



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

**AVALIAÇÃO DO GEOMORFOSSÍTIO DA CAVERNA SERRA DAS
ANDORINHAS – MUNICÍPIO DE SÃO GERALDO DO ARAGUAIA/PA**



Diêmison Ladislau de Alencar

**Ituiutaba
2021**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

DIÊMISON LADISLAU DE ALENCAR

**AVALIAÇÃO DO GEOMORFOSSÍTIO DA CAVERNA SERRA DAS
ANDORINHAS – MUNICÍPIO DE SÃO GERALDO DO
ARAGUAIA/PA**

**Ituiutaba
2021**

DIÊMISON LADISLAU DE ALENCAR

**AVALIAÇÃO DO GEOMORFOSSÍTIO DA CAVERNA SERRA DAS
ANDORINHAS – MUNICÍPIO DE SÃO GERALDO DO
ARAGUAIA/PA**

Dissertação apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Geografia do Pontal - Área de Concentração: Produção do Espaço e Dinâmicas Ambientais, do Instituto de Ciências Humanas do Pontal (ICHPO), da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), como exigência parcial para obtenção do Título de Mestre em Geografia.

Linha de Pesquisa: Dinâmicas Ambientais

Orientadora: Dra. Leda Correia Pedro Miyazaki

**Ituiutaba
2021**

DIÊMISON LADISLAU DE ALENCAR

**AVALIAÇÃO DO GEOMORFOSSÍTIO DA CAVERNA SERRA DAS
ANDORINHAS – MUNICÍPIO DE SÃO GERALDO DO ARAGUAIA/PA**

Dissertação aprovada para obtenção do título de Mestre no Programa de Pós-graduação em Geografia do Pontal da Universidade Federal de Uberlândia (MG) pela banca examinadora formada por:

Ituiutaba, 07 de abril de 2021.



Prof. Dra. Leda Correia Pedro Miyazaki (orientadora)
Universidade Federal de Uberlândia – Instituto de Ciências Humanas do Pontal (ICHPO)



Prof. Dra. Lilian Carla Moreira Bento (Membro Interno)
Universidade Federal de Uberlândia – Instituto de Ciências Humanas do Pontal (ICHPO)



Prof. Dr. Abraão Levi dos Santos Mascarenhas (Membro Externo)
Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará – Instituto de Ciências Humanas (ICH)

Resultado: Aprovado

A368 Alencar, Diêmison Ladislau de, 1993-
2021 AVALIAÇÃO DO GEOMORFOSSÍTIO DA CAVERNA SERRA DAS
ANDORINHAS: MUNICÍPIO DE SÃO GERALDO DO ARAGUAIA/PA
[recurso eletrônico] / Diêmison Ladislau de Alencar. -
2021.

Orientadora: Leda Correia Pedro Miyazaki.
Coorientador: Abraão Levi dos Santos Mascarenhas.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de
Uberlândia, Pós-graduação em Geografia.
Modo de acesso: Internet.
Disponível em: <http://doi.org/10.14393/ufu.di.2022.154>
Inclui bibliografia.

1. Geografia. I. Miyazaki, Leda Correia Pedro, 1979-
(Orient.). II. Mascarenhas, Abraão Levi dos Santos, 1976-
, (Coorient.). III. Universidade Federal de Uberlândia.
Pós-graduação em Geografia. IV. Título.

CDU: 910.1

*“Quando atingimos o nosso ponto mais baixo
é quando estamos abertos para a maior mudança”*
Autor: Avatar Aang (*The Legend of Korra*)

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente aos meus pais Maria Luzinete Ladislau e José Gonçalves de Alencar, em especial a minha mãe pelo seu apoio, não só pelo esforço de criar, educar e zelar 7 filhos desde o nascimento até a fase adulta, mas por ser meu maior exemplo de ser humano.

A minha orientadora Prof^ª. Dra. Leda Correia Pedro Miyazaki, por me apoiar, incentivar e acreditar no meu potencial dentro da Geografia, transmitindo seus conhecimentos tanto teóricos como práticos, me sinto honrado por ter tê-la como orientadora.

Ao Prof^ª Dr. Abraão Levi juntamente com a Prof^ª. Dra. Lilian Bento com as contribuições, ambos por aceitar o convite para banca de defesa da dissertação. Aos professores Abraão Levi (novamente hahah) e Maria Rita Vidal, por todo o suporte e apoio que vem me dando desde a graduação, e que sem dúvidas tenho como exemplo de professores e profissionais.

A Fundação Casa de Cultura de Marabá, juntamente com o Maricélio de Medeiros Guimarães, Ricardo Figueira, e Tatiane.

Aos meus colegas de turmas, que de modo indireto me incentivaram e me deram ideias de como pensar da melhor forma possível os caminhos a serem seguidos.

A toda a equipe do PPGEP que sempre tiveram a disposição a auxiliar e me dá todo suporte necessário e principalmente por ter me dado a oportunidade de poder participar deste programa que foi muito importante pra mim. Muito obrigado!!!

Agradeço a FAPEMIG pelo incentivo a ciência juntamente com o Programa de Pós Graduação em Geografia do Pontal da UFU. Obrigado a todos que fizeram parte desta conquista.

RESUMO

A Caverna Serra das Andorinhas se localiza sob coordenadas 6°5'25" ao Sul e 48°30'37" ao Oeste, no setor SO do PESAM, área onde se concentram extensos relevos íngremes aparecendo em setores abruptos caracterizados por escapas em geoformas no platô. Justifica-se a importância da pesquisa pela necessidade de realizar uma análise integrada da paisagem que compreende a Caverna Serra das Andorinhas enquanto geomorfossítio, destacando seus valores, os condicionantes ambientais e aspectos que poderão fundamentar a necessidade de proteção da área. O objetivo geral da pesquisa foi realizar uma avaliação do geomorfossítio da caverna da Serra das Andorinhas, a fim de mensurar os valores reais enquanto área de interesse geomorfológica. Abordou-se as principais teorias que norteiam o conceito de Geodiversidade, Geoconservação e sua relação com o Patrimônio Geomorfológico sob ótica geográfico-geomorfológica voltada para os relevos cársticos brasileiros. Também se discutiu a conceituação dos relevos cársticos, sua distribuição no território, bem como suas litologias. Em sequência, abordou-se os processos e formações das paisagens cársticas, dando ênfase na visão interna e externas e seus processos conjuntos e isolados. No que se refere aos procedimentos metodológicos, foi elaborada uma inventariação de ficha de avaliação de interesse geomorfológico na caverna Serra das Andorinhas, em que foi registrado o valor qualitativo de todos os valores existentes na área. Em sequência, foi apresentado uma caracterização geral do Município de São Geraldo do Araguaia, destacando seus atributos físicos e sociais onde, em seguida, foi caracterizado a Serra dos Martírios/Andorinhas e a APA Araguaia. Os resultados obtiveram valores altos de relevância geomorfológica, possuindo grandes valores atribuídos que são justificados no texto. A metodologia de inventariação proposta por Pereira (2006) foi aplicada com êxito após realizar adaptações (como a retirada da ficha numérica de avaliação quantitativa) voltadas a realidade da área estudada, acreditando sempre que as metodologias seguidas por autores referentes devem ser adaptadas conforme o desenvolvimento dos trabalhos científicos. A elaboração dessa dissertação é um trabalho inicial acerca da avaliação dos geomorfossítios do Parque Estadual Serra dos Martírios/Andorinhas e Área de Proteção Ambiental do Araguaia. Apesar de toda as adversidades e contratemplos ocorridos ao longo desta pesquisa, o trabalho conseguiu alcançar os objetivos propostos.

Palavras-chave: Geomorfossítio, Geodiversidade, Caverna, Carste

ABSTRACT

The Serra das Andorinhas Cave is located at coordinates 6°5'25" to the South and 48°30'37" to the West, in the SW sector of the PESAM, an area where extensive steep reliefs are concentrated, appearing in abrupt sectors characterized by escapes in geofoms in the plateau. The importance of the research is justified by the need to carry out an integrated analysis of the landscape that comprises the Serra das Andorinhas Cave as a geomorphosity, highlighting its values, the environmental conditions and aspects that may justify the need to protect the area. The general objective of the research was to carry out an evaluation of the geomorphosity of the Serra das Andorinhas cave, in order to measure the real values as an area of geomorphological interest. The main theories that guide the concept of Geodiversity, Geoconservation and its relationship with the Geomorphological Heritage were approached from a geographic-geomorphological perspective focused on the Brazilian karst reliefs. The conceptualization of karst reliefs, their distribution in the territory, as well as their lithologies were also discussed. In sequence, the processes and formations of the karst landscapes were approached, emphasizing the internal and external vision and their joint and isolated processes. With regard to the methodological procedures, an inventory of an evaluation form of geomorphological interest was prepared in the Serra das Andorinhas cave, in which the qualitative value of all existing values in the area was recorded. In sequence, a general characterization of the Municipality of São Geraldo do Araguaia was presented, highlighting its physical and social attributes, where, then, the Serra dos Martírios/Andorinhas and the APA Araguaia were characterized. The results obtained high values of geomorphological relevance, having large assigned values that are justified in the text. The inventory methodology proposed by Pereira (2006) was successfully applied after carrying out adaptations (such as removing the numerical form of quantitative evaluation) aimed at the reality of the studied area, always believing that the methodologies followed by referring authors must be adapted according to the development of scientific works. The elaboration of this dissertation is an initial work on the evaluation of the geomorphosites of the Serra dos Martírios/Andorinhas State Park and Araguaia Environmental Protection Area. Despite all the adversities and setbacks that occurred throughout this research, the work managed to achieve the proposed objectives.

Keyword: Geomorfossitio, Geodiversity, Cave, Karst

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 - Localização do PESAM e APA São Geraldo do Araguaia | 17 |
| Figura 2 - Localização da entrada da Caverna Serra das Andorinhas | 21 |
| Figura 3 - Esquema conceitual que abrange Geodiversidade e seus Patrimônios | 33 |
| Figura 4 – Degradação das pinturas rupestres do Parque Nacional da Serra da Capivara-PI | 35 |
| Figura 5 – Mapa de Focos de Calor nas Áreas Protegidas em Agosto de 2017..... | 36 |
| Figura 6 – Mapa Risco de Fogo em São Geraldo do Araguaia em Agosto de 2017 | 37 |
| Figura 7 – Mapa Focos de Incêndio em São Geraldo do Araguaia em Agosto de 2020.... | 38 |
| Figura 8 – Estrutura do Patrimônio Geomorfológico do Parque das Sete Cidades-PI | 40 |
| Figura 9 – Escrita em rocha no Parque Estadual Serra dos Martírios/Andorinhas. Escrita de povos antigos que habitavam a área. Não se tem ainda muitas informações sobre a escrita, sabe-se apenas que é a representação de algum animal da época..... | 41 |
| Figura 10 - Regiões Cársticas Brasileira..... | 45 |
| Figura 11 - Ilustrações de alguns termos utilizados nos estudos que envolvem as Cavernas | 50 |
| Figura 12 – Representação dos domínios do Sistema Cárstico..... | 51 |
| Figura 13 - Captura de Imagem Através do Google Earth..... | 59 |
| Figura 14 - Padrão de Maximização de Imagem Para Anaglifo..... | 60 |
| Figura 15 - Movendo Imagem Para Esquerda..... | 61 |
| Figura 16 - Movendo Imagem Para Direita | 61 |
| Figura 17 - Ajuste de sobreposição de imagens com falsa cor..... | 62 |
| Figura 18 - Anaglifo Ajustado da área de estudo..... | 63 |
| Figura 19 - Simbologias Utilizadas Para Representação da Caverna Serra das Andorinhas | 64 |
| Figura 20 - Comparação do Ajuste do Mapa da Serra das Andorinhas..... | 65 |
| Figura 21 – Entrada superior da Caverna Serra das Andorinhas, Setor 4..... | 66 |
| Figura 22 – Trilha de acesso a Caverna Serra das Andorinhas..... | 67 |
| Figura 23 – Fluxograma da Ficha de avaliação de potencial de interesse geomorfológico da Caverna Serra das Andorinhas..... | 69 |
| Figura 24 – Ficha qualitativa de avaliação de potencial de interesse geomorfológico..... | 70 |
| Figura 25 – Localização do Município de São Geraldo do Araguaia..... | 74 |

