



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL-REI**

**COORDENADORIA DO CURSO DE GEOGRAFIA  
BACHARELADO**

**PATRIMÔNIO ESPELEOLÓGICO EM ÁREAS  
PROTEGIDAS: ESTUDO DE CASO NA  
APA E REVS SERRA DE SÃO JOSÉ, MG.**

**Autor: PEDRO HENRIQUE SILVA TEIXEIRA  
Orientador: PROFESSOR DOUTOR MÚCIO DO AMARAL FIGUEIREDO**

**SÃO JOÃO DEL-REI  
Novembro de 2016**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL-REI**

**COORDENADORIA DO CURSO DE GEOGRAFIA  
BACHARELADO**

**PATRIMÔNIO ESPELEOLÓGICO EM ÁREAS  
PROTEGIDAS: ESTUDO DE CASO NA  
APA E REVS SERRA DE SÃO JOSÉ, MG.**

Monografia apresentada à Coordenadoria do Curso de Geografia - Bacharelado da Universidade Federal de São João Del-Rei, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Geografia.

Autor: Pedro Henrique Silva Teixeira

Orientador: Prof. Dr.Múcio do Amaral Figueiredo

**SÃO JOÃO DEL-REI  
Novembro 2016**



## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente a Deus e minha família, que me incentivou e apoiou nesses quatro anos de faculdade. Ao professor Múcio do Amaral Figueiredo por me acompanhar na qualidade de orientador ao longo do desenvolvimento da vida acadêmica. A um grande amigo que fiz na vida acadêmica que me ajudou em diversos momentos, Helton Lopes Santos Barbosa “Gnomo”.

Agradecimento à professora Sílvia Elena Ventorini, que contribuiu com seus conhecimentos e suporte técnico na elaboração dos mapas temáticos e apoio com dados, aperfeiçoando a elaboração deste trabalho.

Gostaria também de agradecer a banca examinadora: Prof. Leonardo Cristian Rocha que cedeu uma parte de seu tempo para contribuir com meu trabalho.

Aos professores do Curso, que de forma positiva, contribuíram para minha formação acadêmica. Aos meus colegas do Vertentes Espeleo Grupo (VEG) pelo auxílio na realização dos trabalhos de campo. E aos meus colegas de laboratório, pela providencial ajuda na elaboração dos mapas apresentados.

Aos meus amigos do curso de Geografia Bacharelado da UFSJ, turma 2013, que, durante a caminhada desses quatro anos de graduação, fiz algumas boas amizades que espero levar para a vida. E também aos amigos de república por essa experiência de vida.

## RESUMO

O patrimônio espeleológico tem sido um tema em franco crescimento nas esferas acadêmica e profissional. O estabelecimento de legislação específica quanto ao licenciamento ambiental de empreendimentos em zonas com potencial espeleológico, somado ao avanço na pesquisa acadêmica sobre o tema, obtido nas últimas décadas, o tem tornado um excelente campo de estudos e debates sobre a importância das cavernas para a humanidade e para os sistemas ambientais e geocológicos.

A abordagem da espeleogênese em ambientes não carbonáticos também tem sido evidenciada, expandindo o campo de estudos carstológicos para outros domínios litológicos, além dos carbonáticos. No presente trabalho, investigou-se, através de prospecções de campo, a ocorrência de cavidades cársticas em litoambientes metareníticos (quartzitos e congêneres).

A área de trabalho foi um setor específico (zona NE) da Serra de São José, na Área de Proteção Ambiental (APA) homônima, cujo objetivo foi de caracterizar as cavidades encontradas no local. A APA Serra de São José está localizada entre os municípios de São João Del Rei, Tiradentes, Santa Cruz de Minas, Prados e Coronel Xavier Chaves. A metodologia aplicada neste trabalho foi desenvolvida em duas etapas, uma etapa de escritório e uma etapa de campo. A primeira etapa constitui-se da análise de informações existentes referentes à geologia, geomorfologia, hidrologia, entre outros dados, para a caracterização do meio físico da área de estudo. Além desses, desenvolvimento de mapas temáticos, destacando-se um mapa de análise multicriterial de potencial espeleológico da área, para posterior definição da área de concentração das prospecções. A segunda etapa metodológica constituiu-se dos trabalhos de prospecção, sendo realizadas quatro visitas de campo, onde foram localizadas 22 cavidades e, posteriormente, a tabulação desses dados obtidos em campo para análise final. A base de dados cartográficos é composta dos mapas de localização, geologia, hipsometria, declividade além do modelo cartográfico gerado por análise multicriterial para o potencial espeleológico da área de investigação. O resultado apresentado pela análise multicriterial foi satisfatório,

visto que nas áreas indicadas no mapa de potencial espeleológico foi identificado o número de cavidades já citado, referentes ao setor nordeste da Serra de São José. Com cavidades variando de 2 a 160 metros estimados de projeção horizontal, a zona investigada apresenta uma grande riqueza espeleológica que ainda necessita de estudos mais detalhados, visando a proteção deste geoambiente tão singular e de grande riqueza ambiental e cultural.

Palavras-chave: Espeleologia, Serra de São José, Cavernas.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. ESPELEOLOGIA E MAPEAMENTO TEMÁTICO.....	4
2.1 Legislações e conceitos espeleológicos .....	4
2.2 Mapas temáticos e análise multicritério.....	8
3. ÁREA DE ESTUDO.....	11
4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	14
5. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	17
5.1. Análise cartográfica multicriterial.....	17
5.2. Caracterização da área das cavernas catalogadas.....	19
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	33
7. REFERÊNCIAS.....	24

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Área de localização da Serra de São José.....	11
<b>Figura 2:</b> Geologia simplificada da Serra de São José.....	13
<b>Figura 3:</b> Fluxograma AHP.....	15
<b>Figura 4:</b> Probabilidade de ocorrência de cavernas.....	18
<b>Figura 5:</b> Hipisométria da Serra de São José.....	19
<b>Figura 6:</b> Declividade da Serra de São José .....	20
<b>Figura 7:</b> Litoambiente quartzítico da área de estudo.....	21
<b>Figura 8:</b> Coraloide, espelotema comum no contexto local.....	21
<b>Figura 9:</b> Pote encontrado dentro da cavidade V2-PSSJ-08.....	22
<b>Figura 10:</b> Fauna e flora presentes no interior das cavidades .....	23
<b>Figura 11:</b> Diferença do vigor da vegetação entre os períodos seco e úmido do ano.....	23



## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1:</b> Escala de Valores AHP .....	10
<b>Tabela 2:</b> Pesos utilizados na AHP.....	16
<b>Tabela 3:</b> Localização e descrição das cavernas encontradas.....	17

## LISTA DE SIGLAS

APA: Área de Proteção Ambiental

AHP: Análise Hierárquica de Pesos.

CECAV: Centro Nacional de Pesquisas e Conservação de Cavernas.

ICMBio: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade

IEF-MG: Instituto Federal de Florestas de Minas Gerais.

IGAM: Instituto Mineiro de Gestão de Águas

PNCPE: Programa Nacional de Conservação do Patrimônio Espeleológico.

REVS: Reserva Estadual da Vida Silvestre.

SBE: Sociedade Brasileira de Espeleologia .

SIGs: Sistemas de Informações Geográficas.

VEG: Vertentes Espeleo Grupo

.

# 1. INTRODUÇÃO

As cavernas estão relacionadas diretamente com a história da humanidade, no qual tiveram várias formas de utilização, seja como abrigo ou para uso ancestral, e são grandes arquivos da história da evolução do planeta (CRUZ, 2008).

Porém a carência de estudos mais detalhados no âmbito da espeleologia é um fator recorrente no cenário de preservação e conservação do patrimônio natural, em que algumas lacunas a respeito do tema ainda têm de ser preenchidas. Em 2009, o Ministério do Meio Ambiente instituiu o Programa Nacional de Conservação do Patrimônio Espeleológico - PNCPE visando desenvolver estratégias de conservação e proteção do patrimônio espeleológico brasileiro. Essa atribuição foi repassada ao Centro Nacional de Pesquisas e Conservação de Cavernas – CECAV, do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio. Porém, essas políticas necessitam de uma atenção para detecção dos problemas e soluções dos mesmos, propondo medidas que se adequem a realidade de conservação e recuperação desse patrimônio.

O patrimônio espeleológico (do grego *spelaiion* = caverna), no qual se incluem as cavidades naturais subterrâneas, é constituído pelo conjunto de ocorrências geológicas que criam formações especiais, *canyons*, sumidouros, abismos, drenagem subterrâneas, furnas, tocas, grutas, lapas, cavernas e abrigos sobre rochas, incluindo os elementos bióticos e abióticos, socioeconômicos e histórico-culturais, subterrâneos ou superficiais, a ele associados. (MIRANDA; CHIODI. 2015)

Segundo Choay (2006 apud Jansen, 2013), o termo patrimônio, que por muito tempo se restringiu ao “bem de herança transmitido dos pais aos filhos”, foi empregado para compor outros adjetivos (genético, natural, histórico, etc.) tornando-se um conceito “nômade”.

