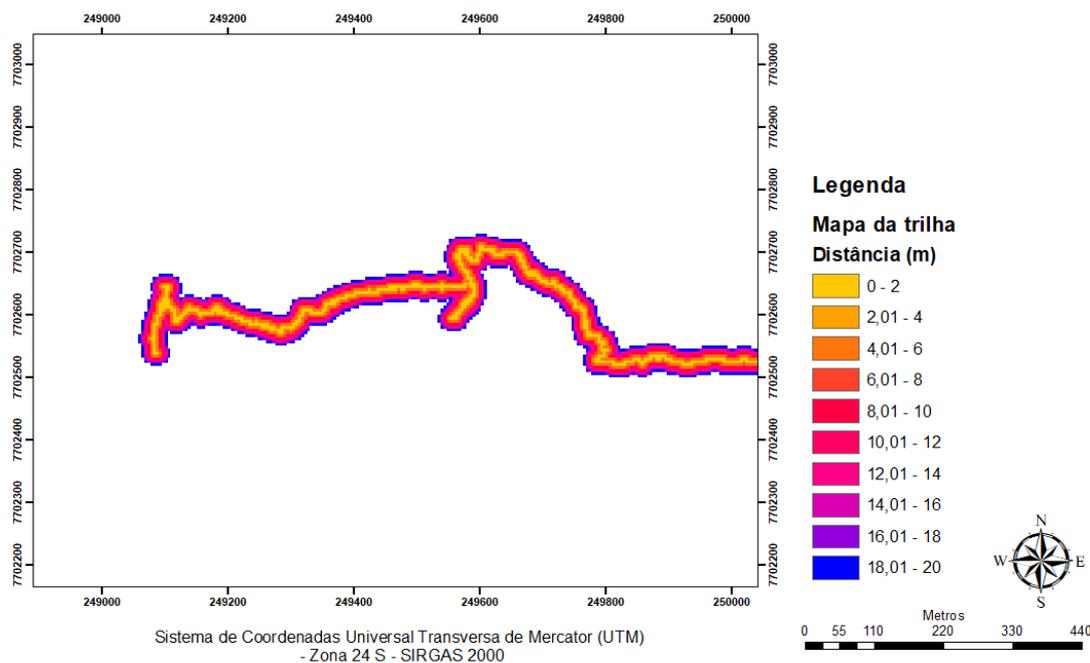


Figura 7. Mapa da trilha, com distância de adequabilidade máxima de 20 m elaborada através da ferramenta "Euclidean distance".

Fonte: O autor

Foi definida uma área de adequabilidade de 20 m de distância do centro da trilha, considerando que quanto mais próximo da trilha maior é a necessidade de conservação. Possui alta adequabilidade, pois indica os principais locais de caminamento procurando um caminho de mais fácil acesso ao topo da pedra. Porém este caminho gera impactos negativos ao ambiente como a compactação do solo, impactos na fauna, criação de caminhos preferenciais a drenagem e erosão do solo. A área delimitada de 20m foi produzida através da ferramenta "Euclidean distance".

A Figura 8 mostra o mapa de declividades gerado a partir das curvas de nível.

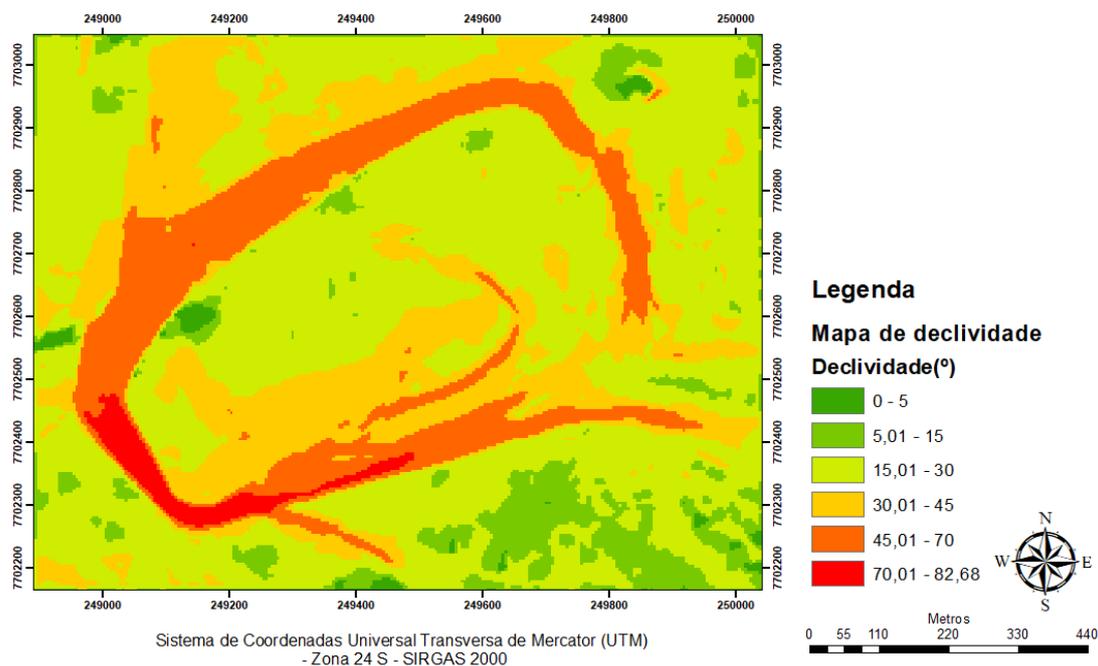


Figura 8. Mapa de declividade, obtido através da ferramenta “slope” do software ArcGis 10.5.
Fonte: O autor

O mapa de declividade possui alta relevância para a conservação e preservação, pois indica áreas íngremes que geram riscos de quedas para os visitantes e segundo Brasil (2012) áreas em topo de morro ou inclinação superior a 45° graus devem ser preservadas pois são mais vulneráveis a processos intempéricos. Neste mapa foi realizada a classificação da declividade atribuindo a ela seis categorias, 0 a 5°, 5,01 a 15°, 15,01 a 30°, 30,01 a 45°, 45,01 a 70° e 70,01 a 82,68°.