| | |
|---|-----|
| Figura 26 – Prática de Rapel na Cachoeira Garganta do Diabo | 76 |
| Figura 27 – Tucunaré Assado | 76 |
| Figura 28 – Espacialização Geológica do Cinturão Araguaia | 78 |
| Figura 29 – Geologia do Município de São Geraldo do Araguaia | 80 |
| Figura 30 – Detalhe das Lentes de anfibolito Budinados e Transpostos Associados com Quartzito e Xisto | 80 |
| Figura 31 – Corpos Lentiformes de Anfiteatros, as vezes Budinados, Encaixados, Concordamente em Micaxistos da Formação Xambioá | 82 |
| Figura 32 – Exemplo de Filitos Grafitosos | 83 |
| Figura 33 – Formas de Relevo Vinculadas a Dissecação Convexa | 84 |
| Figura 34 – Geomorfologia do Município de São Geraldo do Araguaia..... | 85 |
| Figura 35 – Representação de Relevo com Dissecação Estrutural bem Marcada – Serra dos Martírios/Andorinhas | 86 |
| Figura 36 – Formas de Relevo de Pediplanos Retocados | 87 |
| Figura 37 – Pedologia do Município de São Geraldo do Araguaia..... | 88 |
| Figura 38 – Vista Parcial do Rio Araguaia | 90 |
| Figura 39 – Rede Hidrográfica do Município de São Geraldo do Araguaia | 91 |
| | |
| Figura 40 – Hierarquia Fluvial dos Canais Fluviais Pertencentes ao Município de São Geraldo do Araguaia | 93 |
| Figura 41 – Variação Semestral de Temperatura e Precipitação..... | 94 |
| Figura 42 – Localização Pesam e APA..... | 96 |
| Figura 43 – Espacialização do Mega Continente Gondwana | 99 |
| Figura 44 – Cinturão Araguaia..... | 101 |
| Figura 45 – Estrutura Geológica do PESAM e APA..... | 102 |
| Figura 46 – Seção Simplificada do Cinturão de Cavalgamento com Ênfase Para o Cinturão Araguaia e Grupo Estrondo de Hasui e Costa | 102 |
| Figura 47 – Exemplo de Aspectos Geológicos – Estrututais Encontrados na Serra das Andorinhas | 103 |
| Figura 48 – Espacialização da Geologia da Serra das Andorinhas | 105 |
| Figura 49 – Litologia do Abrigo Chamado Guta do Morcego | 106 |

| | |
|--|-----|
| Figura 50 – Mapa Hipsométrico do Parque Estadual Serra dos Martírios/Andorinhas e APA | 108 |
| Figura 51 – Declividade da Serra das Andorinhas | 110 |
| Figura 52 – Exemplo de Padrão de Drenagem Encontrado na Serra das Andorinhas | 112 |
| Figura 53 – Bloco Diagrama Hidrográfico 3D do Parque Estadual Serra dos Martírios / Andorinhas e APA Araguaia | 113 |
| Figura 54 – Espacialização dos Componentes Geomorfológicos da Serra das Andorinhas | 116 |
| Figura 55 – Topos Aguçados do Setor Três da Serra das Andorinhas | 117 |
| Figura 56 – Topos Planos de Platô do Setor Um da Serra das Andorinhas | 118 |
| Figura 57 – Morfologia de Topo em Forma de Crista | 119 |
| Figura 58 – Domínio das Vertentes no PESAM | 119 |
| Figura 59 – Domínio dos Vales Fluviais | 120 |
| Figura 60 – Domínio dos Terraços Fluviais | 121 |
| Figura 61 – Relevos Ruiniformes Casa de Pedra | 122 |
| Figura 62 – Mapa de Localização e Acesso a Caverna Serra das Andorinhas | 125 |
| Figura 63 – Entrada principal da Caverna Serra das Andorinhas..... | 126 |
| Figura 64 – Entrada Superior da Caverna Serra das Andorinhas..... | 127 |
| Figura 65 – Estrada de Acesso da Caverna Serra das Andorinhas | 128 |
| Figura 66 – Estratificação Cruzada de Médio Porte | 130 |
| Figura 67 – Identificação de Falhas e Fraturas na Caverna Serra das Andorinhas | 130 |
| Figura 68 – Identificação de Falhas na Caverna Serra das Andorinhas | 130 |
| Figura 69 – Feição Geomorfológica de Coluna | 132 |
| Figura 70 – Feição Geomorfológica de Canalículos | 132 |
| Figura 71 – Mapa da Caverna Serra das Andorinhas | 134 |
| Figura 72 – Gotejamento Infiltrado em Fratura | 135 |
| Figura 73 – Entrada Principal da Caverna Serra das Andorinhas | 137 |
| Figura 74 – Perfil Didático Representativo da Entrada da Caverna Serra das Andorinhas | 138 |
| Figura 75 – Exemplos de Geoformas de Valor Ecológico: A parte de cima do mosaico representa os espeleotemas, em específico a micro estalactite, que são formações minerais formadas a partir do gotejamento por meio de fendas escorrendo pelo teto; e a de baixo | |

representa as expressões deformadas das áreas cársticas a partir de interações geomorfológicas e ecológicas.....139

Figura 76 – Vista da APA e Rio Araguaia - Valor Estético.....140

Figura 77 – Feições Internas da Caverna Serra das Andorinhas142

Figura 78 – Carta Imagem da Trilha de Acesso a Caverna143

Figura 79 – Inclinação da Trilha ao Longo do Percorso Rumo a Caverna 144

LISTA DE QUADROS

| | |
|--|----|
| Quadro 1 - Alguns conceitos que caracterizam a geodiversidade apontando as unidades, os fenômenos e processos que a compõem | 27 |
| Quadro 2. XII SINAGEO, Paisagem e Geodiversidade: a valorização do Patrimônio Geomorfológico Brasileiro, 2018 | 30 |
| Quadro 3 – Síntese das Propostas Aplicadas sobre Avaliação de Geomorfossítios | 43 |
| Quadro 4 – Litologia e Número de Cavernas no Brasil | 48 |

LISTA DE SIGLAS

| | |
|----------|--|
| ANA | Agência Nacional das Águas |
| APA | Área de Proteção Ambiental |
| CBE | Congresso Brasileiro de Espeleologia |
| CECAV | Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas |
| CONAMA | Conselho Nacional de Meio Ambiente |
| EMBRAPA | Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária |
| ENANPEGE | Encontro Nacional de Pós Graduação em Geografia |
| IBGE | Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística |
| INPE | Instituto Brasileiro de Pesquisas Espaciais |
| INMET | Instituto Nacional de Meteorologia |
| PESAM | Parque Estadual Serra dos Martírios/Andorinhas |
| PME | Pequenas e Médias Empresas |
| SBE | Simpósio Brasileiro de Espeleologia |
| SEMAS | Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade |
| SINAGEO | Simpósio Nacional de Geomorfologia |
| UC | Unidade de Conservação |
| USGS | Serviço Geológico dos Estados Unidos |

SUMÁRIO

| | |
|---|------------|
| 1. INTRODUÇÃO | 14 |
| 1.1. Problemática da Pesquisa | 15 |
| 1.2. Justificativa | 22 |
| 1.3. Hipótese | 23 |
| 1.4. Objetivos | 23 |
| 2. DISCUSSÃO TEÓRICA | 25 |
| 2.1. A importância do conceito de Geodiversidade para uma Geoconservação..... | 26 |
| 2.1.1. O Conceito de Geodiversidade | 26 |
| 2.1.2. A Geoconservação | 32 |
| 2.2. O Patrimônio Geomorfológico e os relevos cársticos no Brasil | 39 |
| 2.2.1. O Patrimônio e Geomorfossítio | 39 |
| 2.2.2. Relevos Cársticos Brasileiros | 44 |
| 2.2.3. Paisagem Cársticas e a Morfodinâmica..... | 49 |
| 3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS | 56 |
| 3.1. Etapa de gabinete | 57 |
| 3.2. Etapa de geoprocessamento e composição das bases cartográficas | 58 |
| 3.2.1. Cartas base | 58 |
| 3.2.2. Carta Geomorfológica | 58 |
| 3.2.3. Carta da Caverna Serra das Andorinhas | 59 |
| 3.3. Trabalho de campo | 65 |
| 3.4. Ficha de inventariação do patrimônio geomorfológico | 68 |
| 4. CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DO MUNICÍPIO DE SÃO GERALDO DO ARAGUAIA E SERRA DAS ANDORINHAS COM ENFASE NA GEODIVERSIDADE | 72 |
| 4.1. Aspectos Ambientais do Município de São Geraldo do Araguaia | 77 |
| 4.1.1. Geologia | 77 |
| 4.1.2. Geomorfologia | 83 |
| 4.1.3. Solos | 87 |
| 4.1.4. Hidrografia | 90 |
| 4.1.5. Aspectos do Clima | 94 |
| 4.2. Aspectos Físicos da Serra das Andorinhas e Histórico de Implantação do PESAM | 95 |
| 4.2.1. O Contexto Geológico da Serra dos Martírios/Andorinhas | 98 |
| 4.2.1.1. Aspectos Estruturais | 98 |
| 4.2.1.2. Aspectos Litológicos da Serra das Andorinhas | 104 |
| 4.2.2. Altimetria e Declividade | 110 |
| 4.2.3. Hidrografia | 114 |
| 4.2.4. Os Aspectos Geomorfológicos da Serra das Andorinhas | 116 |
| 5. A CAVERNA SERRA DAS ANDORINHAS E SUA IDENTIFICAÇÃO QUANTO UM GEOMORFOSSÍTIO | 126 |
| 5.1. Localização e Acesso a Caverna da Serra das Andorinhas | 129 |
| 5.2. Gênese e Aspectos Litológicos Encontrados na Caverna Serra da Andorinhas ... | 130 |
| 5.3. Feições Geomorfológicas Encontradas na Caverna Serra das Andorinhas | 133 |

| | |
|---|------------|
| 5.4. Espacialização da Caverna Serra das Andorinhas | 135 |
| 5.5. Enquadramento da Caverna Serra das Andorinhas Quanto um Geomorfossítio | 137 |
| 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS | 146 |
| REFERÊNCIAS..... | 148 |
| ANEXOS | 155 |

1. INTRODUÇÃO

A natureza elaborou paisagens únicas no planeta, apresentando uma grande diversidade relacionada tanto aos aspectos abióticos (rochas, solos, clima, relevo, hidrografia), como também bióticos (fauna e flora). No caso do Brasil, esses aspectos são bastante diversos e isso ocorre devido a sua extensão territorial, por ter uma grande dimensão em latitude e longitude, se configurando em um imenso mosaico de ecossistemas, produzidos pelas variações climáticas e topográficas. Por ser recoberto por variados ecossistemas acaba expressando-se em um dos locais como uma exuberante diversidade de vida e aspectos físicos.

Esses fatores supracitados condicionam às diversidades nos macrossistemas atmosféricos que imprimem uma grande disparidade de domínios climáticos, isso resultou em uma grande variedade de espaços moldados pela natureza tropical e subtropical no território nacional, sendo possível aplicar algumas classificações respeitando essas características (SECTAM, 2006)

1.1. Problemática da Pesquisa

No ano de 2003, o IBAMA elaborou uma pesquisa pautada na representatividade ecológica nos Biomas brasileiros, apresentando uma divisão de 78 ecorregiões que foram distribuídas da seguinte forma: Amazônia (23), Cerrado (22), Mata Atlântica (9), Costeiro (9), Caatinga (8), Pantanal (2) e Campos Sulinos (1). Essa classificação apresenta como maior vantagem o uso de unidades biogeográficas (as ecorregiões) fundamentadas na existência de limites naturais bem definidos (IBAMA, 2003).

No caso do Pará, foram identificadas 13 ecorregiões, constituídas pelo Cerrado, Florestas Tropicais das Guianas, Várzea do Gurupá, Savanas das Guianas, Interflúvio do Madeira/Tapajós, Várzeas do Marajó, Mangues do Maranhão, Florestas Secas do Mato Grosso, Várzeas de Monte Alegre, Mangue do Pará, Interflúvio do Utumã/Trombetas Interfluvio do Xingu/Tocantins e Interflúvio do Tocantins/Araguaia-Maranhão, sendo este último área onde se encontra o foco de interesse desta pesquisa (IBAMA, 2003).