Acompanhando essas mudanças dadas ao termo patrimônio estão as definições de patrimônio natural e patrimônio cultural adotadas pela Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura -

UNESCO (1972) que contribuíram, de certa forma, para a definição do patrimônio espeleológico:

Para fins da presente Convenção serão considerados como patrimônio cultural:

Os monumentos. – Obras arquitetônicas, de escultura ou de pintura monumentais, elementos de estruturas de caráter arqueológico, inscrições, grutas e grupos de elementos com valor universal excepcional do ponto de vista da história, da arte ou da ciência;

Os conjuntos. – Grupos de construções isoladas ou reunidos que, em virtude da sua arquitetura, unidade ou integração na paisagem tem valor universal excepcional do ponto de vista da história, da arte ou da ciência;

Os locais de interesse. – Obras do homem, ou obras conjugadas do homem e da natureza, e as zonas, incluindo os locais de interesse arqueológico, com um valor universal excepcional do ponto de vista histórico, estético, etnológico ou antropológico.

Para fins da presente Convenção serão considerados como patrimônio natural:

Os monumentos naturais constituídos por formações físicas e biológicas ou por grupos de tais formações com valor universal excepcional do ponto de vista estético ou científico;

As formações geológicas e fisiográficas e as zonas estritamente delimitadas que constituem *habitat* de espécies animais e vegetais ameaçadas, com valor universal excepcional do ponto de vista da ciência ou da conservação;

Os locais de interesse naturais ou zonas naturais estritamente delimitadas, com valor universal excepcional do ponto de vista a ciência, conservação ou beleza natural. (UNESCO, 1972, p. 2)

No livro “Patrimônio Espeleológico em Rochas Ferruginosas”, na Parte I, Hardt (2015), traz um capítulo falando brevemente da história da espeleologia no Brasil denominado “Breve inventário do patrimônio espeleológico”, onde o autor descreve o processo histórico até os dias atuais da Espeleologia no país.

O autor inicia o capítulo mostrando que os primeiros trabalhos científicos realizado no Brasil sobre Espeleologia foram realizados por Peter Lund, no estado de Minas Gerais. Através deste trabalho foi gerado o primeiro catálogo de cavernas do Brasil. Outro episódio importante para história da espeleologia brasileira foi o trabalho realizado por Richard Krone, entre os séculos XIX e XX, onde o autor desenvolveu um levantamento das cavernas por ele encontradas no Vale do Ribeira. Trabalho este que foi a base para o desenvolvimento do cadastro da Sociedade Brasileira de Espeleologia o SBE, em contínua elaboração pelos seus associados até os dias atuais. Nas ultimas décadas,

como as cavernas se tornaram um patrimônio da União, o cadastro de cavernas e cavidades espeleológicas vem sendo desenvolvido pelo ICMBio através do CECAV.

Posteriormente, Hardt (2015) traz alguns conceitos que evoluíram de acordo com o passar dos anos como “província espeleológica” e “distrito espeleológico” que tiveram suas primeiras definições segundo Karmann e Sánchez (1979).

Define-se “província espeleológica” como sendo uma região pertencente a uma mesma formação geológica, com ocorrência de grandes corpos de rochas suscetíveis a ação cárstica. Na definição original, esses termos eram aplicados exclusivamente a rochas carbonáticas, no entanto, a evolução do conhecimento mostra que outras rochas são suscetíveis de certificação, motivo pelo qual optou-se por omitir o tipo de rocha na definição aqui apresentada.

Identificam-se, em uma província, setores onde existe uma maior ocorrência de cavernas em detrimento de outros, mostrando uma descontinuidade dos processos de formação de cavernas ao longo da província. Esses setores de maior ocorrência são denominados “distritos espeleológicos”.

Na época, foram identificadas 5 províncias espeleológicas: I Vale do Ribeira; II Bambuí ; III Serra de Bodoquena; IV Alto Paraguai e V Chapada da Ibiapaba. Nestas regiões são encontradas as principais cavernas carbonáticas do país, tanto em dimensão quanto em riqueza de espeleotemas, vestígios arqueológicos e paleontológicos, variedade de espeleotemas, entre outros (HARDT, 2015, p. 54)

Hardt (2011) aponta outra discussão muito importante sobre conceitos que foram evoluindo durante os processos de estudos com o passar dos anos. O autor apresenta várias definições sobre o cárste que, cuja conceituação clássica considerava somente as rochas carbonáticas como litoambiente de desenvolvimento. Porém, com a evolução deste conceito o autor define carste como sendo:

O carste deve ser tratado em termos de sistema composto por formas de relevo superficiais e subterrâneas específicas, que possui características hidrológicas distintas, dependente de características litológicas (independente da rocha) que permitam dissolução química, subordinada a características estruturais que determinem porosidade, principalmente, mas não exclusivamente, porosidade secundária. A dimensão temporal não pode ser negligenciada, conduzindo a idéia de dinâmica, portanto, é um sistema que se transforma ao longo do tempo, convergindo para uma organização do conjunto de formas, e se adaptando a mudanças introduzidas por processos naturais ou antrópicos.(HARDT, 2011, p. 24)

Com o passar dos anos e o desenvolvimento de estudos mais aprofundados sobre o assunto, além da inclusão de áreas não carbonáticas, hoje no Brasil são conhecidas 19 regiões cársticas, segundo o CECAV. São elas: Formação Caatinga, Formação Carajás, Formação Salinas, Formação Vazante, Grupo Açungui, Grupo Apodi, Grupo Araras, Grupo Bambuí, Grupo Brusque, Grupo Corumbá, Grupo Paranoá, Grupo Rio Pardo, Grupo Ubajara, Grupo Uma, Grupo Vargem Grande, Grupo Xambioá, Região Cárstica de São João Del Rei, Região Cárstica do Quadrilátero Ferrífero e Supergrupo Canudos.

Apesar de o conhecimento espeleológico ter avançado consideravelmente na última década, no Brasil o cenário de estudos ainda está se desenvolvendo. A Serra de São José apresenta-se como uma área propícia ao desenvolvimento de cavidades em rochas arenito-quartzíticas, situação não muito comum no Brasil, onde a maioria das cavidades cársticas catalogadas/descritas se encontram em ambientes litológicos carbonáticos sendo os calcários e os dolomitos, os principais tipos. Já as litologias arenito e quartzito apresentam baixo número de estudos espeleológicos onde a porcentagem de cavidades descrita é menor que 1%. (ICMBio/CECAV, 2013).

Com isso alguns autores têm desenvolvido estudos neste tipo de litologia para uma melhor compreensão da formação destas cavidades. Corrêa Neto e Baptista Filho (1997) e Fabri (2011) desenvolveram estudos mostrando a evolução destas formações em rochas siliciclásticas onde seu principal objeto de estudo foi a formação de cavernas em quartzitos.

## **2. ESPELEOLOGIA E MAPEAMENTO TEMÁTICO**

### **2.1 Legislações e conceitos espeleológicos.**

No Brasil, a criação de leis para preservação de cavidades naturais foi primeiramente instituída na Constituição Federal de 1988 e teve algumas mudanças no decorrer dos anos. Segundo o CECAV, as principais são:

Art. 20 - São bens da União:

“X - as cavidades naturais subterrâneas e os sítios arqueológicos e pré-históricos”;

Art. 216 - Constituem patrimônio cultural brasileiro os bens de natureza material e imaterial, tomados individualmente ou em conjunto, portadores de referência à identidade, à ação, à memória dos diferentes grupos formadores da sociedade brasileira, nos quais se incluem:

“V - os conjuntos urbanos e sítios de valor histórico, paisagístico, artístico, arqueológico, paleontológico, ecológico e científico”.

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

#### Leis Ordinárias:

Lei 11.516, de 28/08/2007 - Dispõe sobre a criação do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - Instituto Chico Mendes; altera as Leis nos 7.735, de 22 de fevereiro de 1989, 11.284, de 2 de março de 2006, 9.985, de 18 de julho de 2000, 10.410, de 11 de janeiro de 2002, 11.156, de 29 de julho de 2005, 11.357, de 19 de outubro de 2006, e 7.957, de 20 de dezembro de 1989; revoga dispositivos da Lei nº 8.028, de 12 de abril de 1990, e da Medida Provisória nº 2.216-37, de 31 de agosto de 2001; e dá outras providências.

Lei nº 7.735, de 22/02/1989 - Dispõe sobre a extinção de órgão e de entidade autárquica, cria o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis e dá outras providências.

Lei nº 3.924, de 26/07/1961 - Dispõe sobre os Monumentos Arqueológicos e Pré-Históricos.

#### Decretos:

Decreto nº 6.640, de 07/11/2008 - Dá nova redação aos arts. 1º, 2º, 3º, 4º e 5º e acrescenta os arts. 5-A e 5-B ao Decreto nº 99.556, de 1º de outubro de 1990, que dispõe sobre a proteção das cavidades naturais subterrâneas existentes no território nacional.

Decreto nº 6.099, de 26/04/2007 - Aprova a Estrutura Regimental e o Quadro Demonstrativo dos Cargos em Comissão do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA, e dá outras providências.

Decreto nº 99.556, de 01/10/1990 - Dispõe sobre a proteção das cavidades naturais subterrâneas existentes no território nacional, e dá outras providências.