Os mapas referentes aos fatores são apresentados nas Figuras 9, 10 e 11. Com as informações geradas nestes mapas, verifica-se como cada fator interfere no mapa final e subsidiam a discussão que leva a interpretação do mesmo.

Segundo Oliveira et al. (2012) os mapas de fatores, bem como o mapa final de adequabilidade, não caracterizam regiões aptas e inaptas, mas sim, toda a área do mapa representa uma superfície de adequabilidade, onde cada pixel possui um valor que pode variar de 0 (menos apto) até 255 (mais apto).

Como o fator mais importante, foi considerado o fator uso do solo (Figura 9), pois ele nos indica as áreas mais frágeis à processos intempéricos e ação antrópica

em uma escala de adequabilidade à conservação ambiental nos diferentes níveis de sucessão ecológica da vegetação e no uso do solo de ocorrência no local. Assim, áreas de rocha exposta, solo exposto, pastagem e estágio inicial de sucessão ecológica foram consideradas áreas mais frágeis aos impactos ambientais e potencialmente mais indicadas a restauração. As áreas de estágio intermediário de sucessão ecológica foram consideradas com um menor grau de adequabilidade em relação as áreas de estágio avançado de sucessão ecológica, pois um impacto nessas áreas causaria um menor dano, visto que há presença de espécies vegetais pioneiras e secundárias que possuem uma maior resistência e resiliência à impactos em relação as espécies tardias do estágio avançado de sucessão ecológica.

Coutinho (2015), valeu-se do fator uso do solo na realização do zoneamento de áreas potenciais para reflorestamento via lógica *fuzzy* e AHP, e obteve resultados satisfatórios na priorização de áreas com maior grau de adequabilidade ao seu objetivo.

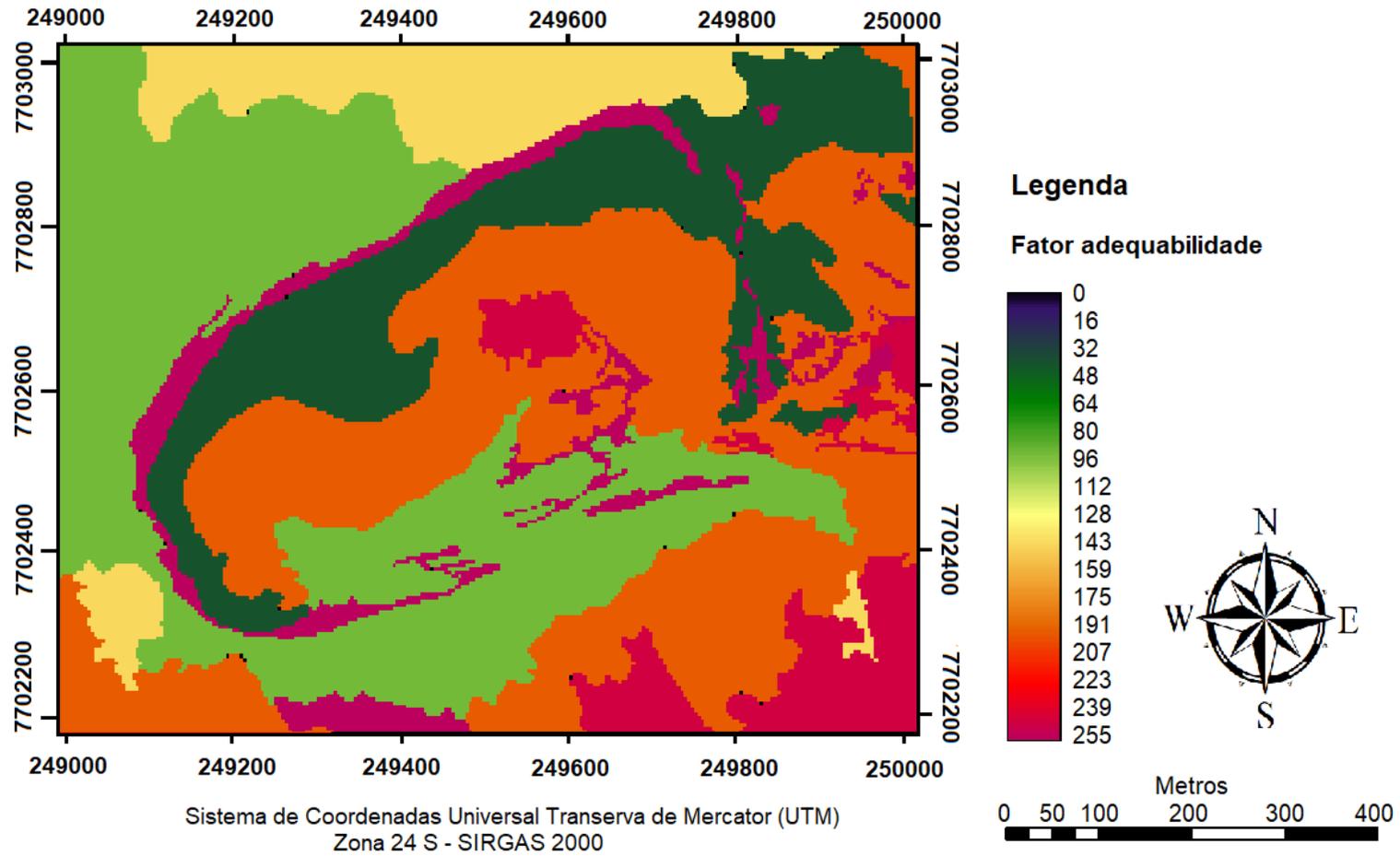


Figura 9. Fator uso do solo, reclassificado através da ferramenta "reclass" do software ArcGis 10.5.