O território nacional contempla os quatro biomas mais ricos do planeta, a Mata Atlântica, o Cerrado, a Amazônia e o Pantanal, todavia esses vem sendo, ao longo do tempo, afetados pelos mais diferentes impactos ambientais. Esses são decorrentes da inter-relação entre a sociedade e a natureza, uma vez que o ser humano consome a natureza e/ou a explora

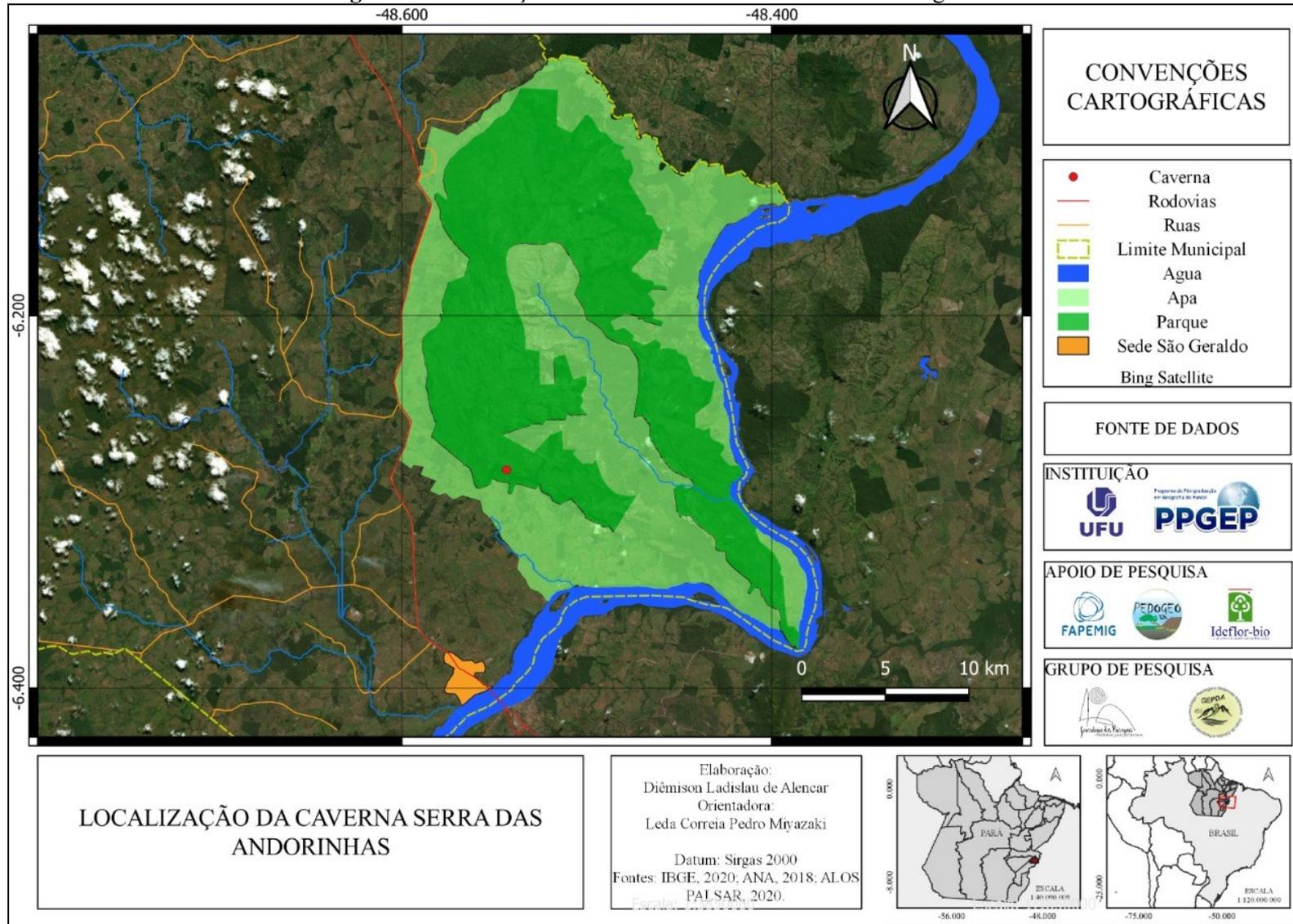
de forma exacerbada, o que acaba por deixar a qualidade ambiental dessas áreas bastante comprometida.

Na tentativa de se proteger o que restou desses biomas, várias unidades de conservação foram implantadas no território nacional. As Unidades de Conservação representam uma das melhores estratégias de proteção do patrimônio natural, sendo áreas naturais cuja fauna e a flora são conservadas, bem como processos ecológicos que gerem os ecossistemas, garantindo a manutenção da biodiversidade (IBAMA, sem ano)

Na tentativa de proteger o que ainda resta do bioma Cerrado e, especificamente, a ecorregião denominada Interflúvio do Tocantins/Araguaia-Maranhão, foi implantado o Parque Estadual Serra das Andorinhas e Martírios (PESAM), que foi criada em 25 de julho de 1996, localizada no município de São Geraldo do Araguaia (Figura 01), região Sudeste do Estado do Pará (PARÁ, 1996).

O parque possui como área 244.598,1 Km², “representando 12,2% do bioma Cerrado” (ARRUDA, 2005). Também é possível identificar uma área de transição entre Cerrado e a Amazônia, que corresponde a aproximadamente 414.007 Km², que engloba florestas secas de Mato Grosso ou floresta mesófila semidecídua, fitofisionomia apresenta-se como uma forma florestal de manchas com aspectos comuns do Cerrado, possuem também uma diversidade geológica e geomorfológica com a presença de maciços em terrenos ondulados ou planos (SCTAM, 2003). Além disso, a área do PESAM está contida dentro da Área de Proteção Ambiental (APA) chamada de São Geraldo do Araguaia.

Figura 1 - Localização do PESAM e APA São Geraldo do Araguaia



O PESAM mesmo sendo uma área de pequena extensão territorial, ainda possui muita representatividade biológica, somente a título de exemplo, no que concerne aos ambientes fitofisiológicos, o Parque é constituído por 7 tipologias, tais como Floresta Ombrófila Densa Aluvial, Floresta Ombrófila Densa Submontana, áreas de Tensão Ecológica, Cerrado ou Savana Amazônica, Campo Cerrado ou Cerrado Ralo, Campo Limpo Úmido ou Brejos Estacionais e Sistemas Secundários (IBGE, 1992; EITEN, 1983; ENGEVIS, 2004 *apud* SCTAM, 2003).

Assim foi implantando o PESAM, que evidencia a importância de sua existência no sentido de aumentar a representatividade dos Biomas Cerrado e Amazônia e do Ecótono Cerrado-Amazônia, uma vez que ainda é escassa a existência de Unidades de Proteção Integral neste ecótono (SCTAM, 2003). No entanto, vale ressaltar que não basta proteger apenas a biodiversidade local, mas também aquilo que envolve os aspectos abiótico, que tem recebido uma atenção maior por diversos pesquisadores, uma vez que são eles que permitem uma interação capaz de manter esses ecossistemas que promovem uma rica biodiversidade na área.

A parte abiótica da natureza, reconhecida como Geodiversidade (envolvendo elementos e processos) são suporte para a sobrevivência das espécies, incluindo a humana, além de serem consideradas como fontes efetivas para compreensão da origem e evolução do planeta (a partir da escala temporal geológica). Nos últimos anos, essa linha de pesquisa tem buscado preencher as lacunas existentes nos estudos que focam apenas a biodiversidade dos ambientes/áreas, assim a Geodiversidade que apresenta valores excepcionais, tais como científico, turístico, entre outros, tem sido foco de análise, sendo realizada uma avaliação para apontar aquilo que se deve efetivamente ser protegido.

Pensando na questão da Geodiversidade e os elementos que são necessários de serem protegidos destaca-se o relevo cárstico, representado por formas particulares e que tem sido foco de estudo, sendo essas as cavernas. As cavernas, são ambientes frágeis e, na grande maioria das vezes, ainda inexplorados. Esse ambiente proporciona paisagens desconhecidas que muito podem oferecer nos estudos históricos da humanidade e do planeta.

As cavernas já exploradas possibilitam usos diversificados dos quais destacam-se pesquisas (caverna Morro Preto-SP), lazer (Gruta das Encantadas-PR), turismo (toca da Boa Vista-BA) e esporte (caverna do Couto-SP). Esses diversos usos conferiram ao estudo das cavernas uma ciência específica: a Espeleologia, sendo uma palavra de origem grega, *spelaiou* que significa caverna (CECAV, 2008). A Espeleologia surge com a necessidade de

cadastrar, registrar e estudar todas as cavernas encontradas, podendo ser uma ciência que dialoga com outras ciências ambientais e biológicas.

A Espeleologia é uma ciência que tem criado força nos últimos tempos no Brasil, aumentando significativamente seus estudos e atuação nos meios acadêmicos e profissionais. Tudo isso se deu por meio da busca da valorização do Patrimônio Espeleológico e a necessidade de proteção, assim como os demais patrimônios.

Nas últimas décadas, o Patrimônio Espeleológico brasileiro vem sendo contemplado com a criação de diferentes categorias de Unidades de Conservação (UC), para fins de proteção de importantes feições cársticas. A exemplo pode-se citar o Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira - PETAR e Parque Estadual do Jacupiranga, ambos em São Paulo; o Parque Nacional de Ubajara no Ceará; o Parque Estadual de Terra Ronca - PETER em Goiás; o Parque Nacional Cavernas do Peruaçu, em Minas Gerais; o Monumento Natural da Caverna do Jabuti no Mato Grosso, dentre outros. Todas são Unidades de Conservação, sendo considerada como uma das estratégias utilizadas para proteger ambientes naturais e garantir a manutenção de recursos naturais a longo prazo, incluindo áreas cársticas (BRASIL, 2008).

O uso e degradação do meio natural vêm se intensificando de modo irreversível na Amazônia. Tal intensificação se dá por meio do aumento de empresas extrativistas/mineradoras que extraem a rica matéria prima (madeira, látex, cobre, bauxita, ferro, ouro entre outros) existentes na superfície e subsolo. Para que se tenha uma amenização dos processos de degradação de áreas de valor histórico, científico e natural, busca-se a proteção a partir do levantamento do potencial do patrimônio natural da área.

No patrimônio natural se incluem diversos outros patrimônios, dentre os quais estão inseridos o patrimônio geológico e geomorfológico que, por sua vez, estudam os relevos cársticos através de levantamento de potencialidade natural e busca de legislações de proteção, que vem sendo amparadas. Porém, o número de cavernas protegidas ainda é insuficiente comparada a quantidade de cavernas registradas pelo Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas (CECAV).

Por mais que não seja recomendado, ainda acontecem visitas não autorizadas em cavernas não protegidas em diversas partes do Brasil, nas quais, em sua grande maioria, não possuem acompanhamento de guias ou profissionais que possam dar suporte e informação aos visitantes. Tal visita não monitorada e supervisionada pode gerar, de forma irreversível, a degradação dessas cavernas, levando a extinção de espécies, retirada de espeleotemas ou pinturas rupestres, além de danos diversos causados pelo excesso de suporte de carga e pisoteio dentro do ambiente cavernoso.

As cavernas, enquanto Patrimônio Geomorfológico, assumem um papel importante no que tange aos tipos de valores atribuídos para elas (científico, cultural, histórico e estético). Tal patrimônio deve ser estudado para que sejam elaboradas estratégias de manejo e visitação para que os impactos nesse ambiente sejam o mínimo possível.

Em relação aos danos causados às cavernas, devido a ocorrência de visitas sem devido acompanhamento (profissionais especializados), pode-se citar os riscos ligados a saúde e ao bem estar dos visitantes ao se visitar uma caverna, uma vez que o ser humano pode ser contaminado com histoplasmose (infecção causada pela inalação de fungos existentes nas fezes dos morcegos), picada de animais peçonhentos (aranhas, escorpião e lacraia, por exemplo), além de acidentes gerado por falta de equipamentos de proteção que evitariam danos físicos aos visitantes nos ambientes estreitos e escorregadios.

Pensando na problemática discutida, que envolve a insuficiência e, até mesmo, a ausência de conhecimento científico da população sobre as cavernas brasileiras, considerando-se que a maior parte das cavernas conhecidas/estudadas recebem turistas sem acompanhamento de guias, foram elaborados alguns questionamentos que nortearão a presente pesquisa:

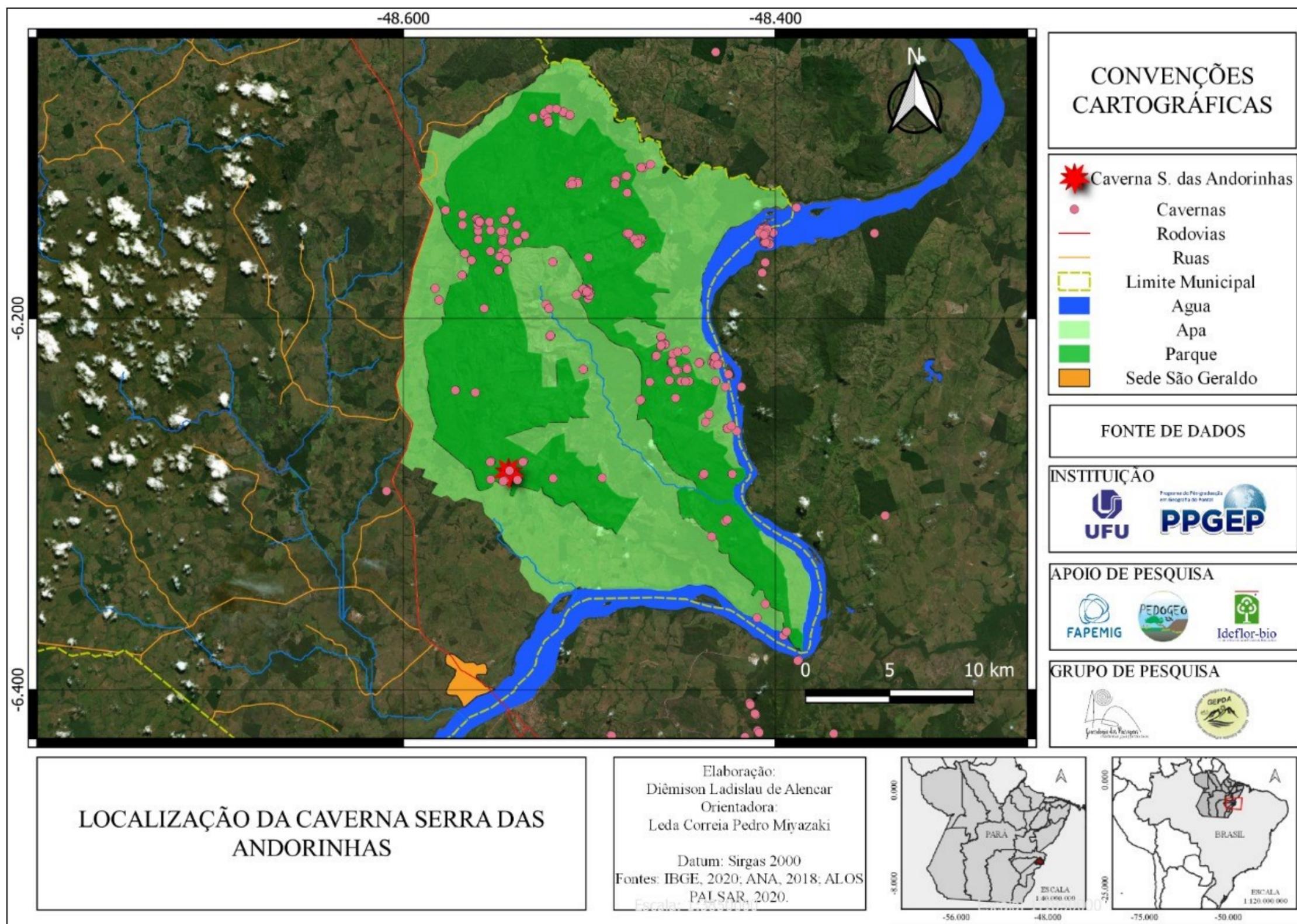
Como o conhecimento científico pode mudar esse cenário de visitas “clandestinas”, ou seja, sem o acompanhamento devido e diminuir os riscos?