Instrução Normativa:

Instrução Normativa/ICMBIO nº 30, de 19/09/2012 - Estabelecer procedimentos administrativos e técnicos para a execução de compensação espeleológica de que trata o art. 4º, § 3º, do Decreto nº 99.556, de 1º de outubro de 1990, alterado pelo Decreto nº 6.640, de 7 de novembro de 2008, para empreendimentos que ocasionem impacto negativo irreversível em cavidade natural subterrânea classificada com grau de relevância alto e que não possuam na sua área, conforme análise do órgão licenciador, outras cavidades representativas que possam ser preservadas sob a forma de cavidades testemunho.

Instrução Normativa/MMA nº 2 de 20/08/2009 — Estabelece metodologia para classificação do grau de relevância das cavidades naturais subterrâneas (regulamenta o art. 5º do Decreto nº 6.640/2008).

Portarias:

Portaria MMA nº 358 de 30/09/2009: Institui o Programa Nacional de Conservação do Patrimônio Espeleológico.

Portaria ICMBio nº 078 de 03/09/2009:— Cria o Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas - Cecav.

Portaria IBAMA nº 34 de 18/04/2006:Constitui Grupo de Trabalho - CavLegis.

Portaria IBAMA nº 015 de 23/02/2001:Disciplina o acesso e uso de cavernas turísticas na Chapada Diamantina/BA.

Portaria IBAMA nº 887 de 15/06/1990: – Dispõe sobre o uso das cavidades subterrâneas, entre outros.

Resoluções CONAMA:

Resolução CONAMA nº 428/10 de 17/12/2010 - Dispõe, no âmbito do licenciamento ambiental sobre a autorização do órgão responsável pela administração da Unidade de Conservação (UC), de que trata o § 3º do artigo 36 da Lei nº 9.985 de 18 de julho de 2000, bem como sobre a ciência do órgão



responsável pela administração da UC no caso de licenciamento ambiental de empreendimentos não sujeitos a EIA-RIMA e dá outras providências (Altera a Resolução nº 347/04 e dá outras providências em relação à proteção do Patrimônio Espeleológico).

Resolução CONAMA nº 347/04 de 10/09/2004 - Dispõe sobre a proteção do patrimônio espeleológico.

Resolução CONAMA nº 237/97 de 19/12/1997 - Dispõe sobre a revisão e complementação dos procedimentos e critérios utilizados para o licenciamento ambiental.

Resolução CONAMA nº 009/86 de 24/01/1986 - Dispõe sobre a criação de Comissão Especial para estudos do Patrimônio Espeleológico.

#### Projetos de Lei (em tramitação no Congresso Nacional)

PL nº 855/2011 (autoria dep. Carlos Bezerra) – Altera a Lei nº 9.985, de 2000, que "regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências", no que diz respeito à proteção dos sítios espeleológicos do território nacional. Apresentado em 29/03/2011, matéria aguardando parecer.

PL nº 5.071/1990 (autoria dep. Fábio Feldmann) – Dispõe sobre a proteção das cavidades naturais subterrâneas, em conformidade com os artigos 20, inciso X, e 216, inciso V, da Constituição Federal e dá outras providências. Apresentado em 28/05/1990, matéria pronta para pauta.

Segundo Jansen (2013, apud Palmer, 2007) e Ford e Williams (2007), cavidade é qualquer abertura subterrânea na rocha de dimensões suficientes para entrada do ser humano. Esta definição também é adotada pela legislação ambiental brasileira e pelos órgãos responsáveis pela execução de ações de proteção e manejo.

Cavidade natural subterrânea é todo e qualquer espaço subterrâneo acessível pelo ser humano, com ou sem abertura identificada, popularmente conhecida como caverna, gruta, lapa, toca, abismo, furna ou buraco, incluindo seu ambiente, conteúdo mineral e hídrico, a fauna e a flora ali encontrados e o corpo rochoso onde os mesmos se inserem, desde que tenham sido formados por processos naturais, independentemente de suas dimensões ou tipo de rocha encaixante (BRASIL, 2008, p.1).

Cavernas são vazios subterrâneos naturais e grandes o suficiente para permitir o acesso humano. Esta definição antropocêntrica é largamente utilizada no mundo todo, sendo adotada inclusive pela Union Internationale de Spéléologie, entidade que congrega sociedades espeleológicas de diversos países. Elas podem se formar em diversos tipos de rochas, sendo mais comum nas carbonáticas, como calcários e dolomitos, siliciclásticas, como quartzitos e arenitos, e ferríferas, como jaspelitos, itabiritos e couraças ferruginosas laterizadas em diversos estágios de lixiviação/enriquecimento. (CALUX; LOBO. 2016)

Outro conceito importante adotado, de acordo com a Instrução Normativa nº 2/2009 (MMA, 2009b, Anexo II) é o de sistema cárstico:

Conjunto de elementos interdependentes, relacionados à ação da água e seu poder corrosivo junto a rochas solúveis, que dão origem a sistemas de drenagem complexos, englobando sistemas de cavernas e demais feições superficiais destes ambientes, como as dolinas, sumidouros, vales secos, maciços lapiasados e outras áreas de recarga. Incluem-se neste conceito todas as formas geradas pela associação de águas corrosivas e rochas solúveis que resultam na paisagem cárstica. É constituído por suas diversas zonas: exocarste, epicarste e endocarste (BRASIL, 2009, p.20).

## **2.2 Mapas temáticos e análise multicritério**

A abstração da realidade urbana desde sempre coexistiu com as atividades de planejamento de cidades sob a forma de mapas, maquetes, planos e modelos. Exemplos de cidades deliberadamente planejadas permearam a história da humanidade desde a Antigüidade - como assentamentos hindus que remontam a 2600 a.C. ou as cidades da Roma e Grécia Antiga. (ALMEIDA, 2007).

Com isso surgem tecnologias que visam investigar a análise espacial em áreas ambientais, antrópicas, sociais e econômicas. Moura (2007) ressalta a importância de integração de fatores físicos e humanos na elaboração de mapas temáticos, pois esses fatores são considerados pela autora como um sistema, onde um necessita do outro.

Valente (2005) apresenta a importância da análise multicriterial dos mapas temáticos desenvolvidos para uma melhor análise da área de estudo.

[...] seu sucesso tem como principal componente a capacidade de interação e análise dos diferentes planos de informação (características e/ou processos) que compõem as paisagens, em Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) que, por sua vez, também possibilitam a produção dos mapas de prioridades em curto espaço de tempo e confiabilidade.

A abordagem multicriterial é uma das técnicas empregadas para a tomada de decisão que foi incorporada aos SIGs. Nesta abordagem, a base para a tomada de decisão, que pode ser medida e avaliada, é chamada de critério, que pode ser dividido em fatores e restrições. Os fatores equivalem as diferentes características e/ou processos de uma paisagem, importante à geração do mapa de prioridade. (VALENTE, 2005, p.1)

Moura (2007) define análise de multicritérios como...

... um procedimento metodológico de cruzamento de variáveis amplamente aceito nas análises espaciais. Ela é também conhecida como Árvore de Decisões ou como Análise Hierárquica de Pesos (AHP). O procedimento baseia-se no mapeamento de variáveis por plano de informação e na definição do grau de pertinência de cada plano de informação e de cada um de seus componentes de legenda para a construção do resultado final. (MOURA, 2007, p. 2901)

Para a análise de multicritérios, além da criação dos mapas temáticos que serão analisados como geologia, uso do solo, vegetação, hidrografia entre outros, também é necessária a mensuração de pesos para cada variável presente na análise com uma soma total entre essas variáveis serão iguais a 100%, onde a porcentagem dada a cada mapa está relacionada à sua influência na causa e efeito do estudo.

Posteriormente, a atribuição de pesos percentuais referentes a cada variável é necessária a atribuição de valores para as diversidades de cada mapa temático de acordo com o objetivo proposto. Como as diferenças de geologia, graus de declividade, variação altimétrica etc. O exemplo utilizado por Moura (2007) foi a Análise Hierárquica de Pesos (AHP) proposta pelo Prof. Thomas Saaty em 1978, na Universidade da Pensilvânia, onde ele definia os seguintes valores. (tab. 1)

Tabela 1: Escala de Valores AHP.

Intensidade de importância	Definição e Explicação
1	Importância igual - os dois fatores contribuem igualmente para o objetivo
3	Importância moderada - um fator é ligeiramente mais importante que o outro
5	Importância essencial - um fator é claramente mais importante que o outro
7	Importância demonstrada - um fator é fortemente favorecido e sua maior relevância foi demonstrada na prática
9	Importância extrema - a evidência que diferencia os fatores é da maior ordem possível.
2,4,6,8	Valores intermediários entre julgamentos - possibilidade de compromissos adicionais

Fonte: Moura (2007)

Porém, a autora deixa claro a necessidade de visitas de campo para avaliação do resultado gerado pelo programa e avaliação de seus dados. Pois, caso haja contradição entre os resultados e o analisado em campo os valores propostos pela AHP teriam de ser alterados.

Também para uma melhor análise final dos dados propostos é necessário a transformação dessas variáveis em formato raster (arquivo matricial) para otimização do cruzamento de dados, além da definição do mesmo tamanho de pixel para todos os mapas.