Fonte: O autor

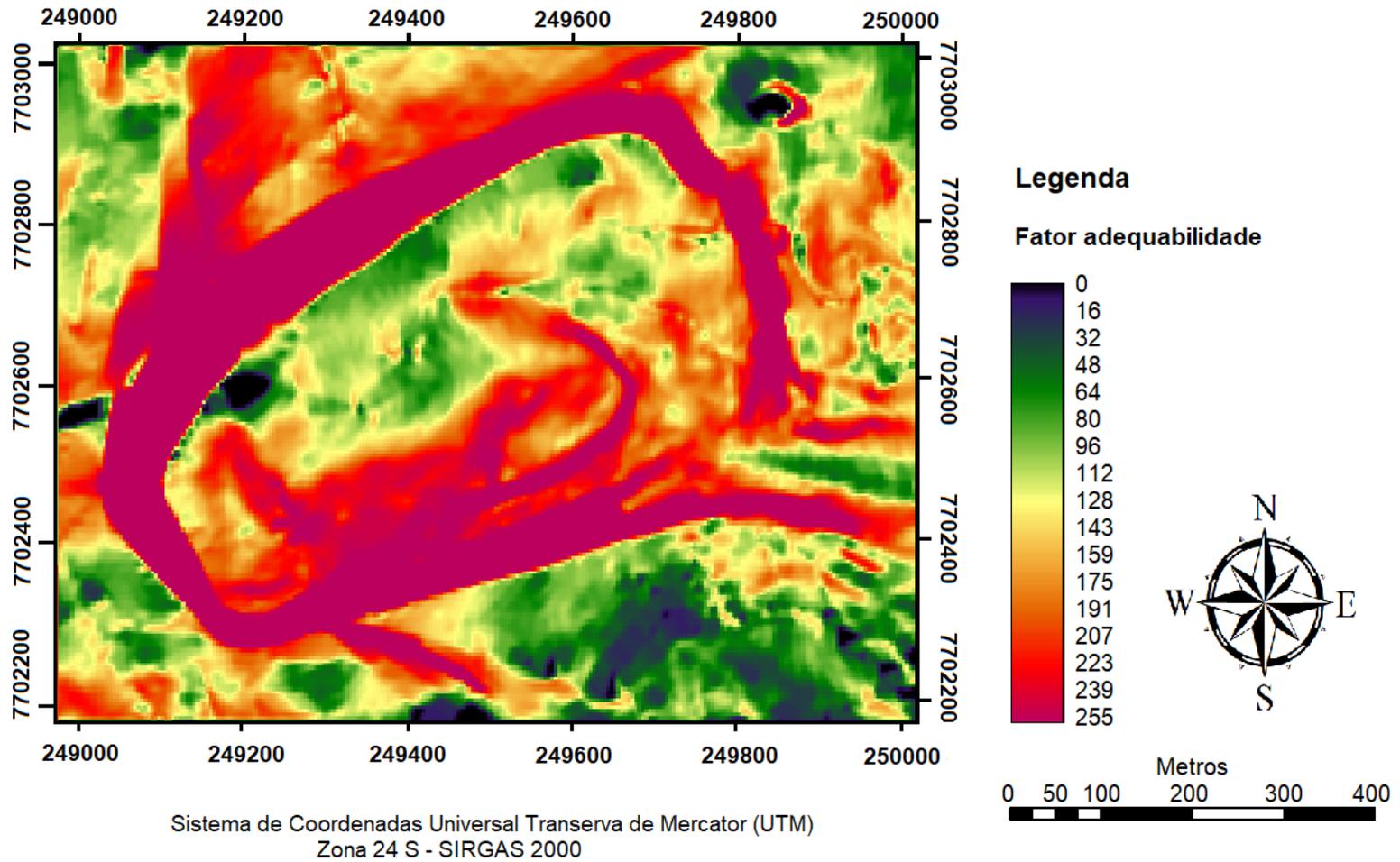


Figura 10. Fator declividade normalizado através da função *fuzzy* de pertinência sigmoidal crescente.