O conhecimento científico aplicado ao estudo das feições geomorfológicas do relevo cársticos, fundamentado na atribuição de valores (científico, cultural etc.), pode contribuir de forma efetiva para uma melhor gestão dessas áreas onde encontram-se cavernas?

É pensando nesse contexto, que envolve a questão da proteção de elementos abióticos (Geodiversidade), sobretudo naqueles que representam formas de relevo exuberantes ao olhar do ser humano, tais como as cavernas, é que se escolheu como foco de estudo a Caverna Serra das Andorinhas, pois existem vários problemas que envolvem tanto a degradação da caverna quanto a sua utilização pela comunidade em geral.

A Caverna Serra das Andorinhas, por sua vez, se localiza sob coordenadas 6°5'25" ao Sul e 48°30'37" ao Oeste, no setor SW do PESAM (Figura 02) área onde se concentram extensos relevos íngremes aparecendo em setores abruptos caracterizados por escarpas em geoformas no platô, cuja dinâmica geológica e geomorfológica foram responsáveis pela manifestação de várias cavernas na área. Vale ressaltar que a caverna estudada se encontra nos limites territoriais da APA de São Geraldo do Araguaia e PESAM pertencente ao município de São Geraldo do Araguaia.

Figura 2 - Localização da Caverna Serra das Andorinhas



Elaboração: Alencar, 2019.

No Plano de Manejo do PESAM (PARÁ, 2006), foi registrada a presença de 354 cavidades¹ nos limites do PESAM, com destaque para a Caverna Serra das Andorinhas, considerada de relevância pelo CECAV (por seu tamanho, forma, quantidade de morcegos e microfauna) e indicada como de estrutura adequada para uso público, ou seja, visitação. Esse fato nos chamou a atenção, uma vez que, em algumas visitas na área, foram constatados registros de visitação “clandestina” no local, o que tem nos preocupado em relação a segurança dessas pessoas e a proteção da caverna, dada sua importância.

O entorno da área onde se encontra a abertura principal da Caverna Serra das Andorinhas é marcado por variações geomorfológicas que vão desde áreas de planície, perpassando por dissecções aguçadas com variações de até 40° de aclave, indo em direção aos platôs aplainados.

O Parque se encontra sobre formação cárstica de litologia quartizítica, que são áreas de paisagens singulares formadas por processos intempéricos. As UC's possuem solos do tipo Argissolo vermelho-amarelo (presentes nas áreas planas da APA) e Neossolo do tipo litólico (em sua maior parte nos topos e vertentes do parque). A vegetação do entorno se caracteriza como zona de transição entre dois grandes domínios, sendo eles o domínio amazônico e o cerrado. O acesso a caverna se faz através de uma trilha de espaçamento estreito com extensão de 1.79km de extensão que se inicia numa propriedade privada na APA.

1.2. JUSTIFICATIVA

No sentido de proteger a forma de relevo reconhecida como Caverna Serra das Andorinhas e evitar acidentes oriundos de visitação clandestina, no sentido de que se tenha um conhecimento aprofundado da caverna estudada, de que considere os aspectos e potencialidades de relevância ambiental e social, é preciso que antes seja feito um inventário da caverna com ênfase no Patrimônio Geomorfológico.

Conhecer o valor (científico, ecológico, cultural e estético) e a potencialidade de uso (acessibilidade e viabilidade) através do inventário, permite que se pense na necessidade de proteção das cavernas e sua importância enquanto Geomorfossítio, e conseqüentemente, Patrimônio Natural.

¹ O termo cavidade terá sentido sinônimo ao termo caverna, pois na visão espeleológica são sinônimos quando se está estudando cavernas (CECAV, 2008).

Justifica-se a importância da pesquisa pelo fato de realizar uma análise integrada da paisagem que compreende a Caverna Serra das Andorinhas enquanto geomorfossítio, destacando seus valores, os condicionantes ambientais, gênese e aspectos que poderão somar na proteção da caverna.

1.3 HIPÓTESE

Busca-se através deste trabalho a comprovação de que a Caverna Serra das Andorinhas é um Patrimônio Geomorfológico de relevância científica, educacional e turística e que carece de planejamento e gestão que foquem nas estratégias de proteção, levando em consideração o inventário de potencialidades e valores diversos que essa caverna tem. Visto que um Patrimônio Geomorfológico contém tópicos específicos no que se refere a atribuições de valores e potencialidades de uso, deve-se realizar uma análise geográfica dos condicionantes ambientais da caverna, bem como de algumas características internas para constatação.

Espera-se que o estudo do relevo cárstico possa contribuir teórico e metodologicamente para os estudos sobre o Geopatrimônio, com ênfase no aspecto abiótico de caverna, no que se refere a popularização e valorização das áreas cársticas através da forma como o trabalho aqui proposto se estrutura.

1.4 OBJETIVOS

O objetivo geral da pesquisa foi realizar uma avaliação qualitativa em forma de inventário do Geomorfossítio da Caverna da Serra das Andorinhas, apontando as suas potencialidades, seja científica, educacional e/ou turística.

Para se alcançar o objetivo geral foram elaborados alguns objetivos específicos, tais como:

- Caracterizar os condicionantes físicos da paisagem (geologia, geomorfologia, hidrografia e solos) que contempla o município e o PESAM;
- Analisar os aspectos morfoestruturais e morfoesculturais do PESAM e da Caverna Serra das Andorinhas, uma vez que estão interrelacionados;
- Enquadrar a caverna Serra das Andorinhas como um Geomorfossítio;

- Analisar os aspectos relacionados a acessibilidade da caverna como local de potencial turístico.

Em relação a estrutura da dissertação que envolve o capítulo teórico optou-se em discutir a importância do conceito de Geodiversidade, bem como seu enfoque para a Geoconservação do ambiente, além de discutir a questão do Patrimônio Geomorfológico e os relevos cársticos brasileiros. A intenção deste capítulo é trazer uma base conceitual a partir de definições e abordagens já realizadas por autores tradicionais e atuais.

No capítulo 3 foi abordado a descrição do passo a passo dos procedimentos metodológicos realizados na pesquisa, contendo sequências metodológicas da criação de ficha de inventariação de área de interesse geomorfológico, processamento cartográfico e possíveis ajustes nas metodologias adotadas no trabalho.

O capítulo 4 conta com a caracterização escalar da área de estudo, tendo como foco inicial a descrição e caracterização do município de São Geraldo do Araguaia-PA, seguindo para o detalhamento físico (geologia, geomorfologia, solos, hidrografia etc.) das unidades de conservação Parque Estadual Serra dos Martírios/Andorinhas e Área de Proteção Ambiental do Araguaia e depois focando apenas nos componentes físicos do Geomorfossítio da Caverna Serra das Andorinhas.

No capítulo 5 é apresentado os resultados obtidos por meio dos dados e informações coletados durante os trabalhos de campo², com o preenchimento da ficha de inventariação de área de interesse geomorfológico e suas atribuições de valores, além da sistematização e organização dos dados obtidos, finalizando com a análise geral.

Por fim, é apresentado as considerações finais do trabalho e seus encaminhamentos para futuras pesquisas na área com o intuito de promover as investigações dessa temática.

² É importante destacar que os trabalhos de campo foram muito prejudicados, devido a pandemia da COVID -19 enfrentada durante os anos de 2020 e 2021.

2. DISCUSSÃO TEÓRICA

Neste capítulo serão abordadas as principais teorias que norteiam o conceito de Geodiversidade, Geoconservação e sua relação com o Patrimônio Geomorfológico sob ótica geográfico-geomorfológica voltada para os relevos cársticos brasileiros.

Também se discutiu a conceituação dos relevos cársticos, sua distribuição no território, bem como suas litologias. Em sequência, abordou-se os processos e formações das paisagens cársticas, dando ênfase na visão interna e externas e seus processos conjuntos e isolados.

2.1 A Importância do conceito de Geodiversidade para uma Geoconservação

Primeiramente, antes de se abordar questões voltadas especificamente ao carste e a espeleologia, é importante entender a importância e a teoria de um conjunto maior na qual os dois temas estão inseridos. Deste modo, discute-se neste subcapítulo o conceito de Geodiversidade, que é um conceito base aos estudos de Geoconservação para constatação dos Patrimônios Geomorfológicos.

2.1.1. O Conceito de Geodiversidade

O termo Geodiversidade é considerado novo na ciência ambiental, tendo como definição clássica de Stanley (2000) como diversidade de fenômenos e processos geológicos ativos que geram paisagens, rochas, minerais, fósseis, solos e outros agentes superficiais que dão base a vida na Terra. Nesta abordagem, os agentes geológicos se firmam enquanto geradores e potencializadores do funcionamento ambiental que contempla a dinâmica da Geodiversidade.

Outra conceituação também bastante respeitada sobre a Geodiversidade foi dada por Gray (2004), que a define como o oposto da biodiversidade, centrada na parte abiótica da paisagem, tendo como foco a variedade das feições geológicas, geomorfológicas e dos solos (GUERRA, 2018). Este conceito inclui em sua abordagem as feições, processos e paisagens geomorfológicas, possibilitando uma visão mais geográfica, diferentemente do conceito anterior que apresenta uma visão unicamente geológica.

Panizza (2009) faz uma conceituação mais moderna acerca da Geodiversidade e a descreve como singularidade abiótica de uma determinada área, dividindo-a em intrínseca e

extrínseca. Para Mansur (2008) e Gray (2003), a Geodiversidade intrínseca, ou de existência aborda as diversidades internas da área e seus fatores geológicos (rocha, falhamento, faturamento, etc.), sendo como o valor recebido pelo fato de existir e que independe de estar ou não em uso (visão utilitarista da natureza). Ainda segundo Mansur (2008) e Gray (2003), envolvem relações de ética e filosofia entre sociedade e natureza, expressando valores intrínsecos em diversos serviços (suporte, regulação, provisão, cultura e conhecimento). Em relação a extrínseca contempla o diferencial e o potencial dos agentes da Geodiversidade (aqui sendo agentes principais a rocha e o relevo) para com as demais áreas (BORBA, 2011).

O conceito de Geodiversidade para Sharples (2002) refere-se à proteção e valorização da parte abiótica da natureza. Para Jorge e Guerra (2016) a Geodiversidade pode ser interpretada de escala microscópica, como os minerais, até a macroscópica a partir da grande escala, como por exemplo as montanhas, formações rochosas, feições geomorfológicas e processos ativos. Cada parte do planeta apresenta uma Geodiversidade própria, portanto, cada local possui uma Geodiversidade única.

Assim como as duas acepções expostas anteriormente, existem diversos conceitos e definições da noção de Geodiversidade, com visões que vão ao encontro e de encontro aos posicionamentos defendidos. Mansur (2018) organizou uma síntese da literatura contemplando as principais autorias, unidades que compõem a Geodiversidade, fenômenos e processos (Quadro 1).