A elaboração da base de dados cartográficos, composta na forma de planos de informação e que deverão ser conjugados nas aplicações de modelos de análise espacial, pode ser realizada em formato vetorial ou matricial, mas há fortes tendências para o predomínio das operações dos modelos em formatos matriciais (raster). A questão se justifica pela relação de topologia implícita ao processo matricial, o que não só otimiza o cruzamento de dados, como também é condição *sinequa non* em alguns modelos.

A vantagem de adoção do sistema em raster está na necessidade de modelar o dado desde a sua representação inicial, até o seu cruzamento com outros dados. A aplicação de processos de consultas, cruzamentos e ponderações de variáveis requerem o conhecimento das características específicas do dado, o seu modo de coleta, assim como a adoção de modelos de análise. Assim, a proposta é a de representação de variáveis em planos de informação armazenados na forma de matrizes. (MOURA, 2007, p. 2900)

O estudo apresentado nesta monografia considera todos os métodos citados anteriormente, com ênfase na análise comparativa dos resultados e trabalho de campo realizados, tendo como base de dados acarta geológica Folha SF. 23-X-C-II – São João Del Rei, escala de 1:100.000 (RIBEIRO et al, 2002) sendo a principal fonte de informação na geração do mapa de análise de multicritérios. Além disso, houve troca de informações com a população local

(proximidades da APA) e Instituto Estadual de Florestas de Minas Gerais, IEF-MG, para localização de cavernas já conhecidas.

### 3. ÁREA DE ESTUDO

A Serra de São José é uma Área de Preservação Ambiental (APA) gerida pelo IEF-MG, localizada na região do Campo das Vertentes, no estado de Minas Gerais, engloba as cidades de São João Del Rei, Tiradentes, Santa Cruz de Minas, Prados e Coronel Xavier Chaves. Além desta encontra-se o Refúgio Estadual da Vida Silvestre Libélulas da Serra de São José (REVS São José), criado sob o decreto nº 43, de 5 de novembro de 2004, abrange os mesmos municípios com uma área total de 3.717 ha.(fig.1)

O clima da região enquadra-se no tipo Cwb, segundo a classificação de Köppen, ou seja, o subtropical moderado úmido, também conhecido como clima tropical de altitude, com temperaturas 22°C nos meses mais quentes e 15°C nos meses mais frio, apresentando duas estações bem definidas (SILVA et al., 2004).

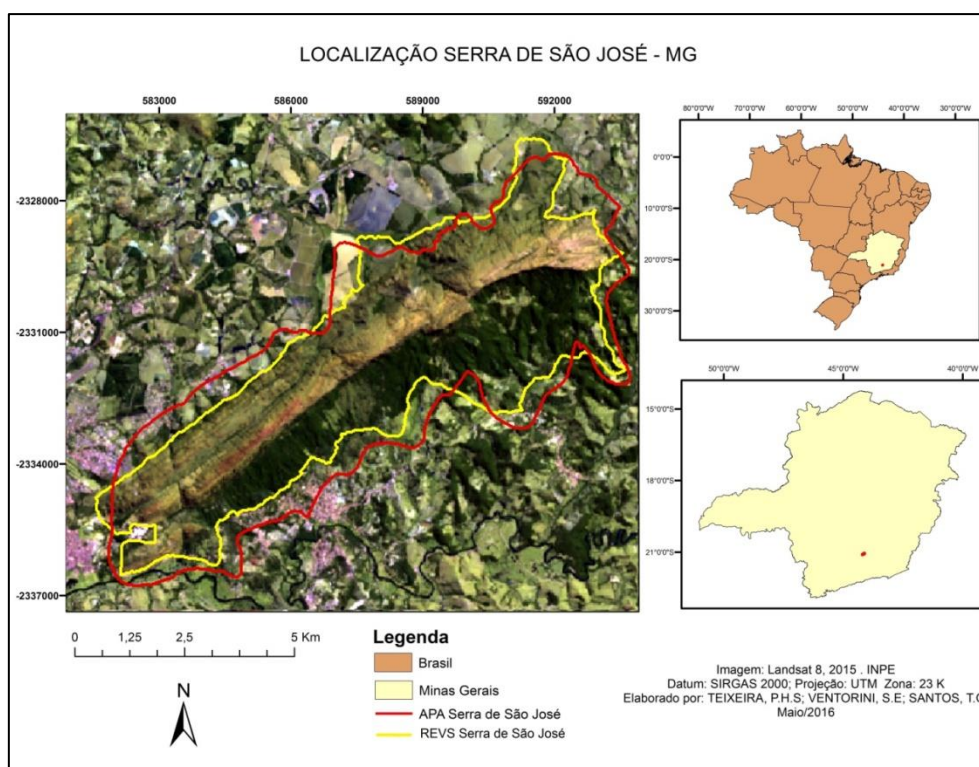


Figura 01: Área de localização da Serra de São José.

Geologicamente, as litologias da Formação Tiradentes compõem a Serra São José e são constituídas por metarenitos puros com níveis ortoconglomeráticos e estruturas preservadas (como “ripples”: marcas de ondas). Contata as demais formações do Grupo São João Del Rei por planos de falha, (RADAMBRASIL, 1983). SAADI (1991) identificou a ação da tectônica ressurgente na dinâmica da paisagem das adjacências da área estudada, analisando a descrição de um *graben* formado no contato entre os metarenitos da Formação Tiradentes e metassiltitos da Formação Prados. A região faz parte do Planalto de Andrelândia, caracterizado por colinas com topos convexos, tabulares e encostas convexizadas. Elevações metareníticas como a Serra São José representam estruturas com vertentes assimétricas, sendo a parte voltada para sudeste e sul uma escarpa vertical, mostrando os efeitos de basculamento a que foram submetidas (RADAMBRASIL, 1983).

Segundo RIBEIRO (1997), geologicamente a formação Tiradentes inclui quatro seqüências quartzíticas reunidas na Megasseqüência São João Del Rei. A Seqüência Lenheiro é a quarta, e aparece em concordância relativa sobre a Seqüência Tijuco. (fig. 2).

RIBEIRO et al. (2002) define essas seqüência como:

Megasseqüência São João Del Rei - Trata-se de uma sucessão quartzítica com 1000m de espessura, que aflora nas serras do Lenheiro (São João Del Rei) e São José (Tiradentes). Suas rochas mostram boa preservação da composição, texturas e estruturas primárias. A fraca deformação gerou clivagem ardosiana, geralmente em ângulo acentuado com o acamamento. O metamorfismo é caracterizado por cianita em filmes pelíticos e veios de quartzo, e escasso cloritóide em arenitos quartzolíticos. Enxames de veios de quartzo (N-S/subverticais) e de diques metabásitos (NEE-SSW) cortam esta megasseqüência. Discordâncias internas permitem reconhecer quatro seqüências deposicionais: Tiradentes, São José e Tejuco, cada uma com cerca de 150m de espessura, e Lenheiro, com cerca de 600m de espessura.

Seqüência Tiradentes - Está representada pela unidade de mapeamento Quartzitos metaconglomerados. Esta seqüência repousa em discordância angular e/ou litológica sobre o embasamento. Na base ocorrem conglomerados e arenitos seixosos quartzolíticos, maciços ou com estratificação horizontal. Sobre estas fácies aparecem ciclos compostos por camadas de quartzitos com estratificação cruzada e marcas de onda e, localmente, estratificação cruzada de baixo ângulo ou *hummocky*. As fácies são interpretadas como depósitos de *foreshore* e *shoreface*, gerados durante lenta transgressão, em plataforma epicontinental.