Fonte: O autor

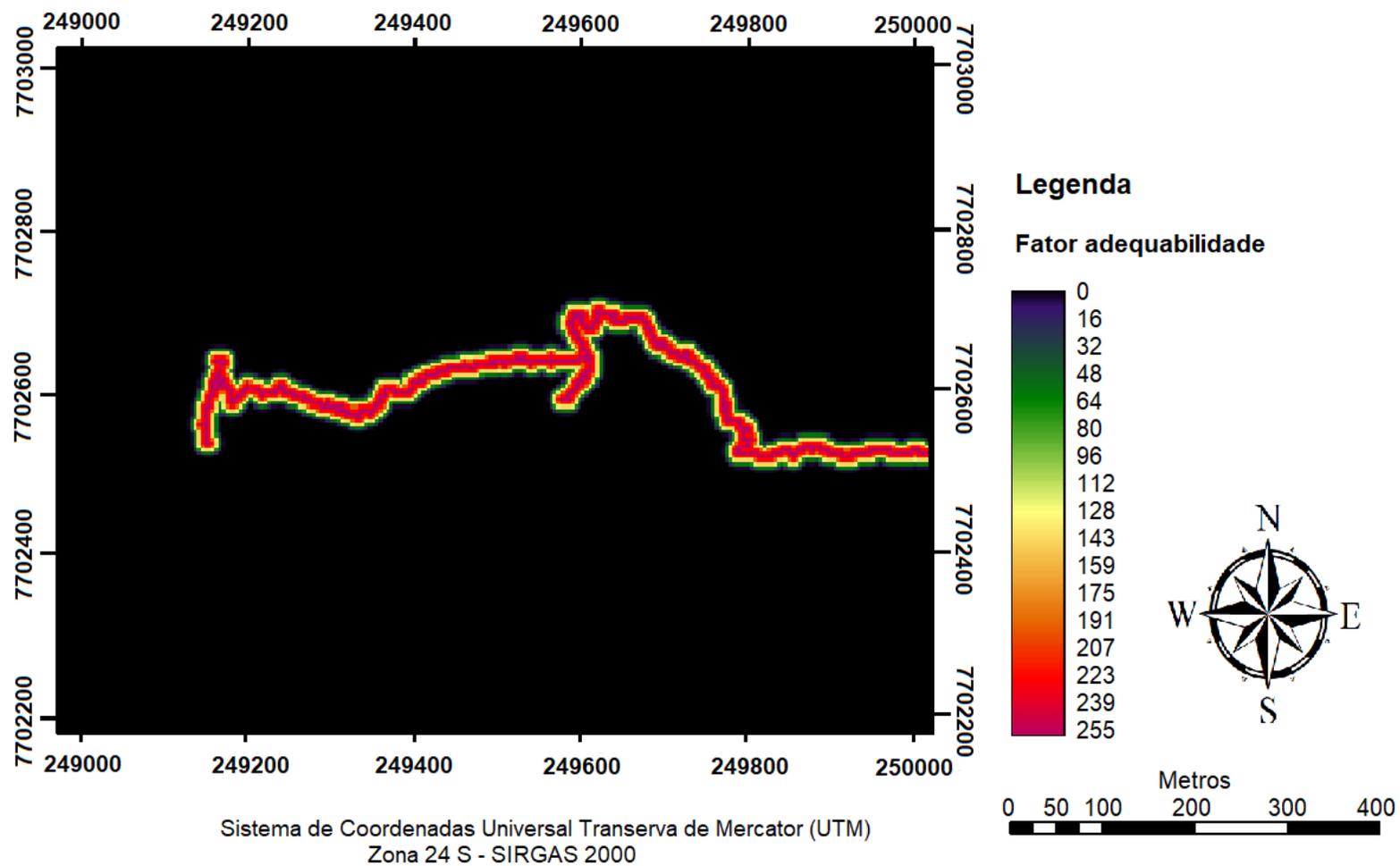


Figura 11. Fator trilhas, obtido através da função *fuzzy* de pertinência sigmoidal decrescente.

Fonte: O autor

O fator declividade, possui alta adequabilidade à conservação, pois segundo Crepani et al. (2001), tem relação direta com a velocidade de transformação da energia potencial em energia cinética. Quanto maior a declividade, mais rápido a energia potencial das águas se transforma em energia cinética e maior é a velocidade das massas de água e sua capacidade de transporte. Assim, quanto maior a declividade, maior a susceptibilidade dessa área à erosão.

Portanto, como esperado, o mapa do fator declividade (Figura 10) apresentou áreas com alta adequabilidade à conservação nas áreas de maiores declividades, entre 45° e $82,68^\circ$, no entorno da borda da pedra, visto que na parte superior e nas regiões norte, nordeste e sudoeste do mapa identificou-se declividades intermediárias, entre 15° e 30° . Áreas de baixa adequabilidade à conservação, com declividades variando entre 2° e 15° foram identificadas na região sudeste do mapa.

Pinto et al. (2015) utilizaram a lógica *fuzzy* na identificação de áreas susceptíveis aos processos erosivos na região do Vale do Paraíba e também empregaram o fator declividade para análise dos seus dados. Porém diferentemente deste trabalho, utilizou-se o método *fuzzy gama*, ao invés do método de média ponderada, e para normalização do fator, foi aplicado uma escala variando de 0 a 1 ao invés de 0 a 255. Entretanto, obtiveram resultados que auxiliaram e possibilitaram a flexibilidade na identificação de áreas potenciais à erosão.

Lotte (2014) comparou algumas técnicas de inferência espacial na avaliação de suscetibilidade aos movimentos de massa na região de São Sebastião-SP, entre elas análise booleana, média ponderada, média ponderada por AHP e análise por *fuzzy gama*. A declividade, como neste trabalho, também foi utilizada por ele como um fator na análise, sendo considerada o principal fator de acordo com média ponderada por AHP, recebendo o peso de 0,382. Na conclusão apresentada pelo autor supracitado, a média ponderada por AHP revelou-se superior a análise booleana e a média ponderada tradicional, porém a análise por *fuzzy gama* demonstrou ser o método mais flexível para subsidiar o processo de tomada de decisão.

Observando a Figura 11 para a análise do fator trilhas, verificou-se que há apenas uma pequena faixa de favorabilidade, pois ao afastar-se dela, numa

distância máxima de 20 metros, os riscos de impactos antrópicos ao ecossistema diminuem, portanto, os maiores valores de adequabilidade à conservação são encontrados quando se está na trilha, e este valor vai decaindo ao passo que se afasta do centro da trilha.

Oliveira et al. (2014a), utilizaram como um dos fatores em sua análise, assim como neste trabalho, o fator trilha, considerando uma maior adequabilidade (255) quando se está mais próximo da trilha, sendo que acima de 30 metros de distância, a adequabilidade torna-se nula (valor 0), considerando uma visibilidade média para evitar que os turistas se percam.

O mapa final apresentado na Figura 12, foi elaborado a partir da combinação linear ponderada dos fatores uso do solo, declividade e trilha, utilizando a análise multicritério – AHP. A escala de adequabilidade do mapa variou entre 0 (áreas inaptas à conservação) e 255 (áreas mais aptas à conservação).

A partir da avaliação do mapa final é possível selecionar áreas com maior adequabilidade à projetos de conservação, possibilitando o direcionamento de um planejamento a operações ambientais que visem a manutenção e estabelecimento natural do ecossistema, buscando orientar os órgãos responsáveis à necessidade de manter o ambiente em equilíbrio e atentarem-se aos benefícios que estas ações podem trazer a sociedade.

É importante nesta análise valorar as áreas de vulnerabilidade, definindo quanto é baixa e alta adequabilidade a conservação de uma determinada região. Assim, após contrapor a ortofoto com os dados locais e o mapa gerado (Figura 12), definiu-se que áreas com adequabilidade superior a 145, são regiões que apresentam maior vulnerabilidade aos processos intempéricos e necessitam de um maior planejamento e de medidas que promovam a conservação.

Dessa forma, foi constatado que as principais áreas predispostas a conservação estão localizadas nas bordas da pedra, onde localiza-se a classe rocha exposta, devido a alto grau de declividade na região e por ser considerada uma área onde inicia-se o processo de formação dos solos, onde encontra-se espécies vegetais pioneiras no processo de sucessão ecológica corroborando com alta adequabilidade à conservação ambiental. Também foram observadas áreas de alta adequabilidade e grande fragilidade sob o caminhar da trilha, visto que

sua maior parte se encontra sobre áreas de pastagem e de solo exposto, exercendo forte influência a ações antrópicas devido as condições em que estas áreas se encontram.