Quadro 1 - Alguns conceitos que caracterizam a geodiversidade apontando as unidades, os fenômenos e processos que a compõe

| Autoria | Unidades que compõem a Geodiversidade | Fenômenos e processos |
|---|---|--|
| Commonwealth of Australia (1996, segunda edição em 2002) | Rochas, paisagens e solos, fósseis e paleoambientes. | Naturais, geológicos e geomorfológicos, além de processos atmosféricos, hidrológicos e biológicos que atuam sobre rochas, paisagens e solos. |
| Johansson, Andersen e Alapassi (1999) | Rochas, depósitos e paisagens. | Geológicos. |
| Veiga (1999) | Rochas, relevo, clima, solos e águas, subterrâneas e superficiais, que condicionam a morfologia da paisagem e a diversidade biológica e cultural. | Geológicos. |
| Royal Society for Nature Conservation – UK (Stanley, 2000) | Paisagens, rochas, minerais, fósseis, solos e outros depósitos superficiais que constituem a base para a vida na Terra. | Ativos e ambientes geológicos. |
| Xavier da Silva e Carvalho Filho (2001) | Litologia, relevo, uso do solo, declividade e drenagem. | Características ambientais de uma determinada área geográfica. |
| Nieto (2001) | Estruturas sedimentares e tectônicas, | Geológico. |

| | | |
|--|--|---|
| | materiais geológicos (minerais, rochas, fósseis e solos), que constituem o substrato de uma região, em que se assenta a atividade orgânica, até mesmo a antrópica. | |
| International Association of Geomorphologists (2003) | Variedade de ambientes geológicos e geomorfológicos. | Considerados bases para a diversidade biológica na Terra. |
| Gray (2004) | Rochas, minerais, fósseis, paisagens e solos, incluindo suas relações, propriedades, interpretações e sistemas. | Naturais, geológicos e geomorfológicos, equivalente abiótico da biodiversidade. |
| Kozłowski (2004) | Rochas, paisagens, solos e águas superficiais. | Naturais e antrópicos, geológicos, geomorfológicos, endógenos e exógenos. |
| Rojas López (2005) | Meio físico. | Naturais e geográficos, que derivam dos processos sociais, como a produção, o povoamento e a circulação (o homem e suas atividades). |
| Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais (CPRM) – Serviço Geológico do Brasil (2006) | Paisagens, rochas, minerais águas, fósseis, solos, clima e outros depósitos superficiais que propiciam o desenvolvimento da vida na Terra. | Naturais, abióticos, constituídos por ambientes, composições e processos geológicos, com valor intrínseco (cultural, estético, econômico, científico, educativo e turístico). |
| Serrano e Ruiz-Flaño (2007) | Elementos litológicos, tectônicos, geomorfológicos, edáficos, hidrológicos e topográficos na superfície terrestre e nos mares e oceanos. | Abióticos, endógenos, exógenos e antrópicos, que compreendem uma diversidade de escalas de observação. |
| Carcavilla Urqui, López-Martínez e Durán (2007) | Elementos geológicos identificados por sua frequência, distribuição e ilustração da evolução geológica do lugar. | Geológicos. |
| Gray (2013) | Rochas, minerais, fósseis, paisagens, topografia e processos físicos (incluindo suas associações, estruturas, sistemas e contribuições à paisagem). | Geológicos, geomorfológicos, solos e hidrológicos. |

Fonte: Mansur, 2018

O Quadro 1 mostra que a rocha é considerada pelos pesquisadores, de forma unânime, um agente propiciador dos fenômenos e processos geradores da Geodiversidade, sendo interpretada como ponto de partida de qualquer outro processo abiótico formador das paisagens. No entanto, outros agentes merecem destaque, como por exemplo aqueles vinculados ao relevo, solo e clima que também recebem destaque como apontam Silva e Carvalho Filho (2001), Gray (2004), Kozłowski (2004) e López (2005) para complementação do entendimento da Geodiversidade. Também pode-se observar a inclusão do ser humano aos processos de transformação da Geodiversidade, sendo essa inclusão modificadora das paisagens através dos processos e atividades sociais que ao longo do tempo vem se intensificando.

Em caminhar com os estudos centrados nos elementos que compõe a Geodiversidade, o conceito de Geoconservação vem como medida de amparo, planejamento e prevenção de impactos nas áreas de potencial dos aspectos que compõe os processos relacionados as rochas, relevos e solos. Jorge e Guerra (2016) falam que autores como Brilha (2015), Moreira (2014) e Gray (2005) trazem em suas obras a necessidade de impulsionar a Geoconservação por meio da real necessidade de conservar a Geodiversidade, fazendo levantamento das ameaças proveniente da falta de amparo e gestão.

Para além da conceituação da Geodiversidade, e na tentativa de verificar alguns aspectos da produção atual brasileira em eventos científicos, foram observadas as aplicações conceituais sobre a Geodiversidade, Geossítios e Geopatrimônio na busca da Geoconservação em trabalhos publicados nos anais do evento XII Simpósio Nacional de Geomorfologia - SINAGEO, intitulado “Paisagem e Geodiversidade: a valorização do Patrimônio Geomorfológico Brasileiro” no eixo temático “Geodiversidade e Geoconservação”. Foram revisados os 54 trabalhos do eixo temático e selecionados os que possuíam metodologias que poderão ser aplicados nesta pesquisa.

É importante destacar que esse evento, ocorrido em 2018, foi a primeira edição do SINAGEO em que teve como tema principal a Geodiversidade, se tornando um evento de grande relevância no âmbito da divulgação científica voltado para os que englobam a Geodiversidade, Geoconservação e os Patrimônios Geomorfológicos.

A partir da inserção do tema central do evento pautado na “Geodiversidade e Patrimônio Geomorfológico” no SINAGEO, evento respeitável para os geógrafos que se debruçam nas pesquisas que envolvem os aspectos e as dinâmicas da natureza é que se tem materializado a importância desse tema para os estudos geográficos. São materiais que vem fortalecendo aquilo que já tinha sido apresentado por Ruchkys, Mansur e Bento (2017), no artigo intitulado “A historical and statistical analysis of the Brazilian Academic production, on, master’s and PhD level, on the following subjects: Geodiversity, Geological Heritage, Geotourism, Geoconservation and Geoparks”, que mostra o estudo da Geodiversidade nos programas de pós graduação em Geografia do Brasil, e como esse tema vem sendo discutido com mais notoriedade na Ciência Geográfica.

Os trabalhos publicados nos Anais do XII SINAGEO (Quadro 2), serviram de parâmetro para compreender melhor os principais referenciais teóricos-metodológicos da temática empregados atualmente nos estudos geográficos que abordam essa temática.

Quadro 2. XII SINAGEO, Paisagem e Geodiversidade: a valorização do Patrimônio Geomorfológico Brasileiro - 2018

| Número de trabalhos | Autores | Título do trabalho | Conceitos principais abordados | Principais procedimentos metodológicos (citar os procedimentos e os autores) | Aplicabilidade da pesquisa (ex. fins de planejamento, gestão, etc. | Área do conhecimento geográfico |
|----------------------------|---|---|---|--|---|--|
| 1 | Degrandi, S.M.; Ziemann, D.R.; Cecchin, D.N.; Figueiró, A.S. | Valores da Geodiversidade e uso Geoturístico do Geossítio Pedra Das Guaritas, Caçapava do Sul (RS, Brasil) | Geodiversidade Geopatrimônio Geossítio | Inventário do uso geoturístico atualmente realizado e identificação dos valores da Geodiversidade (Gray, 2004) | Planejamento Gestão | Geologia Geomorfologia |
| 2 | Petri, N.; Ricco, A.S; Pereira Junior, M. | A Geodiversidade da Chapada Diamantina (Ba) e o Potencial de Desenvolvimento do Geoturismo: Desafios e Possibilidades | Geodiversidade Geoturismo | Análise da carta topográfica “Seabra” publicada pelo IBGE (1984); inventário (Gray, 2004) | Planejamento Gestão | Geologia Geomorfologia Cartografia |
| 3 | Araújo, M.S.; Rodrigues, S.C. | Patrimônio Geomorfológico da Serra da Canastra-MG: uma Abordagem Preliminar | Patrimônio Geomorfológico | Inventário do Potencial Científico de Acessibilidade (Rodrigues, 2001), (Pereira, 200). | Planejamento Gestão Acessibilidade Conservação | Cartografia Geologia Geomorfologia |
| 4 | Silva, J.C; Rocha, T.B. | Geodiversidade Geomorfológica E Identificação de Possíveis Geomorfofossítios no Núcleo Atalaia-Dama Branca do Parque Estadual Da Costa Do Sol (PECSOL) – RJ | Geodiversidade Geodiversidade Geomorfológica | utilizado uma parte do método proposto por Pereira (2006) para avaliação de patrimônio geomorfológico | Planejamento Gestão Conservação | Geologia Geomorfologia Cartografia |
| 5 | Barbosa, D.R. | Geoturismo, Geodiversidade E Patrimônio Geomorfológico No Trecho Sul Do Parque Estadual Da Pedra Branca (Rio De Janeiro) | Geoturismo Geodiversidade Patrimônio Geomorfológico e Geológico | Registros fotográficos e confirmação dos dados de substrato geológico e evolução geomorfológica local (Silva e Cunha, 2001), (Dantas 2000) | Gestão | Geomorfologia Geologia |

Elaborado por: Alencar, 2020

Além disso, subsidiou o entendimento da importância do conceito de Geodiversidade para busca da aplicação da Geoconservação através de inventários de avaliação de potencial geomorfológico.

Degrandi et al (2018), no trabalho intitulado “Valores Da Geodiversidade E Uso Geoturístico Do Geossítio Pedra Das Guaritas, Caçapava Do Sul (Rs, Brasil)”, que foi elaborado a partir do estudo da Geodiversidade envolvendo um inventário de valores utilizando a proposta de Gray (2004), cujo o local de estudo retrata o Geossítio Pedra das Guaritas em Caçapava do Sul-RS. O inventário foi feito para que pudesse subsidiar o planejamento do uso geoturístico que assegurasse a geoconservação do local. Trabalhos que seguem a metodologia de aplicação de valores da Geodiversidade proposta por Gray (2004) foram os mais recorrentes nos anais de 2018 do evento.

Trabalhos como de Barbosa (2018) seguiram a metodologia de análise das compartimentações geomorfológicas e estruturas geológicas para análise de potencial da Geodiversidade. Petri et al (2018) no trabalho “A Geodiversidade da Chapada Diamantina (BA) e o Potencial de Desenvolvimento do Geoturismo: desafios e possibilidades”, abordaram a caracterização da Geodiversidade a partir do uso de inventário de análise de estrutura geomorfológica e geológica na Chapada Diamantina/BA. O trabalho contou também com entrevistas dos guias sobre frequência de visitantes para mensuração e contribuir para o planejamento local.

Araújo e Rodrigues (2018) no trabalho “Patrimônio Geomorfológico da Serra da Canastra-MG: Uma Abordagem Preliminar” realizaram o fichamento de quatro sítios geomorfológicos da Serra da Canastra/MG, cujo objetivo foi realizar um inventário, além da identificação deste geopatrimônio, apoiado no uso das Geotecnologias e SIGs, de modo a resultar em mapeamentos que lhes auxiliem na identificação e análise geomorfológica da área, envolvendo sua gênese, dinâmicas e processos atuais. Os sítios em questão são quedas d’água e teve maior parte da análise realizada em gabinete, utilizando dados secundários de estruturas geológicas e lineamento estrutural. Os autores também detalharam o trabalho de campo em que analisaram a dinâmica geológica-geomorfológica e aspectos biológicos para busca por melhorias das trilhas que dão acesso aos sítios.

Silva e Rocha (2018), no trabalho “Geodiversidade Geomorfológica e Identificação de Possíveis Geomorfossítios no Núcleo Atalaia-Dama Branca do Parque Estadual da Costa do Sol (PECSOL) – RJ”, realizaram estudo de identificação de possíveis geomorfossítios no Núcleo Atalaia-Dama Branca do Parque Estadual da Costa do Sol. Para a identificação de possíveis geomorfossítios, foi utilizado uma parte do método de avaliação de patrimônio

geomorfológico proposto por Pereira (2006). Tal método realiza atribuições de valores associados aos elementos geomorfológicos, culturais e ecológicos.

Os trabalhos investigados demonstraram um avanço na busca da conservação das áreas que necessitam de amparo a partir do estudo da Geodiversidade. O alinhamento dos processos metodológicos pioneiros, somados a adaptações da realidade dos meios naturais, mostram que a autonomia científica traz resultados mais eficazes e satisfatórios aos pesquisadores e gestores das unidades pesquisadas. Estudos de Geodiversidade e Geoconservação, a partir de análise geomorfológica e geológica na visão geográfica, expressa um entendimento que vai além do estudo do relevo e da rocha, mas sim de todos os agentes que compõe a paisagem (clima, hidrografia, solo etc.) formando uma visão mais ampla e aprofundada.

2.1.2. A Geoconservação

Não é novidade que o Patrimônio Natural vem sendo degradado e isso se intensifica ao passar dos anos. Tal degradação se dá por meio de inúmeros fatos, como a expansão da fronteira agrícola e agropecuária, a desvalorização da importância da proteção do meio natural, dentre diversos outros motivos. Diante de situações que envolvem a degradação, pode-se citar aquelas em nível irreversível (perda da biodiversidade, contaminação dos rios, mudanças climáticas etc.), em que muitos pesquisadores tentam, constantemente, buscar alinhamentos dos procedimentos metodológicos que visam o amparo das mais diversas áreas naturais.

Dentre as opções de proteção no Patrimônio Natural, pode-se mencionar a Geoconservação, uma vez que o conceito e os princípios vêm sendo aplicadas como medidas de amparo a valorização, proteção e popularização da Geodiversidade, por meio dos Geossítios. O principal objetivo da Geoconservação é proteger a diversidade natural dos mais diversos e significativos aspectos, podendo ser exemplificados pelos processos geológicos, geomorfológicos e pedológicos, com a finalidade de garantir a manutenção da história da sua evolução de uma área de interesse abiótico (SHARPLES, 2002).