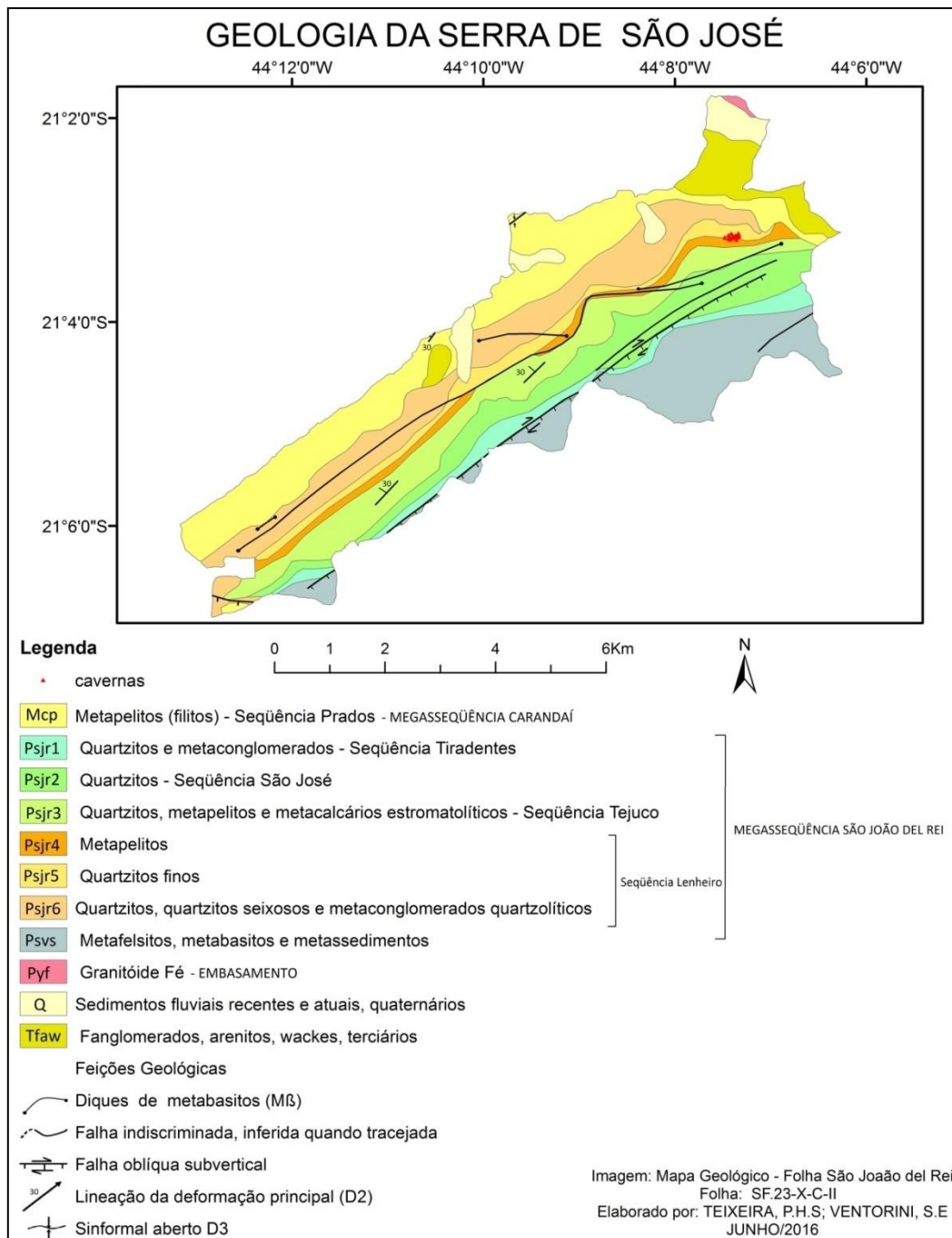


Figura 2: Geologia simplificada da Serra de São José.

Seqüência São José - Está representada pela unidade de mapeamento Quartzitos. É uma unidade limitada, na base e no topo, por desconformidades. A seqüência é dominada por ciclos compostos por dois tipos de camadas quartzíticas: com estratificações cruzadas de grande a médio porte, e com estratificações cruzadas de pequeno porte, muitas do tipo espinha-de-peixe, algumas sobrepostas por marcas de onda. Os depósitos são interpretados como de *shoreface* dominada por ação de marés.

Seqüência Tejuco - Está representada pela unidade de mapeamento Quartzitos, metapelitos e metacalcários e stromatolíticos. É constituída por uma sucessão de camadas lenticulares, delgadas, de quartzitos com estratificações cruzadas, a maioria acanalada, e

intercalações de delgadas lentes pelíticas (filitos cinzentos e esverdeados com pirita). No topo da seqüência aparecem fácies heterolíticas constituídas por quartzitos com marcas de onda e recobrimentos pelíticos, muitos com gretas de ressecamento. Localmente, ocorrem calcários estromatolíticos. Estes depósitos são interpretados como a progradação de um sistema laguna-planície de maré (fácies heterolíticas) sobre fácies de sub maré (quartzitos e lentes pelíticas).

Seqüência Lenheiro - Inclui as unidades de mapeamento Metapelitos, Quartzitos finos, e Quartzitos, quartzitos seixosos e metaconglomerados quartzolíticos. A seqüência representa uma sucessão granocrescente e estratocrescente para o topo, constituída por pelitos, arenitos finos, arenitos seixosos e conglomerados quartzolíticos. É interpretada como seqüência deltáica de rio entrelaçado. Nas três seqüências plataformais basais as estruturas primárias e distribuição das fácies indicam paleolinha de costa NE-SW e predomínio de correntes litorâneas dirigidas para NE. Na Seqüência Lenheiro, as paleocorrentes fluviais NW mostram ascensão de áreas imersas da antiga plataforma a SE. Idades modelo Sm-Nd de diques máficos que cortam as seqüências e correlações alo estratigráficas com o Supergrupo Espinhaço permitem vincular a Megasseqüência São João Del Rei ao Período Estateriano (1,8 - 1,6 Ga).

Megasseqüência Carandaí – Inclui as seqüências Barroso, rica em calcários, e Prados, pelítica. Os calcários aparecem em discordância sobre o embasamento. Os pelitos Prados recobrem, em discordância, o embasamento, os calcários Barroso e os quartzitos de São João Del Rei, e são cobertos por filitos Andrelândia. As rochas estão em fácies xisto verde com biotita e têm clivagem ardosiana e/ou crenulação bem desenvolvidas nos pelitos.

Seqüência Barroso - Apresenta metadiamicrito e filito, na base, e metacalcário com intercalações de calcifilito, no topo.

Seqüência Prados - Engloba duas espessas sucessões de metapelitos maciços, gradados (siltito-argilito) ou laminados, separadas por uma camada de grafita filito. Os metapelitos basais são cinzentos a esverdeados e os do topo, geralmente, amarelados.

#### **4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

Os procedimentos metodológicos utilizados para elaboração desta monografia foram divididos em duas etapas, sendo a primeira de escritório, onde ocorreu análise de dados bibliográficos, elaboração de mapas temáticos da área de estudo, análise multicriterial destes mapas e elaboração de caminhamentos a serem realizados na área pré definida. Posteriormente a etapa de campo com preenchimento das fichas de prospecção endocárstica e análise dos dados obtidos.

Na etapa de escritório com os dados bibliográficos da região analisados, partiu-se para a elaboração dos mapas temáticos da região da Serra de São



José, como os mapas de localização, hipsométrico, geológico e de declividade. Finalizada esta etapa iniciou-se a análise multicritério com o cruzamento dos mapas temáticos elaborados anteriormente, com a finalidade de propor a probabilidade de ocorrência de cavernas na região.

Esta etapa, conforme citado no item 2.3, foi dividida em duas partes, com a mensuração de pesos proporcionalmente à importância de cada variável, através do cruzamento entre elas com um peso total final de 100%. (Fig. 3)

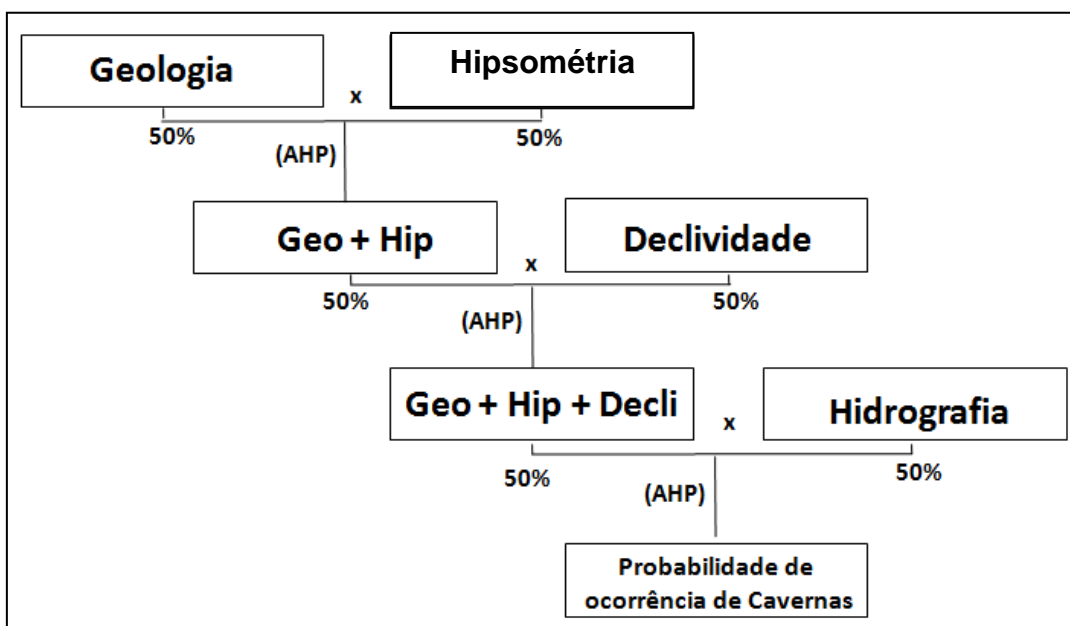


Figura 3: Fluxograma AHP

Em seguida, a atribuição de valores para cada subdivisão das variáveis, como os diferentes litotipos, as diferenças altimétricas, hidrografia, entre outras variáveis. Esses pesos foram definidos de acordo com os valores de AHP citados no item 2.3. Foram estabelecidos os valores no intervalo de 1 a 5, onde o 5 representava a maior probabilidade de ocorrência de caverna, e o 1, a menor probabilidade (Tab. 2).

Tabela 2: Pesos utilizados na AHP.