As áreas de solo exposto também foram consideradas com alta adequabilidade a conservação, pois são áreas que devido à falta de cobertura vegetal são propensas a lixiviação de nutrientes, aumento da energia cinética das águas e consequentemente carreamento de sedimentos, facilitando a abertura de ravinas e voçorocas, inviabilizando o uso da área.

Regiões onde se encontram pastagens, também corroboraram com a alta adequabilidade a conservação, por possuírem a maior área dentre as classes de uso do solo, com aproximadamente 31,65 hectares, pelo pisoteio animal que prejudica na estruturação do solo, ocasionando a compactação e acelerando os processos erosivos e pela redução da biodiversidade da fauna e flora.

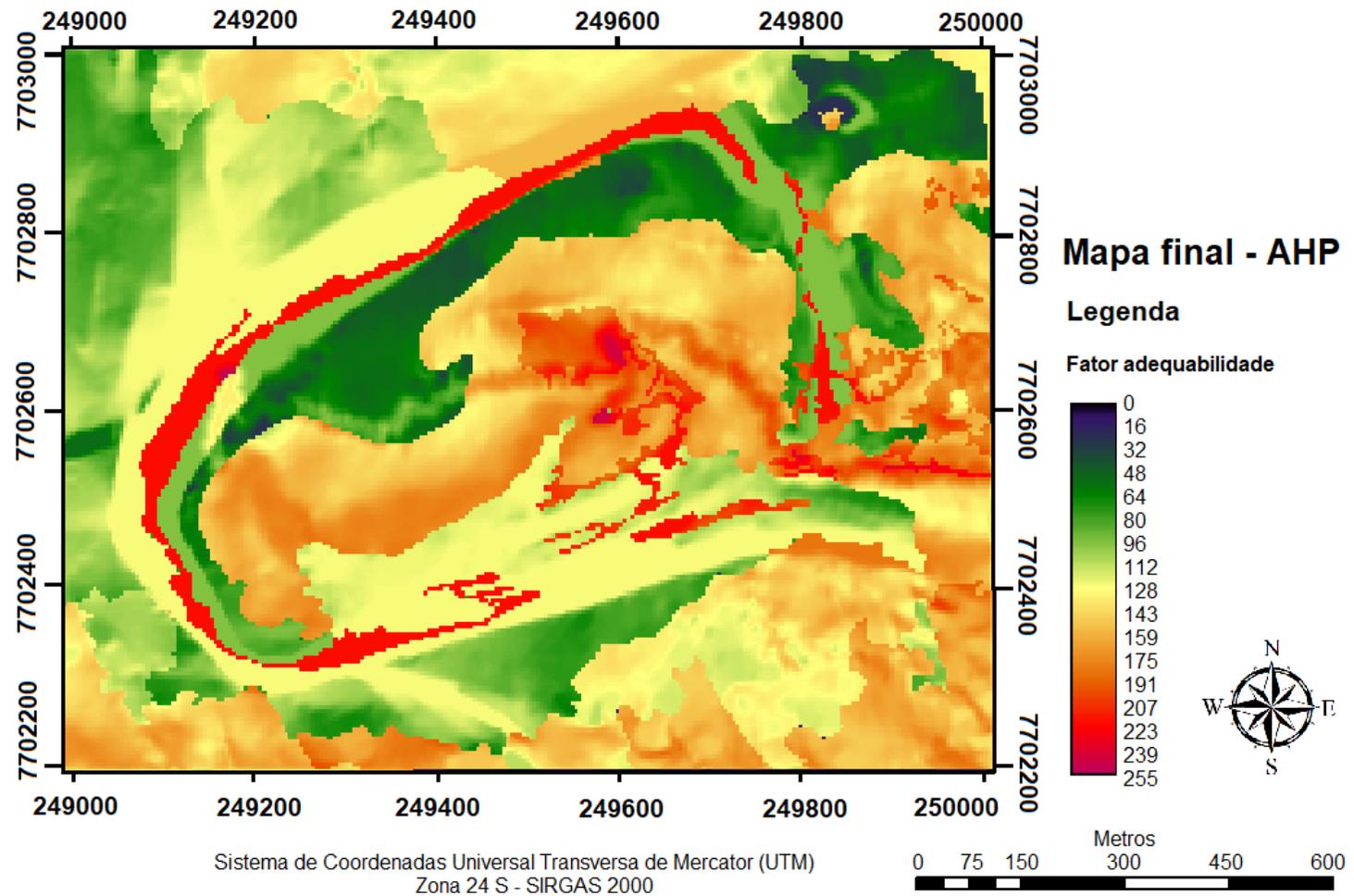


Figura 12. Mapa final da análise multicritério, indicando as áreas mais aptas à conservação.

Fonte: O autor

Superfícies onde os estádios de sucessão ecológica inicial, intermediário e avançado estão presentes, obtiveram classificação considerada de baixa adequabilidade a conservação por já possuírem uma estrutura vegetal estabelecida, levando em consideração também que as mesmas estão localizadas em áreas mais planas do terreno. Porém, as classes de estádios de sucessão ecológica diferem entre si em termos de adequabilidade, valendo-se ressaltar que mesmo sendo áreas com baixa adequabilidade, ainda assim necessitam de ações que corroborem com o aumento das taxas de biodiversidade.

Silva Júnior et al. (2015), assim como neste trabalho, utilizaram lógica *fuzzy* e processo analítico hierárquico na avaliação de fatores como cor da água, resíduos no entorno, preservação da vegetação e material flutuante com o objetivo de analisar a qualidade ambiental de nascentes do Rio Bacanga em São Luís/MA e encontrou resultados que trataram de problemas relacionados a subestimação e superestimação da qualidade ambiental das nascentes, uma vez que cada parâmetro analisado apresentou seu valor de peso respectivo na composição do Índice de Qualidade Ambiental de cada nascente.