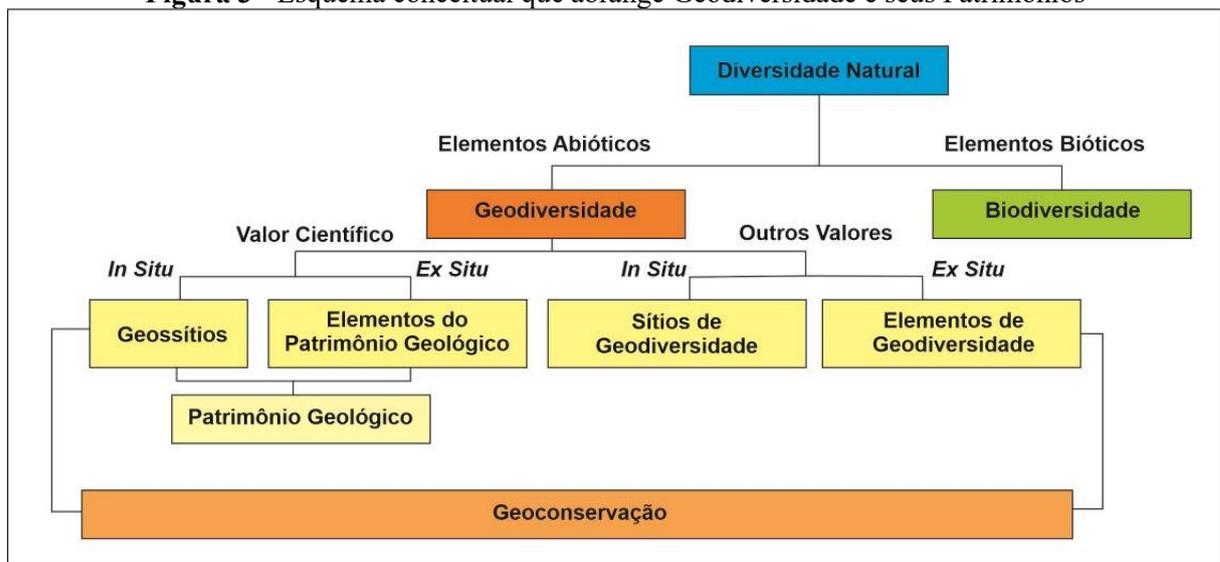
Pesquisadores como Brilha (2015), Gray (2005) e Moreira (2014) apresentam, a partir dos seus trabalhos, os valores e as ameaças reais que estão afetando a Geodiversidade, demonstrando como a Geoconservação pode promover uma melhor gestão desses

patrimônios, protegendo aspectos da paisagem que são extremamente importantes para se conhecer melhor a história de evolução do nosso planeta.

Sharples (2002) foi um dos primeiros autores a definir Geoconservação. Para ele o termo seria a conservação da Geodiversidade por seus valores estruturais e patrimoniais. Essa efetiva conservação da Geodiversidade se compreende enquanto prevenção do esgotamento dos recursos existentes no planeta, não havendo ainda significância no percentual de uso consciente dos recursos extraídos do meio natural.

López-Martínez e Durán (2007) definem Geoconservação como o conjunto de medidas e técnicas voltadas para assegurar a conservação do patrimônio, levando em consideração as análises dos valores intrínsecos, de vulnerabilidade e suas degradações. A revisão teórica sobre o tema levou Brilha (2016) a propor um esquema conceitual que abrange a relação que envolve Geodiversidade, Patrimônio Geológico e Geoconservação (Figura 3).

Figura 3 - Esquema conceitual que abrange Geodiversidade e seus Patrimônios



Fonte: Brilha, 2016

Brilha (2016) demonstra em seu fluxograma que os elementos abióticos contemplam a diversidade natural de um determinado local, ou seja, que engloba a Geodiversidade (responsável pela diversidade abióticos) e a Biodiversidade aquela responsável pela diversidade biótica. No momento em que algum elemento que compõem a Geodiversidade chama a atenção dos pesquisadores ou de parte da sociedade, é realizado um estudo minucioso que envolve o inventariado e a quantificação, no sentido de atribuir um determinado valor para um local. A partir desse valor atribuído e destacado a importância do

elemento abiótico, a área passa a ser reconhecido como um Geossítio. Só a partir dessas etapas é que se identifica, ou melhor, que o local é reconhecido como Patrimônio Geológico.

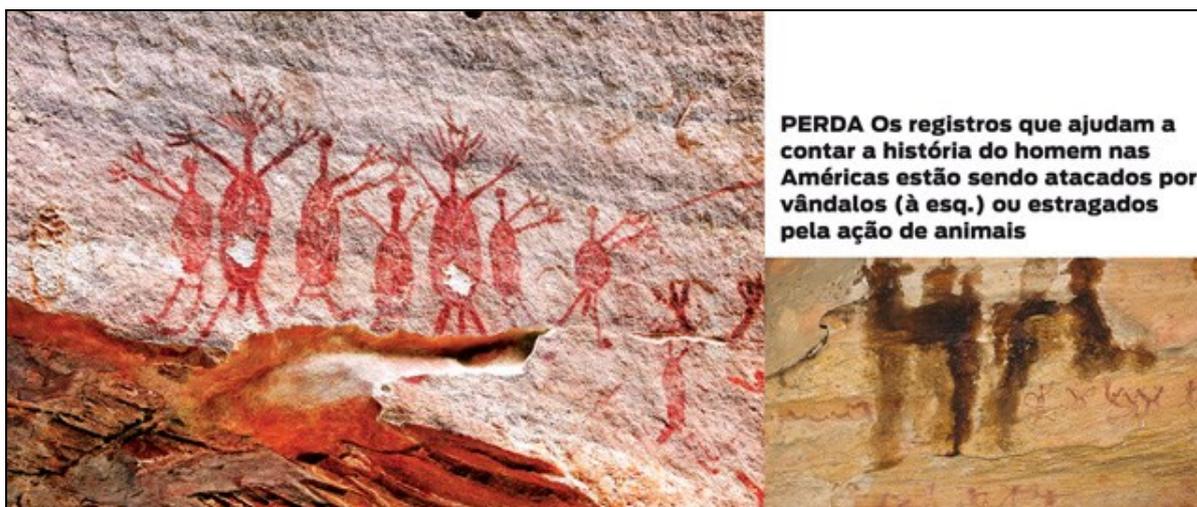
Todos os valores atribuídos a um Geossítio, seja valor científico, valor histórico, valor cultural, valor natural, entre outros são valores que influenciam a Geoconservação, uma vez que quanto mais valor agregado numa área maior a possibilidade de protegê-la. Conhecer melhor as características físicas de determinadas paisagens a tornam mais importante, uma vez que facilita o entendimento daquilo que se quer e se deve cuidar através da popularização do conhecimento, tornando a Geoconservação mais efetiva.

Os Patrimônios Geológico e Geomorfológico se encontram em áreas onde há valores agregados. Outros patrimônios também podem ser encontrados em locais detentoras de valor científico (patrimônio paleontológico, patrimônio mineralógico, patrimônio arqueológico, entre outros), podendo contemplar outros valores (histórico, cultural, entre outros).

A degradação dos patrimônios ocorre por diversos motivos, sendo um dos mais frequentes a falta de investimentos para manutenção, manejo e falta de conhecimento sobre a importância dos elementos que compõem a Geodiversidade (nesse caso, áreas já protegidas). Pode-se citar como exemplo de patrimônio degradado o Parque Nacional da Serra da Capivara (Figura 4), localizado no Estado do Piauí, onde contem 172 sítios arqueológicos com vestígios humanos datados em 50 mil anos de história vivida no relevo.

Conforme site virtual de notícias (ISTOÉ, 2015), o Parque Nacional da Serra da Capivara obteve um corte de verba que ocasionou o sucateamento e abandono de gestores e funcionários. O ocorrido acarretou o desamparo do parque, que foi degradado por vândalos ao praticarem tiro ao alvo nas pinturas rupestres existentes, caçada de animais existentes dentro da unidade de conservação, bem como visitas sem quaisquer acompanhamentos de guias.

Figura 4 – Degradação das pinturas rupestres do Parque Nacional da Serra da Capivara-PI

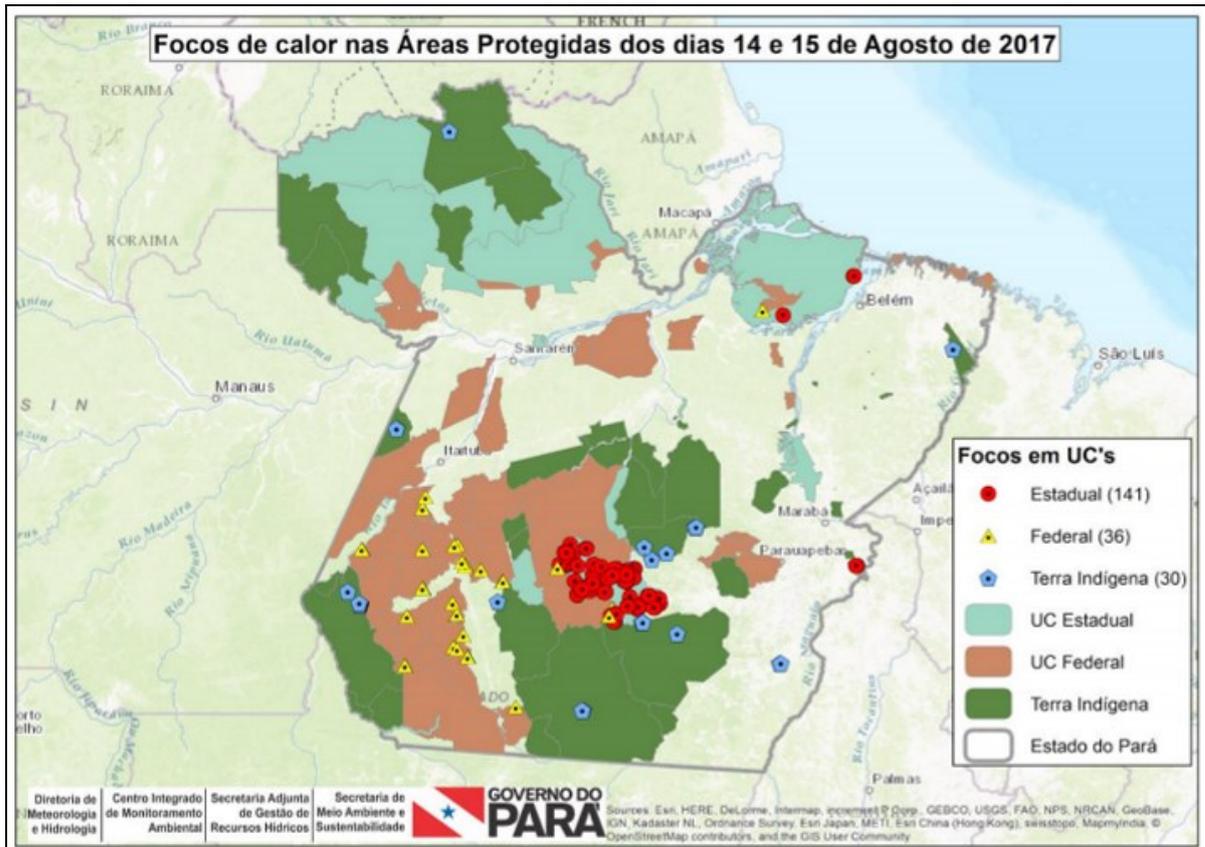


Fonte: Raul Montenegro, 2015

Essa reportagem demonstra que a degradação, depredação e vandalismo ocorre devido a falta de conhecimento sobre a importância dos geomorfossítios por parte da sociedade de modo geral. Não ter conhecimento real do valor destas áreas não gera vislumbre e sentimento de necessidade de proteção. Nos patrimônios paraenses, um dos grandes problemas é o descontrole do manejo do fogo iniciado em propriedades privadas no entorno dos mesmos, em que a falta preocupação permite a invasão do fogo nas áreas protegidas.

O período de maior incidência de queimadas é entre os meses de junho a setembro (inverno amazônico), que é o período em que se concentra a queima de pastagens na região. Vale lembrar que, ainda neste período do ano, se estabelecem os menores níveis de umidade no ar, o que facilita a proliferação do fogo e até mesmo início de focos de incêndios naturais de modo espontâneo. A Figura 5 mostra o mapa de focos de calor detectados nas áreas protegidas do Estado do Pará, elaborado pela Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade (SEMAS) em 2017.