Pesos utilizados na análise multicriterial		
	Tipo	Peso
<b>Geologia</b>	Mcp	1
	Psjr1	3
	Psjr2	3
	Psjr3	3
	Psjr4	3
	Psjr5	3
	Psjr6	3
	Psvs	1
	Pyf	1
	Q	1
	Tfaw	1
<b>Feições Geológicas *</b>	Todas	3
<b>Hipisométria (m)</b>	900-1059	1
	1060-1219	3
	1220-1380	5
<b>Declividade (°)</b>	0-29	1
	30-49	3
	50-85	5
<b>Hidrografia</b>	Todas	3

\*Feições geológicas conforme figura 2.

Para a elaboração dos caminhamentos espeleológicos, foram levantadas a bibliografia técnica disponível, as bases cartográficas e imagens de sensores remotos, que subsidiaram a análise dos locais de maior potencial espeleológico aparente. Objetivando identificar áreas de interesse para o planejamento de caminhamentos.

Os caminhamentos foram elaborados de acordo com a avaliação de potencial espeleológico, onde dados de geomorfologia, geologia, hipsometria e imagens orbitais são analisados, visando identificar áreas que apresentem potencial espeleológico aparente, tal como entalhamento de drenagens, depósitos de talus e escarpas (MOURA, 2011). Além da análise dos dados cartográficos e bibliográficos, foram realizados encontros com funcionários do IEF-MG, entidade responsável pela administração do REVS São José e a APA Serra de São José, visando obter informações sobre cavidades já conhecidas. Nos trabalhos de campo foram realizados um total de quatro etapas de campo onde foram cadastradas vinte e duas cavernas (tab. 3).

Tabela 3: Localização e descrição das cavernas encontradas.

NOME	UTM-E	UTM-N	ALTITUDE (m)	PROJEÇÃO HORIZONTAL estimada (m)	ALTURA DA ENTRADA PRINCIPAL estimada (m)	LITOLOGIA
V1 PSSJ 01	PONTOS DE CONTROLE					
V1 PSSJ 02						
V1 PSSJ 03	591295	7670813	1355	10	1,5	Quartzito
V1 PSSJ 04	591294	7670816	1353	15	2	Quartzito
V1 PSSJ 05	591302	7670858	1335	7	1	Quartzito
V1 PSSJ 06	591290	7670828	1347	30	4	Quartzito
V2 PSSJ 07	591362	7670825	1352	10	2,5	Quartzito
V2 PSSJ 08	591363	7670845	1344	160	3	Quartzito
V2 PSSJ 09	591351	7670860	1335	50	4	Quartzito
V3 PSSJ 10	591257	7670788	1364	5	0,5	Quartzito
V3 PSSJ 11	591246	7670802	1362	50	1,2	Quartzito
V3 PSSJ 12	591252	7670806	1361	30	3	Quartzito
V4 PSSJ 13	591426	76708775	1351	7	2,5	Quartzito
V4 PSSJ 14	591403	7670868	1337	20	1	Quartzito
V4 PSSJ 15	591403	7670868	1337	10	1,5	Quartzito
V4 PSSJ 16	591419	7670896	1327	50	2	Quartzito
V4 PSSJ 17	591170	7670822	1351	2	1	Quartzito
V4 PSSJ 18	591240	7670860	1326	6	0,5	Quartzito
V4 PSSJ 19	591289	7670892	1341	12	2	Quartzito
V4 PSSJ 20	591420	7670833	1354	3	0,8	Quartzito
V4 PSSJ 21	591418	7670849	1344	15	2	Quartzito
V4 PSSJ 22	591415	7670840	1347	10	2	Quartzito
V4 PSSJ 23	591423	7670851	1344	5	1,5	Quartzito
V4 PSSJ 24	591423	7670851	1344	60	3	Quartzito

Para marcação destas cavernas foram utilizados os dados georreferenciados dos caminhamentos, e, com o auxílio de GPS e do aplicativo *ViewRanger®GPS* (Augmentra, 2015). As cavidades encontradas estão sendo descritas de acordo com uma ficha de prospecção endocárstica, onde são sistematizadas as informações básicas sobre a cavidade. Após a etapa de prospecção foi realizada a organização dos dados coletados, com a finalidade de gerar mapas de localização das cavidades, que poderão auxiliar na execução de investigações posteriores.

A nomenclatura usada para o registro destas cavernas foi pré-estabelecida de acordo com o número da visita de campo realizada (V), o local onde estava sendo realizada a prospecção (e.g. Prospecção Serra de São José - PSSJ) e a numeração da cavidade encontrada.

## 5. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

### 5.1. Análise cartográfica multicriterial.

Como destacado nos procedimentos metodológicos, o intuito da análise destes mapas era a obtenção de uma área propícia a localização de cavidades, onde o CECAV (2008) destaca a probabilidade de ocorrência de cavernas no estado de Minas Gerais.

Os mapas temáticos utilizados para a elaboração desta análise multicriterial foram os mapas geológico, hipsométrico, de declividade, além da hidrografia da Serra de São José, obtida em base de dados do Instituto Mineiro de Gestão de Águas (IGAM). As classes definidas nesta análise foram: Ocorrência Improvável, Baixa e Média. De acordo com as variáveis utilizadas (citadas acima), encontradas na área de estudo, a ocorrência de cavernas estaria condicionada a essas três classes. (Fig.4)

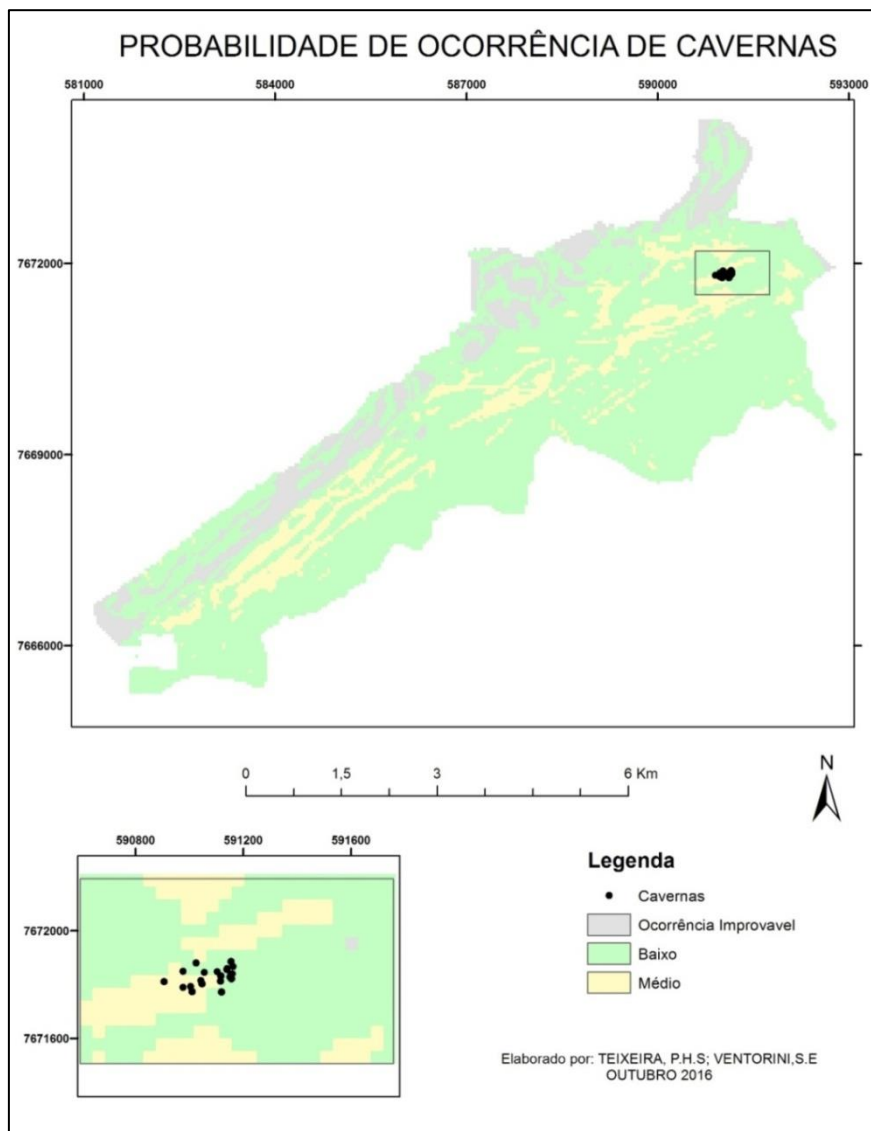


Figura 4: Probabilidade de ocorrência de cavernas.

De acordo com os trabalhos de campo realizados, o resultado da análise multicriterial mostrou-se muito condizente com o real, onde na área destacada a ser estudada foram encontradas as diversas cavernas, apontando para um número de cavidades ainda maior, levando-se em consideração a projeção linear dos setores médios, onde a maioria das cavernas identificadas até o momento encontra-se localizada.