Pinese Júnior e Rodrigues (2012), também empregaram o AHP e utilizaram fatores como declividade e uso do solo objetivando determinar a vulnerabilidade ambiental da Bacia hidrográfica do Rio Piedade/MG e alcançaram resultados que permitiram extrair um produto indicativo do quadro ambiental da bacia hidrográfica estudada, seja com características favoráveis ou prejudiciais ao local.

Já Sartori et al. (2012), aplicaram a combinação linear ponderada na avaliação de fatores como proximidade da cobertura vegetal, proximidade da rede hidrográfica, declividade e erodibilidade com o objetivo de definir áreas prioritárias à conectividade entre fragmentos florestais na Bacia do Rio Pardo/SP e obtiveram resultados significativos que permitiram a interação entre as dimensões humanas (conhecimento científico) e características biofísicas da paisagem, em um processo de tomada de decisão.

Sendo assim, observando os trabalhos citados acima, podemos perceber a importância e adequação da metodologia sugerida neste trabalho, mesmo aplicando-a em outra área física e com fatores diferenciados.

5 Conclusão

Com base na análise dos dados e na interpretação dos resultados, tanto em ambiente SIG quanto em campo, obtidos a partir das condições específicas que este trabalho propõe, conclui-se que:

- A utilização da análise multicritério aliada a lógica *fuzzy* mostrou-se flexível quanto a utilização, de fácil implementação e de baixo custo;
- A metodologia se mostrou adequada ao mapeamento de áreas passíveis a projetos de conservação, pois os resultados retratam situações próximas a realidade verificadas em campo;
- O produto final do processamento do método AHP, o Mapa de Adequabilidade à Conservação da Pedra da Cava Roxa (Figura 12), mostra imparcialidade nos resultados devido à ponderação e normalização dos dados que minimizam os erros de julgamento do especialista durante o processo, além de ser um importante instrumento de orientação às políticas públicas e aos processos coletivos de decisão.

6 Referências bibliográficas

ARAGÃO, L. DE P.; FOGAÇA, T. K.; CATTANI, P. E.; CANEPARO, S. C. Geoprocessamento Aplicado à Seleção de Áreas para Implantação de Parques Urbanos na Bacia do Rio Verde/PR. **GEOGRAFIA**, v. 24, n. 1, p. 19–38, 2015.

BAHR, G. C.; CARVALHO, S. M. **Identificação da fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do Arroio Uvaranal, como subsidio ao projeto de expansão urbana de Telêmaco Borba – PR**. Curitiba, v. 26, p. 157-181, 2012.

BRASIL, Ministério da Indústria, Comércio e Turismo e Ministério do Meio Ambiente. **Diretrizes para uma Política Nacional do Ecoturismo**. Coord. Sílvio Magalhães Barros e Denise H.H. de la Penha, Brasília: EMBRATUR, 1994.

BRASIL, Lei n. 9.985 de 18 de julho de 2000. **Sistema Nacional de Unidades de Conservação**, Brasília, DF, 2000.

BRASIL, Ministério do Turismo. **Estudo da Demanda Turística Internacional 2004 – 2008**. Brasília: Ministério do Turismo, 2010a.

BRASIL, Ministério do Turismo. **Ecoturismo: Orientações básicas**. 2º Edição. Brasília: Ministério do Turismo, 2010b.

BRASIL. Lei federal nº 12.651, de 25 de maio de 2012. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Poder Legislativo, Brasília, DF, 28 maio 2012. Seção 1, p.1.

BRASIL, Ministério do Turismo. **Estudo da Demanda Turística Internacional 2017**. Brasília: Ministério do Turismo/FIPE, 2018.

BRAZ, A. M.; BORGES, J. P. dos S.; BERNARDES, D. C. da S.; TEREZAN, L. H. **Análise da aplicação de VANT na atualização de cadastro florestal com uso de pontos de controle**. XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, João Pessoa-PB, Brasil, INPE. **Anais...**2015

BRESSANE, A.; ROVEDA, J. A. F.; ROVEDA, S. R. M. M.; MOCHIZUKI, P. S.; MARTINS, A. C. G.; MEDEIROS, G. A.; PECHE FILHO, A.; RIBEIRO, A. I. Aplicação do processo Analítico Hierárquico na construção de um sistema *fuzzy* de apoio ao planejamento do uso futuro na recuperação de áreas degradadas:

Estudo de uma cava mineral na Serra do Japi. **Geociências**, v. 34, n. 1, p. 88–102, 2015.

CAIXETA, A. C. M.; BRITO, J. L.S. **A utilização de técnicas de geoprocessamento na bacia do córrego Monjolo/Patos de Minas na proposta de zoneamento do parque municipal Mirante do Alto da Colina.** Horizonte Científico, Uberlândia, v. 5, n. 2, p. 1-28, 2011.

CÂMARA, G.; DAVIS. C.; MONTEIRO, A. M. **Introdução à Ciência de Geoinformação.** São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, p. 154, 2004.

CHAVES, A. A.; LA SCALEA, R. A.; COLTURATO, A. B.; KAWABATA, C. L. O.; FURTADO, E. L.; CASTELO BRANCO, K. R. L. J. Uso de VANT's e processamento digital de imagens para a quantificação de áreas de solo e de vegetação. In: XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, João Pessoa-PB, Brasil, INPE. **Anais...** João Pessoa-PB: n. 1, p. 5642–5649, 2015.

COUTINHO, L. M. Zoneamento de áreas potenciais para reflorestamento via lógica *Fuzzy* e AHP. In: XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, João Pessoa-PB, Brasil, 25 a 29 de abril de 2015, INPE. **Anais...** João Pessoa-PB, 2015.

CREPANI, E.; MEDEIROS, J.S.; FILHO, P.H.; FLORENZANO, T.G.; DUARTE, V.; BARBOSA, C.C.F. (2001). **Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico econômico e ao ordenamento territorial.** Instituto de Pesquisas Espaciais – INPE. São José dos Campos - SP. 103p.