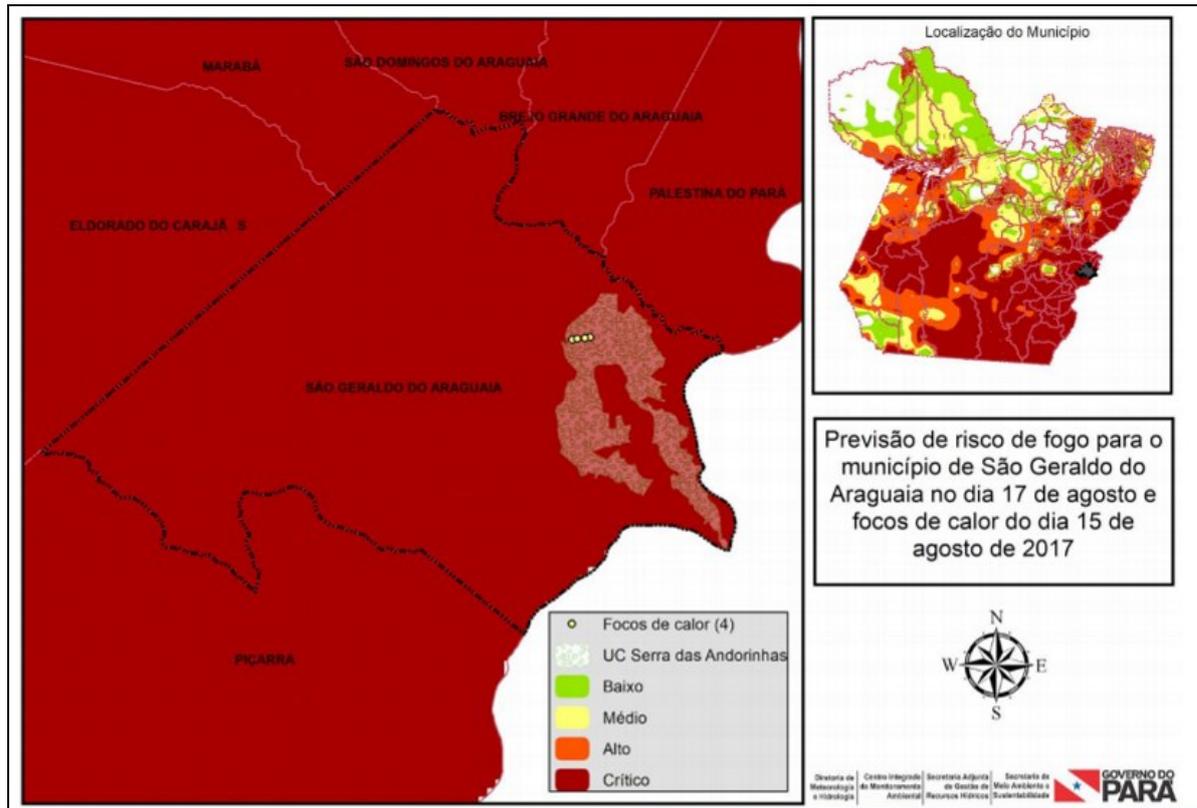
Figura 5 – Mapa de Focos de Calor nas Áreas Protegidas em agosto de 2017



Fonte: SEMAS, 2017

No mês de agosto do ano de 2017 foram detectados 207 focos de queimadas distribuídos da seguinte forma: 141 focos em Unidade de Conservação Estadual (concentrados principalmente na APA Triunfo do Xingú), 36 focos em Unidade de Conservação Federal e 30 focos em Terras Indígenas (SEMA, 2017). O PESAM foi uma das UCs que obtiveram registros de queimadas no ano onde, de acordo com o boletim da SEMAS, no dia 15 de agosto de 2017, foi captado focos de queimadas sobre a Serra das Andorinhas (localizada no município de São Geraldo do Araguaia). Os focos estão localizados na porção Norte da serra, conforme a Figura 6. Ressalta-se que o município apresenta condicionantes meteorológicas propícias para ocorrência de fogo na categoria Crítico.

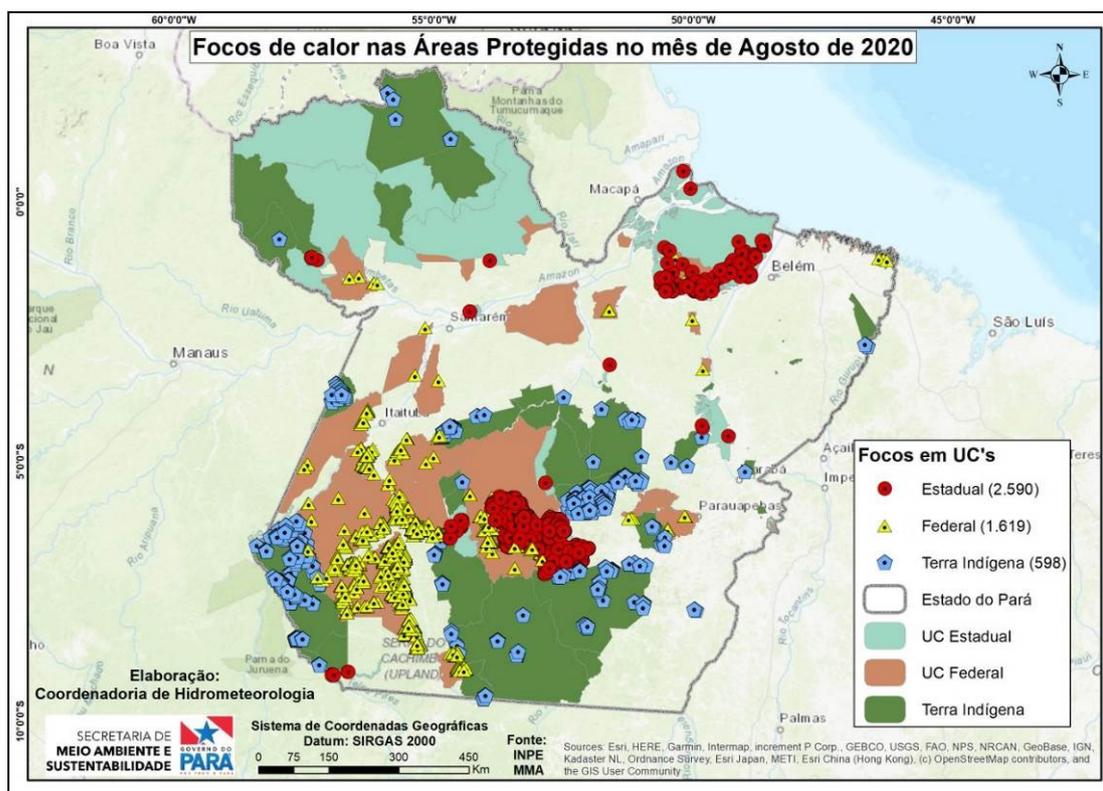
Figura 6 – Mapa de Previsão de Risco de Fogo em São Geraldo do Araguaia em agosto de 2017



Fonte: SEMAS, 2017

Com o passar dos anos, o número de focos de queimadas aumentou, tornando preocupante a situação de inúmeros patrimônios localizados no Estado do Pará. De 207 focos registrados em agosto de 2017, o ano de 2020 obteve 4807 focos de queimadas sobre regiões protegidas por lei (Figura 7), sendo distribuídos da seguinte forma: 2590 focos em unidades de conservação estadual, 1619 focos em unidades de conservação federal e 598 focos em territórios indígenas (SEMAS, 2020).

Figura 7 – Mapa Focos de Incêndio em São Geraldo do Araguaia em Agosto de 2020



Fonte: SEMAS, 2020

Com o grande índice de queimadas nos patrimônios paraenses, fica perceptível um alto grau de vulnerabilidade a degradação ambiental, que possivelmente foi ocasionada não só pelas condições climáticas e fisiográficas, mas pela ação do ser humano, desenvolvendo diversas ações (queimadas, desmatamento, agricultura, pecuária extensiva, extrativismo, mineração, entre outros) que dificultam a manutenção, manejo e proteção dos patrimônios naturais.

É notório que as queimadas descontroladas são prejudiciais aos patrimônios, ocasionando danos negativos ao meio natural, sendo uma perda para sociedade em geral, pois se está perdendo registros na paisagem que nos ajudam a interpretar o que aconteceu no passado e que são importantes para se entender a evolução do nosso planeta.

As queimadas geram alterações das paisagens dos geopatrimônios, além de eliminarem as matas de galeria que são áreas que protegem e mantêm os canais fluviais, onde estão localizadas as cachoeiras que são de extrema importância para o patrimônio geológico e geomorfológico.

2.2. O Patrimônio Geomorfológico e os Relevos Cársticos no Brasil

O Patrimônio Geomorfológico é um tema que vem sendo muito debatido pela academia, principalmente por destacar a importância de se preservar, proteger e conservar determinadas formas e feições do relevo, que são consideradas por alguns cientistas como exemplar representativo de valor científico, cultural, paisagístico, etc.

Assim, esse subcapítulo discutirá as principais abordagens sobre Patrimônio Geomorfológico e Geomorfossítios, bem como as metodologias mais aplicadas na identificação e análise de um Geomorfossítio. Também será discutido o conceito de relevos cársticos e sua distribuição no território brasileiro.

2.2.1. O Patrimônio Geomorfológico e Geomorfossítios

Falar de Geodiversidade no contexto geomorfológico em pesquisas nacionais ainda é bem recente, tendo a rocha como foco principal, na maioria dos artigos científicos e trabalhos acadêmicos que tratam a temática e, em algumas vezes, como o principal agente de análise e discussão da Geodiversidade. Isso se dá devido ao impacto causado da Geodiversidade na Ciência Geológica, no que diz respeito ao novo método de análise que deixou de trabalhar estritamente com rochas e agora arrisca análise dos meios abióticos de modo mais amplo e sistêmico (SALES, 2018).

Muitos estudos sobre Patrimônio Geomorfológico foram realizados a partir da temática da Geodiversidade, conceito estruturado e utilizado por geólogos, porém devido a disseminação dos estudos sobre a temática nas mais diversas áreas do conhecimento, novas perspectivas têm sido incorporadas, como por exemplo, envolvendo um conceito mais amplo e holístico que incorpora outros agentes e possibilita outras interpretações.

Os atributos geológicos presentes na Geodiversidade compõem o Patrimônio Natural e analisa os elementos referentes aos tipos de rochas, afloramentos, paisagens e demais objetos que podem auxiliar nos entendimentos de acontecimentos pretéritos da Terra (PROGEO, 2011). Dentro do Patrimônio Natural, existem diversos outros patrimônios, sendo aqui destacados apenas o Patrimônio Geológico e o Patrimônio Geomorfológico como fundamentais no estudo da Geodiversidade.

Patrimônio Geológico é entendido por Brilha (2005), como uma área ou região detentora de valor que integra todos os agentes que compõe a Geodiversidade (Patrimônio

Paleontológico, Patrimônio Mineralógico, Patrimônio Geomorfológico, entre outros) dentro de um conjunto de Geossítios³.

Integrado na abordagem do Patrimônio Geológico, o Patrimônio Geomorfológico (também conhecido por Pereira (2006) e Panizza e Piacente (2008) como Geomorfofossítio), pode ser explicada como forma de relevo a que um determinado valor pode ser atribuído (PANIZZA, 2001).

O Patrimônio Geomorfológico é incorporado no Geopatrimônio, sendo referido por Oliveira e Rodrigues (2014) e Rodrigues e Fonseca (2008) como áreas que contém feições do relevo criadas ao longo da história e seus depósitos e registros identificados nas mais diferentes paisagens, possibilitando o entendimento da evolução passada e presente deixadas na superfície terrestre.

Oliveira e Rodrigues (2014) conceituam Patrimônio Geomorfológico como áreas onde os relevos possuem valores atribuídos em suas feições, podendo ter valor individual (em que se destaca apenas um relevo) ou de paisagem em conjunto e amplo. A Figura 8 mostra um exemplo de área detentora de um conjunto de valores referentes as feições geomorfológicas e formação vegetal savânica.

Figura 8 - Estrutura do Patrimônio Geomorfológica do Parque das Sete Cidades-PI



Fonte: Mascarenhas, 2018.

³ Lugar de particular interesse para o estudo da geologia, notável sob o ponto de vista científico, didático ou turístico, seja pela singularidade de suas formações geológicas.

Por serem áreas que podem conter registros pretéritos da atividade humana, o Patrimônio Geomorfológico é de interesse cultural e turístico, sendo foco de Educação Ambiental e visto como áreas de interesse a preservação. Apesar de conter importância indispensável no Patrimônio Natural, os Geomorfossítios são áreas frágeis visto que toda as atividades humanas se dão no relevo. Além de registros de acontecimentos passados, também possuem valores cênicos, sendo assim indispensáveis para proteção da Geodiversidade. A Figura 9, mostra um exemplo de registro passado presente no relevo.

Figura 9 - Escrita em rocha no Parque Estadual Serra dos Martírios/Andorinhas. Escrita de povos antigos que habitavam a área. Não se tem ainda muitas informações sobre a escrita, sabe-se apenas que é a representação de algum animal da época.



Fonte: Alencar, 2018.

Os Geomorfossítios reforçam os valores dos estudos da Geodiversidade, dando destaque aos valores culturais, históricos e ambientais, possibilitando elaborar estratégias de

criação de Geoparques⁴, Geossítios e Geotrilhas que possam ser aplicados à Educação Ambiental, focando sempre no manejo planejado e na proteção de modo geral do patrimônio.