## 5.2. Caracterização da área das cavernas catalogadas.

Com os trabalhos de campo realizados para elaboração desta monografia, foram catalogadas 22 cavidades na porção nordeste da Serra de São José, cujas localizações encontram-se com uma variação altimétrica entre 1340 e 1380 metros, onde a declividade desta mesma região varia entre 30° e 60°. (Fig. 5, 6)

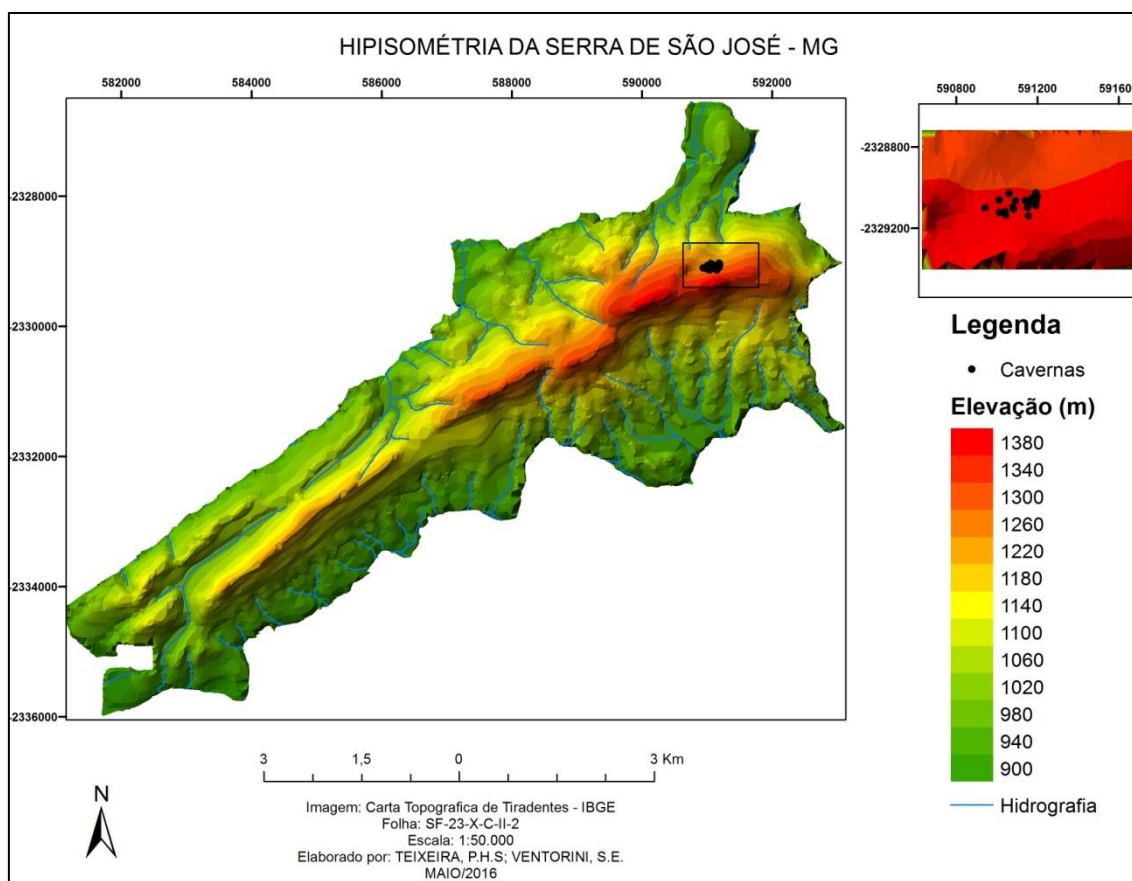


Figura 5: Hipsometria da Serra de São José.

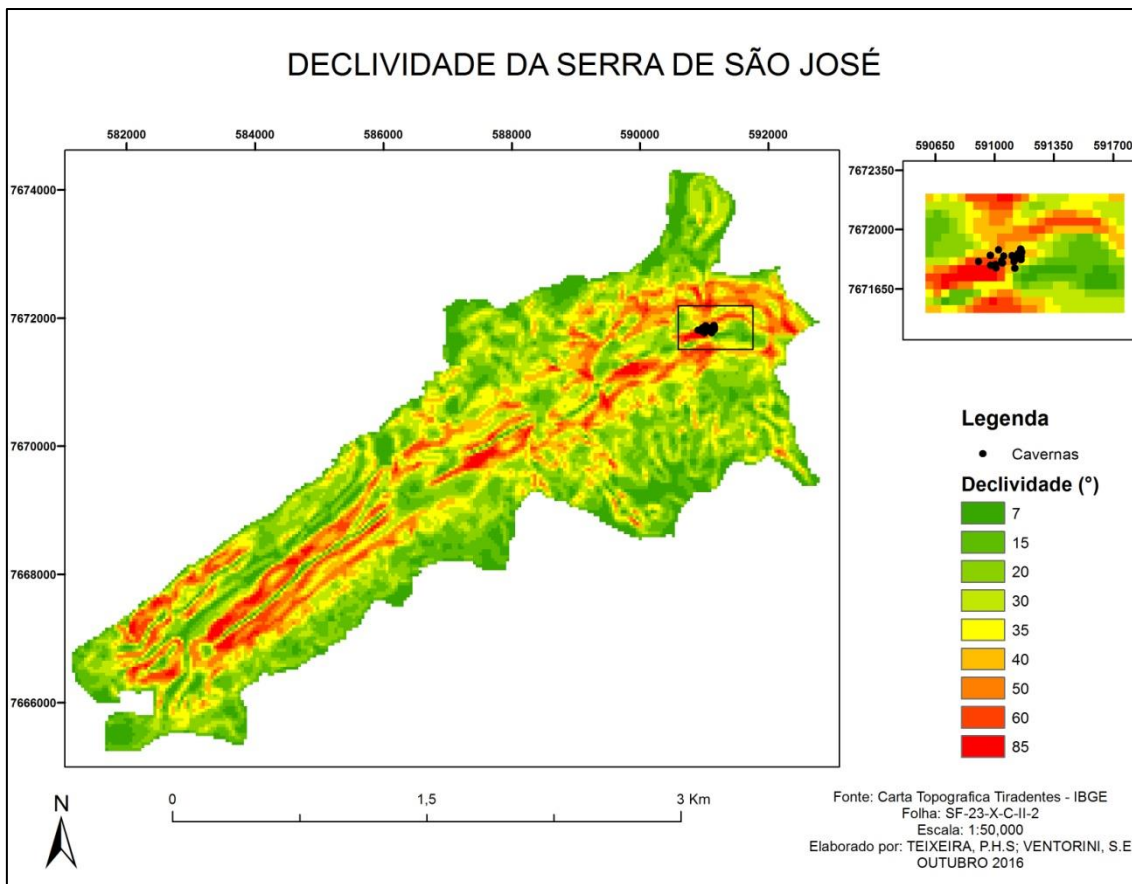


Figura 6: Declividade da Serra de São José.

Outra característica importante sobre estas cavernas é o seu processo de formação, no quais os prováveis motivos de sua formação foram a dissolução dos minerais silicicláticos da rocha matriz quartzítica, através da percolação da água em planos de acamamentos e redes de fraturas, e do processo natural de erosão. Além desses motivos, o abatimento de blocos também contribui para a configuração das cavidades subterrâneas catalogadas. (Fig. 7)

Dentre as 22 cavernas descritas 50% delas estão com medida estimada entre 1 e 10 metros de projeção horizontal. Outras 9 cavernas se encontram com medida estimada de projeção horizontal entre 11 e 50 metros e outras 2 cavidades entre maiores de 50 metros, sendo a cavernas V2-PSSJ-08 com 160 metros estimados de projeção horizontal e a cavidade V4-PSSJ-24 com 60 metros. Estas medidas foram estimadas de acordo com o caminho percorrido dentro de cada cavidade.





Figura 7: Litoambiente quartzítico da área de estudo.

Outra característica importante neste tipo de caverna não carbonática é o tipo de espelotema encontrado. Nas cavidades catalogadas, devido à sua litologia, os espeleotemas encontrados foram os coralóides, comuns em cavernas quartzíticas.

Segundo White (2012), espeleotema é um termo inventado que surgiu em 1952 para diferenciar do termo “formação de rochas” que era facilmente confundido. Estes são depósitos secundários em cavernas da formação das cavernas, que surgem através da dissolução das rochas presentes. (fig. 8)



Figura 8: Coralóide, espeleotema comum no contexto local.

Objeto de estudo muito importante também encontrado nestas cavidades foi a presença de um pote de barro, de valor arqueológico-cultural, podendo estar relacionado à presença de escravos fugidios, muito presentes nas fazendas e vilas da região, durante o período colonial da história do Brasil, ou ainda, a manifestações de cunho religioso não permitidas pelas autoridades da época. (fig. 9)



Figura 9: Pote encontrado dentro da cavidade V2-PSSJ-08

Além dos elementos presentes na paisagem do contexto litológico, também foram encontrados nestas cavernas elementos da fauna e da flora presentes neste tipo de ambiente. Elemento bastante comum entre estas cavernas foi a presença de raízes e matéria orgânica gerada pelas folhas da vegetação em torno das cavidades (fig. 10), onde nos períodos mais secos, ocorre a perda da folhagem pela vegetação (vegetação caducifolia) e o acúmulo das mesmas no interior destas cavidades. (fig. 11)





Figura 10: Fauna e flora presentes no interior das cavidades



Figura 11: Diferença do vigor da vegetação entre os períodos seco e úmido do ano.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho apresentou as seguintes conclusões até o momento, visto que ainda há um grande potencial espeleológico a ser identificado e estudado:

- Foram identificadas 22 cavidades localizadas na porção nordeste da área de estudo.
- Por meio da análise de mapas temáticos e a elaboração de um mapa de possíveis locais com presença de cavernas foram feitas diversas análises para uma melhor definição da área a ser estudada. Foi constatado que o modelo gerado para a localização das mesmas foi satisfatório, visto que a presença de cavidades na Serra de São José nas áreas definidas pelo mapa.