CRUZ, L. M.; PINESE JÚNIOR, J. F.; RODRIGUES, S. C. Abordagem Cartográfica da Fragilidade Ambiental na Bacia Hidrográfica do Glória – MG. **Revista Brasileira de Cartografia.** n. 62/04, 2010.

DA SILVA, J. F.; DE ASSIS, E. G.; BRITO, A. V.; ALMEIDA, N. V. **VANT como ferramenta auxiliar na análise da cobertura e uso da terra.** X Congresso Brasileiro de Agroinformática. **Anais...**2015

DALMAS, F. B.; GOVEIA, S. S.; OLIVEIRA, F. R.; AMARAL, C. H.; MACEDO, A. B. Geoprocessamento aplicado à gestão de resíduos sólidos na UGRHI-11 - Ribeira de Iguapé e Litoral Sul. **Geociências**, v. 30, n. 2, p. 285–299, 2011.

EASTMAN, R.; JIN, W.; KYEM, P. A. K.; TOLEDANO, J. Rasters procedures for multicriteria/multi-objective decisions. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v. 61, n. 5, p. 539-547, 1995.

Fundação SOS Mata Atlântica; INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). 2001. **Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica e ecossistemas associados no período de 1995–2000**. Fundação SOS Mata Atlântica e INPE, São Paulo.

GAGLIARDO, R. C. **Ecoturismo e Educação Ambiental: Um estudo de caso**. 2003. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Planejamento Ambiental) - Universidade Cândido Medes, Rio de Janeiro, RJ, 2003.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas. Censo Demográfico 2010 – **Características Gerais da População. Resultados da Amostra**. IBGE, 2010. Disponível em: < <https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/por-cidade-estado-estatisticas.html?t=destaques&c=3203106>>. Acesso em: 02 maio 2018.

IBGE. Censo Demográfico 2017 – **Características Gerais da População. Resultados da Amostra**. IBGE, 2017a. Disponível em < <https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/por-cidade-estado-estatisticas.html?t=destaques&c=3203106>>. Acesso em: 02 maio 2018.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas. **Pesquisa Mensal de Serviços**. IBGE. 2017b. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/economicas/servicos/9229-pesquisa-mensal-de-servicos.html?=&t=resultados>>. Acesso em: 15 jul. 2018.

ICMBIO - INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE (ICMBio). **Plano de Manejo da Floresta Nacional de Pacotuba**, p. 1, 2011. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/imgs-unidades-coservacao/Volume_I_Pacotuba_Junho_2011.pdf>. Acesso em: 4 jul. 2018

INCAPER – Instituto Capixaba de Pesquisa e Assistência Técnica e Extensão Rural. **Projetos em Execução no Incaper**. INCAPER. 2018. Disponível em :< https://incaper.es.gov.br/Media/incaper/PDF/projetos_execucao_2018.pdf>.

Acesso em: 09 out. 2018.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente: Uma Perspectiva em Recursos Terrestres (Tradução da Segunda Edição)**. Parêntese. 2º ed., São José dos Campos, SP, Brasil, 2009.

JORGE, L A. DE C.; INAMASU, R. Y. Uso de veículos aéreos não tripulados (VANT) em agricultura de precisão. **Embrapa Instrumentação**, p. 596, 2014.

KAWAKUBO, F. S.; MORATO, R. G.; CAMPOS, K. C.; LUCHIARI, A.; ROSS, J. L. S. Caracterização empírica da fragilidade ambiental utilizando geoprocessamento. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12, 16 a 21 de abril 2005, Goiânia. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005. pp. 2203-2210.

KOHAGURA, T. **Lógica fuzzy e suas aplicações**. 2007. Trabalho de Conclusão de Curso (Ciência da Computação, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2007.

LIMA, M. L. C. (Eco) turismo em unidades de conservação. In: RODRIGUES, A. B. (org.). **Ecoturismo no Brasil: possibilidades e limites**. São Paulo: Contexto, 2003, p. 71-87.

LOTTE, R. G. **Avaliação de suscetibilidade aos movimentos de massa na região de São Sebastião-SP com o uso de técnicas de inferência espacial**. 2006. 20 f. Monografia (Introdução ao Geoprocessamento). Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2014.

MARRO, A.; SOUZA, A.M.C.; CAVALCANTE, E.R.S.; BEZERRA, G.S.; NUNES, R. O. **Lógica Fuzzy: Conceitos e aplicações**. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2000. Aquilesburlamaqui. Disponível em: < http://aquilesburlamaqui.wdfiles.com/local--files/logica-aplicada-a-computacao/texto_fuzzy.pdf>. Acesso em: 05 jun. 2018.

MEDEIROS, W. L. L. **A atividade do ecoturismo como instrumento de preservação e conservação do meio ambiente**. 2006. 686 f. Dissertação

(Mestrado em Direitos Sociais). Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, 2006.

MORETTI, G. N.; SAUTTER, K. D.; AZEVEDO, J. A. M. ISSO 14001: Implementar ou não? Uma proposta para a tomada de decisão. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 13, n. 4, p. 416-425, 2008.

MYERS, N. Threatened biotas: "Hot spots" in tropical forests. **The Environmentalist**, v. 8, n. 3, p. 187–208, 1988.

MYERS, N.; MITTERMEIER, R.A.; MITTERMEIER, C.G.; FONSECA, G.A.B.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, 2000.

NEIMAN, Z.; MEDONÇA, R. Ecoturismo: Discurso, Desejo e Realidade. **Revista Turismo em Análise**, v. 11, n. 2, p. 7, 2000.

OLIVEIRA, P. T. S. DE; AYRES, F.M.; FILHO, G.E. da C. P.; MARTINS, I.P.; MACHADO, N. M. Geoprocessamento como ferramenta no licenciamento ambiental de postos de combustíveis. **Sociedade e Natureza**, v. 20, n. 1, p. 87–99, 2008.

OLIVEIRA, F. B. DE; ALVES, M. DA G.; OLIVEIRA, C. H. R. DE. Favorabilidade de áreas para implantação de aterros controlados no município de Campos dos Goytacazes/RJ utilizando Sistema de Informação Geográfica. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 64/1, p. 33–44, 2012.

OLIVEIRA, F. B. D.; OLIVEIRA, C. H. R. D.; LIMA, J. S. D. S.; MIRANDA, M. R.; FILHO, R. B. R. NEVES, L. Z.; FERRAZ, F. Aplicação de Geoprocessamento e Lógica *Fuzzy* para criação de zoneamento no Parque Estadual da Cachoeira da Fumaça / ES para fins de conservação. **Revista Brasileira de Cartografia**, p. 545–554, 2014a.

OLIVEIRA, F. B. D.; OLIVEIRA, C. H. R. D.; LIMA, J. S. D. S.; MIRANDA, M. R.; FILHO, R. B. R.; TURBAY, E. R. M. G.; FERRAZ, F. Definição de áreas prioritárias ao uso público no Parque Estadual da Cachoeira da Fumaça/ES utilizando geoprocessamento. **Revista Árvore, Viçosa-MG**, v. 38, n. 6, p. 1027–1036, 2014b.

ORTEGA, N. R. S. **Aplicação da Teoria de Conjuntos Fuzzy a Problemas da Biomedicina**. 2000. 166 f. Tese (Doutorado em Ciências). Universidade de São Paulo, 2001.

PINESE JÚNIOR, J. F.; RODRIGUES, S. C. O método de análise hierárquica – AHP – como auxílio na determinação da vulnerabilidade ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Piedade (MG). **Revista do Departamento de Geografia - Universidade de São Paulo**, v. 23, n. 2012, p. 4–26, 2012.

PINTO, C. T.; OLIVEIRA, P. V. D. C.; PONZONI, F. J.; CASTRO, R. M. D. **Identificação de áreas susceptíveis a processos erosivos na região do Vale do Paraíba**. XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, João Pessoa-PB, Brasil, INPE. **Anais...2015**

PIRES, P. DOS S. A dimensão conceitual do ecoturismo. **Turismo - Visão e Ação**, v. 1, n. 1, p. 75–92, 1998.

RAFFO, J. G. DA G. O processo analítico hierárquico e seu uso na modelagem do espaço geográfico. **Revista do Departamento de Geografia - Universidade de São Paulo**, p. 26–37, 2012.

SANTOS, A. V. **Avaliação Fuzzy de Trocas Sociais entre Agentes com Personalidades**. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) - Programa de Pós-Graduação em Informática, Universidade Católica de Pelotas. Pelotas: UCP, 2008.

SANTOS, A. D. P.; ROCHA, S. F.; ABREU, M. V. S.; CALIJURI, M. L.; SANTOS, P. M. O Uso da Análise Multicritério no mapeamento da fragilidade social da área urbanizada do Município de Viçosa - MG. **Revista Brasileira de Cartografia**, p. 635–643, 2012.

SARTORI, A. A. DA C.; SILVA, R. F. B. DA; 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.

SEDEVITIZ, MÁRCIA M. M.; CARDOZO, M. L.; CACIATTORI, P. R. R.; KAHLER, P. Y. A comunicação como agente transformador na implantação do

ecoturismo em estâncias hidrominerais. In: V Encontro dos Núcleos de Pesquisa da Intercom, 2003, Rio de Janeiro, RJ, **Anais...** Rio de Janeiro, 2003.

SILVA, M. D. **Caracterização do meio físico da região de Águas Lindas – GO:** Subsídios para gestão dos recursos hídricos subterrâneos. 2003. 96 f. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Universidade Federal de Brasília, Brasília, 2003.

SILVA, R. A. C. Inteligência Artificial Aplicada a Ambientes de Engenharia de Software: Uma Visão Geral. **INFOCOMP**, v. 4, n. 4, p. 27-37, 2005.

SILVA, S. DE A.; LIMA, J. S. S. DE. Lógica *Fuzzy* No Mapeamento De Variáveis Indicadoras De Fertilidade Do Solo *Fuzzy*. **Idesia (Arica)**, v. 27, n. 3, p. 41–46, 2009.

SILVA, O. O. DA; SANTOS, S. G. DOS; TURISMO E MEIO AMBIENTE: A preservação de patrimônios naturais por meio do ecoturismo. **Revista Científica Eletrônica de Turismo**, Ano VII, n 13, 2010.

SILVA, C. A. DA; SOUTO, M. V. S.; DUARTE, C. R.; BICHO, C. P.; SABADIA; J. A. B. Avaliação da acurácia dos ortomosaicos e modelos digitais do terreno gerados pelo μ VANT / DNPM. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 7, n. 1808-0936, p. 1479–1495, 2015.

SOUZA, S. A. D. O. Alguns comentários sobre a teoria *Fuzzy*. **Exacta**, v. 1, p. 139–148, 2008.

SOUZA, G. DE. **Análise da viabilidade do uso de Vant para mapeamentos topográfico e de cobertura e uso da terra.** 2015. 94 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia cartográfica) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2015.

SILVA JUNIOR, C. H. L.; FREIRE, A. T. G.; MENDES, J. J. Lógica *Fuzzy* e Processo Analítico Hierárquico - AHP na avaliação da qualidade ambiental de nascentes. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental Santa Maria**, v. 19, n. 2, p. 292–303, 2015.

USHOA, H. N. **Introdução ao Geoprocessamento.** Unesp. Presidente Prudente, 2017.

VALERIANO, M. D. M.; CARVALHO JÚNIOR, O. A. Geoprocessamento de Modelos Digitais de Elevação para Mapeamento da Curvatura Horizontal em Microbacias. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. Ano 4, p. 17–29, 2003.

VARGENS, J. M.; TANSCHKEIT, R.; VELASCO, M. M. B. R. Previsão de produção agrícola baseada em regras linguísticas e lógica *fuzzy*. **Revista Controle e Automação**, v. 14, n. 2, p. 114–120, 2003.

WAGNER, A.; CECHIN, A. L. Extração de Conhecimento a partir de Redes Neurais aplicada ao problema da Cinemática Inversa na Robótica. In: 2º Congresso Brasileiro de Engenharia de Fabricação, 2003, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia, MG, 2003.