- Outro fator importante deste estudo foi a caracterização do local como uma área de distrito espeleológico, visto que a concentração de cavidades encontradas neste ponto da Serra de São José é muito grande e existe o conhecimento de outras cavidades localizadas próximo a esta catalogadas.

- A preservação desta área se faz cada vez mais necessária tendo em vista o grande potencial espeleológico evidenciado na Serra de São José, com a possível formação de diversas cavernas localizadas em toda a sua extensão. O manejo desta área é de fundamental importância para a conservação destes locais de características tão singulares.

- Das cavidades encontradas a sua maioria se encontra com variação estimada entre 2 e 10 metros de projeção horizontal, porém duas cavidades apresentam maior relevância, a cavidade V4-PSSJ-24 e a V2-PSSJ-08. Sendo a cavidade V2-PSSJ-08 a de maior importância, devido a seu tamanho estimado de 160 metros e a presença de um “pote” que segundo informações pretéritas pode ser da época da escravidão no Brasil. As demais cavidades mostraram características comuns num contexto local, porém, aparentam constituir um sistema único de cavidades, pelo fato destas estarem muito próximas e da gênese estar relacionada principalmente a dissolução destas rochas e conseqüentemente o abatimento das mesmas formando os depósitos de tálus.

- Os resultados apresentados podem servir de apoio para a gestão das áreas de proteção da Serra de São José (APA e REVS) visando a proteção e conservação das mesmas. Outro ponto importante neste trabalho é a divulgação do patrimônio espeleológico local, fazendo com que mais trabalhos possam ser desenvolvidos nesta mesma área.

## 7. REFERÊNCIAS

ALMEIDA. C. M. **O diálogo entre as dimensões real e virtual urbano.** In ALMEIDA, CÂMARA, G; MONTEIRO, A. M. V (org.) Geoinformação em urbanismo: cidade real x cidade virtual. São Paulo: Oficina de Texto, 2007.

AUGMENTRA Ltd. **Viewranger.** 2015. Cambridge: Augmentra. Disponível em <<http://www.viewranger.com/en-gb>>. Acesso em junho 2015.

BRASIL. **Presidência da República**. Decreto n. 6.640, de 7 de novembro de 2008. Dá nova redação aos arts. 1º, 2º, 3º, 4º e 5º e acrescenta os arts. 5-A e 5-B ao Decreto no 99.556, de 1º de outubro de 1990, que dispõe sobre a proteção das cavidades naturais subterrâneas existentes no território nacional. Diário Oficial da União. Brasília DF, 10 nov. 2008. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2007-2010/2008/Decreto/D6640.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2008/Decreto/D6640.htm)>. Acesso em: setembro 2016.

BRASIL. **Ministério do Meio Ambiente**. INSTRUÇÃO NORMATIVA MMA N°-2, DE 20 DE AGOSTO DE 2009 – COMENTADA (Abril/2012). Brasília DF, 01 out. 2009. Disponível em: <[http://www.icmbio.gov.br/cecav/images/download/IN%2002\\_MMA\\_Comentada.pdf](http://www.icmbio.gov.br/cecav/images/download/IN%2002_MMA_Comentada.pdf)>. Acesso em: setembro 2016.

CALUX, A.S; LOBO, H.A.S. Cavernas. In: LOBO, H.A.S; SÁNCHEZ, L.E (Orgs). **Guia de boas práticas ambientis na mineração de calcário em áreas cársticas**. 1ª ed. Campinas: Sociedade Brasileira de Espeleologia, 2016. p. 93-125.

CECAV. **Legislação Espeleológica**. Disponível em: <[http://www.icmbio.gov.br/cecav/index.php?option=com\\_content&view=article&id=51&Itemid=90](http://www.icmbio.gov.br/cecav/index.php?option=com_content&view=article&id=51&Itemid=90)> Acesso em: setembro 2016.

CECAV. **Potencialidade de ocorrência de cavernas – Primeira aproximação – Estado de Minas Gerais.1:5.000.000**. Brasília/DF. 2008

CECAV. **Regiões Cársticas do Brasil**. Disponível em: <<http://www.icmbio.gov.br/cecav/projetos-e-atividades/provincias-espeleologicas.html>> Acesso em: agosto 2016.

CORRÊA NETO, A.V.; BAPTISTA FILHO, J. **Espeleogênese em Quartzitos da Serra do Ibitipoca, Sudeste de Minas Gerais**. Anuário do Instituto de Geociências. v. 20. 1997, p.75-87.

CRUZ, J. B. **Levantamento Espeleológico: Prospecção, identificação e caracterização de cavidades naturais subterrâneas no lajedo do Arapuá, Felipe Guerra/RN, tendo como suporte geotecnologias**. Monografia. Universidade Federal do Rio Grande do Natal. 2008.Norte.

FABRI, F.P. **Estudo das Cavernas Quartzíticas da Região de Itambé do Mato Dentro, Serra do Espinhaço Meridional, MG**. Dissertação (Mestrado em Geografia). Belo Horizonte: IGC/UFMG. 2011. 179p.

HARDT, R. Breve Inventário do Patrimônio Espeleológico. In: RUCHKYS, U. de A; TRAVASSOS, L.E.P; RASTEIRO, M.A; FARIA, L.E.(Orgs). **Patrimônio Espeleológico em Rochas Ferruginosas**. 1ª Ed. Campinas; Grafia Mundo, 2015, Parte I, p. 44-55.

HARDT, R. **Da carstificação em arenitos. Aproximação com suporte de geotecnologias**. Universidade Estadual Paulista Júlio Mesquita Filho. 2011. 228f. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Rio Claro. São Paulo

ICMBio. CECAV. **IV CURSO DE ESPELEOLOGIA E LICENCIAMENTO AMBIENTAL**. Brasília. DF. 2013. 207 p.

JANSEN, D. C. **ANÁLISE AMBIENTAL DA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DO MORRO DA PEDREIRA E DO PARQUE NACIONAL DA SERRA DO CIPÓ PARA A PROTEÇÃO DO PATRIMÔNIO ESPELEOLÓGICO**. 2013. 150f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte.

MIRANDA, M.P.S; CHIODI. C.K. Proteção Jurídica do Patrimônio Espeleológico. In: RUCHKYS, U. de A; TRAVASSOS, L.E.P; RASTEIRO, M.A; FARIA, L.E.(Orgs). **Patrimônio Espeleológico em Rochas Ferruginosas**. 1ª Ed. Campinas; Grafia Mundo, 2015, Parte I, p. 56-77.

MOURA, A. C. M. **Reflexões metodológicas como subsídio para estudos ambientais baseados em Análise de Multicritérios**. Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE.

MOURA, V. Prospecção espeleológica: topografia e espeleometria de cavernas. In: CECAV (Org.). **III Curso de espeleologia e licenciamento ambiental**. v.1. Belo Horizonte: Editora Rona, 2011. p.45-87.

RADAMBRASIL. **Levantamento dos recursos naturais: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Folhas SF. 23/24, Rio de Janeiro/Vitória**. Rio de Janeiro: Ministério das Minas e Energia, 1983.

RIBEIRO, A. et al. **Carta Geológica. Folha SF. 23-X-C-II – São João del Rei. Escala 1: 100.000**. Rio de Janeiro/Belo Horizonte: UFRJ-UFGM-COMIG. 2002.

RIBEIRO, A. **Estratigrafia e Paleoambientes nas sucessões metassedimentares proterozóicas das Serras do Lenheiro e São José, São João Del Rei, Sul de Minas Gerais**. 1997. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 1997.

SAADI, A. **Ensaio sobre a morfotectônica de Minas Gerais: tensões intraplaca, descontinuidades crustais e morfogênese**. 1991. 285f. Tese (Professor Titular) - Departamento de Geografia - Instituto de Geociências - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1991.

SILVA, A. C.; VIDAL-TORRADO, P.; MARTINEZ CORTIZAS, A.; GARCIA RODEJA, E. **Solos do topo da Serra São José (Minas Gerais) e suas relações com o paleoclima no sudeste do Brasil**. R. Bras. Ci. Solo, v. 28, p. 455-466, 2004.

UNESCO (1972). **CONVENÇÃO PARA A PROTECÇÃO DO PATRIMÔNIO MUNDIAL, CULTURAL E NATURAL**. Disponível em: <<http://whc.unesco.org/archive/convention-pt.pdf>> Acesso em: Setembro 2016.

VALENTE, R. O. A. **Definição de áreas prioritárias para conservação e preservação florestal por meio da abordagem multicriterial em ambiente SIG. 2005.** 137 f. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

WHITE, W.B; CULVER, D.C. **Encyclopedia of Caves.**Second Edition.Elsevier. 2012. p.963.