A partir do reconhecimento dos valores expressos, bem como a inserção da temática em eventos científicos de caráter nacional, tais como o SINAGEO (2008), ENANPEGE (2019), SBGE (2019), CBE (2019), etc., houve a ampliação das demais categorias dos Patrimônios Naturais como, o espeleológico, carstológico, sedimentológico, entre outros (BOTELHO et al, 2019). Os eventos científicos possibilitaram a discussão de possíveis metodologias de identificação de aspectos que validem uma área enquanto Geomorfossítios através da atribuição de valor em áreas de interesse geomorfológico. Os estudos de identificação e inventariado de Geomorfossítios vem sendo realizados em áreas que possuem valores, buscando através dos estudos geomorfológicos, ganhos na valorização de possíveis patrimônios.

No que diz respeito a trabalhos desenvolvidos sobre avaliação de Geomorfossítios, autores como de Panizza (1990), Rivas et al (1997), Pereira (2006) e Serrano; González (2005) tiveram reconhecimento devido a elaboração de suas metodologias. O Quadro 3 apresenta síntese das propostas de avaliação de Geomorfossítios dos autores citados, destacando os parâmetros avaliados de cada. É importante destacar que cada metodologia é desenvolvida conforme a singularidade apresentada na área estudada, podendo ser modificadas/adaptadas a partir da necessidade dos pesquisadores que irão utilizá-las. Ressalta-se também que os trabalhos apresentados no Quadro 3 utilizaram cálculos matemáticos para atribuição de valor quantitativo da área analisada.

⁴ Um geoparque é uma área delimitada que tenha significativas exposições geológicas, paleontológicas ou geomorfológicas e que seja grande o suficiente para o desenvolvimento sustentável e que haja uma população no seu interior a qual, necessariamente, deverá ser beneficiada com sua criação.

Quadro 3 – Síntese das Propostas Aplicadas sobre Avaliação de Geomorfossítios

| Rivas et al. (1997) | Coratza & Giusti (2005) | Serrabi & Gonzalez Trueba (2005) | Pralong (2005) | Pereira (2006) |
|--|---|--|--|--|
| Proposta metodológica para inserção das feições geomorfológicas nas avaliações de impacto ambiental (AIA) | Avaliar a qualidade científica de um geomorfossítio | Avaliação científica e objetiva de geomorfossítios em áreas naturais protegidas da Espanha, inserindo valores adicionais e de uso e gestão, dotados de maior subjetividade | Avaliação do potencial turístico e recreativo de geomorfossítios, considerando seus valores cênicos, científicos, histórico-culturais e socioeconômicos | Metodologia para avaliação do patrimônio geomorfológico desde a seleção até a sua avaliação numérica, podendo ser utilizada em áreas de qualquer dimensão |
| <ul style="list-style-type: none"> -Estado de conservação -Grau de Preservação/ deterioração -Qualidade do Sítio de interesse Geomorfológico (SGI) -Abundância relativa -Diversidade de elementos de interesse -Extensão (áreas percentuais em relação aos demais SGI) -Representatividade para processos geológicos-geomorfológicos -Grau de conhecimento científico -Uso Potencial -Possibilidade de realização de atividades -Disponibilidade de serviços nos arredores -Acessibilidade -Condições de observação | <p>Valor Científico</p> <ul style="list-style-type: none"> -Grau de conhecimento por especialista -Valor para pesquisa científica -Valor Educativo -Raridade -Grau de Conservação -Valor adicional (turístico, ecológico, etc) | <p>Valor Científico</p> <ul style="list-style-type: none"> -Gênese -Morfologia -Dinâmica -Cronologia -Litologia -Estruturas geológicas -Estruturas Sedimentares <p>Valor Adicional</p> <ul style="list-style-type: none"> -Paisagem e valor cênico -Elementos culturais -Valor educativo -Valor científico -Valor turístico <p>Valor e Uso e Gestão</p> <ul style="list-style-type: none"> -Acessibilidade -Fragilidade | <p>Valor Cênico</p> <ul style="list-style-type: none"> -Quantidade de miradouros -Distância média entre os miradouros -Superfície e Altitude -Contraste de cores com os arredores <p>Valor científico</p> <ul style="list-style-type: none"> -Interesse paleogeográfico -Representatividade em % de área em relação aos sítios do mesmo tipo -Raridade -Integridade -Interesse ecológico <p>Valor Cultural</p> <ul style="list-style-type: none"> -Hábitos histórico-culturais -Representação iconográfica -Relevância histórica e arqueológica | <p>Valor Científico</p> <ul style="list-style-type: none"> -Integridade -Representatividade -Diversidade de elementos geomorfológicos de importância -Elemento Geológico -Existência de conhecimento científico associado -Abundância/raridade a nível nacional <p>Valor Adicional</p> <ul style="list-style-type: none"> -Valor cultural -Valor estético -Valor ecológico <p>Valor de uso</p> <ul style="list-style-type: none"> -Condições de acessibilidade -Condições de visibilidade |

Fonte: autor a partir de Pereira (2010)

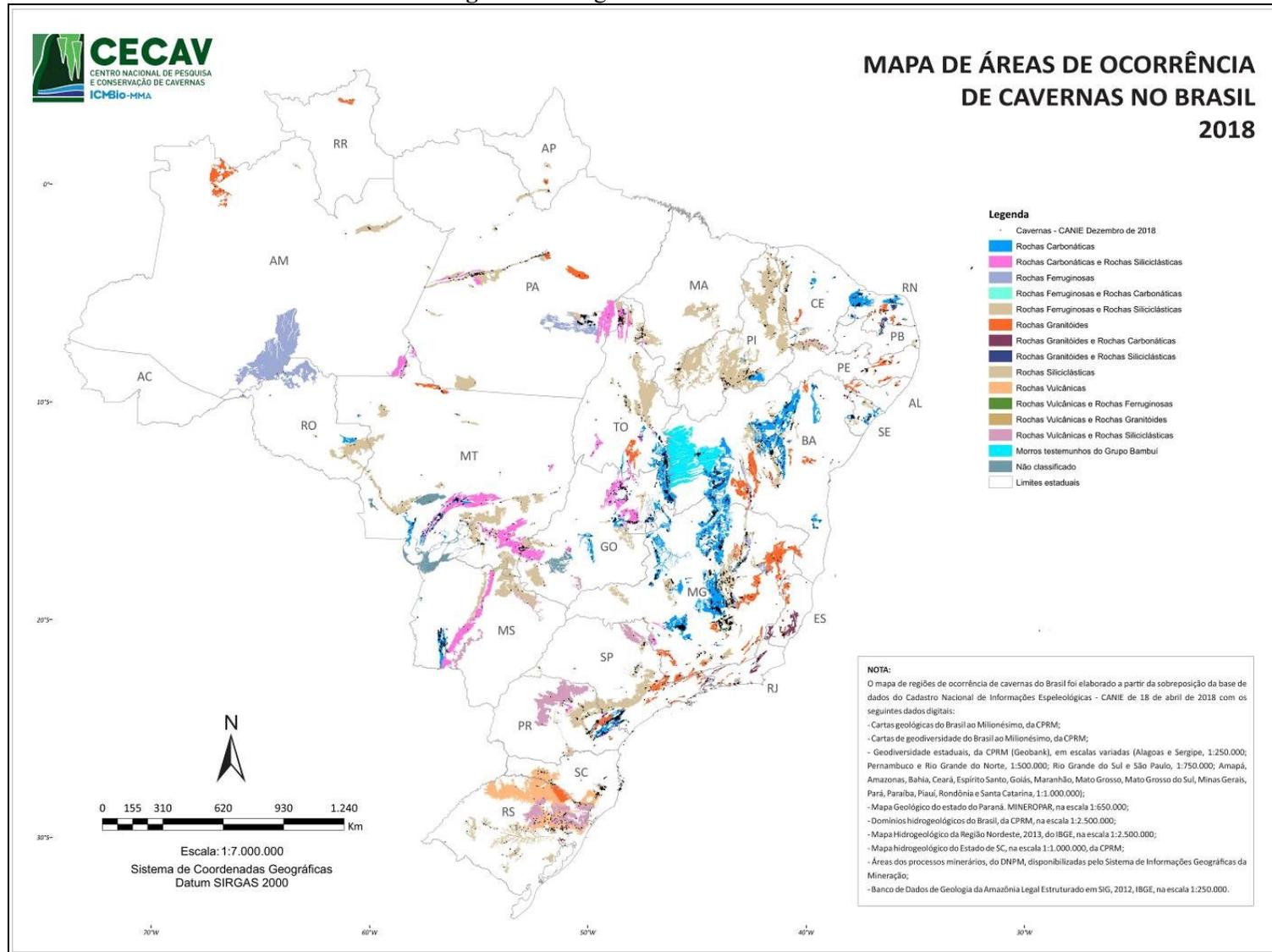
Dentre as apresentadas, destaca-se a metodologia de Pereira (2006) como norteadora para avaliação do Geomorfofóssito deste trabalho. Visto que sua aplicação possui facilidade de ser aplicada nas diversas escalas, dando foco no conhecimento geomorfológico, porém sem desconsiderar a importância dos demais condicionantes existentes na paisagem. A sequência metodológica será descrita detalhadamente nos procedimentos metodológicos desta dissertação.

2.2.2. Relevos cársticos brasileiros

O Patrimônio Geomorfológico envolve uma série de formas e feições de relevos, dentre elas os relevos cársticos que terá enfoque neste texto. O carste é um sistema de processos e fenômenos (dissolução, transporte e deposição de matéria) presente em diversas áreas subterrâneas na crosta do Brasil e fora dele (ANDREYCHOUK, 1991).

De acordo com dados oficiais do Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Caverna (CECAV) em 2011, o Brasil apresenta 19 regiões cársticas (Figura 10), sendo identificadas como: 1) Formação Caatinga (BA); 2) Formação Carajás (PA); 3) Formação Salinas (MG); 4) Formação Vazante (MG); 5) Grupo Açungui (PR e SP); 6) Apodi (CE e RN); 7) Araras (MT); 8) Grupo Bambuí (BA, DF, GO, MG e TO); 9) Grupo Brusque (SC); 10) Grupo Corumbá (MS); 11) Grupo Paranoá (DF, GO, MG e TO); 12) Grupo Rio Pardo (BA); 15) Grupo Vargem Grande (PI); 16) Grupo Xambioá (PA e TO); 17) Região Cárstica de São João Del Rei (MG); 18) Região do Quadrilátero Ferrífero (MG) e 19) Supergrupo Canudos (BA e SE).

Figura 10 - Regiões Cársticas Brasileira



Fonte: CECV, 2018.

No âmbito da geomorfologia e de forma geral, o termo carste pode ser entendido como feições geomorfológicas em rochas passivas ao processo de dissolução onde, tal processo, pode ocorrer em rochas carbonáticas (carste tradicional) e não carbonáticas (carste não tradicional) (CECAV, 2019).

Derruau (1965) define carste como uma área de calcário onde preponde os processos de erosão por dissolução. Para ele, não seria carste se as formas de dissolução estivessem ausentes ou subordinadas a outros processos erosivos. O autor considera carste, em outras litologias que sofrem processos de dissolução, como o caso da gipsita.

Hardt (2011) define carste como um terreno de relevos e drenagens diferenciadas, modeladas devido à fácil dissolução de rochas em água. O autor acredita que a dissolução não é necessariamente o processo dominante, porém desempenha um papel mais importante do que qualquer outra no processo.

Definição bastante utilizada caracteriza o carste como um sistema integrado para a transferência de massa em rochas solúveis, com permeabilidade estrutural dominada por canalículos oriundos da dissolução da rocha, e cuja organização facilita a circulação de fluidos (KLIMCHOUK; FORD, 2000). Vale lembrar que nesta definição não há ligação com litologia específica.

O CECAV (2019) aborda, na visão de autores como Panos (1995), Mattes (2015) e Forti (2009), que a Carstologia é um campo interdisciplinar de estudos, que trabalha com o carste e seus processos. São sistemas independentes que se desenvolvem a partir de rochas solúveis tendo o meio biótico, abiótico e socioeconômico como agentes que integram e intensificam a modificação do ambiente, não tem somente como foco as cavidades cavernícolas (cavernas).

As publicações referentes as regiões cársticas no Brasil, tem como um dos trabalhos principais o artigo “*Distribuição das Rochas Carbonáticas e Províncias Espeleológicas no Brasil*”, publicado por Karmann e Sánchez no ano de 1979, o livro de Auler, Rubioli e Brandi “*As Grandes Cavernas do Brasil*” de 2001, “*Karst Areas in Brazil and the Potencial for Major Caves*” de Auler (2012), além de inúmeros trabalhos publicados por Piló (2000) em *Estudos Geoespeleológicos e Análise de Relevância no Platô N5E - Serra dos Carajás, PA* (2007). A maioria dos trabalhos publicados tem como foco a espeleologia⁵, muitas vezes

⁵ Ciência que se dedica ao estudo das cavidades naturais subterrâneas – cavernas. Ela utiliza conhecimentos de outras áreas (topografia, geologia, geografia, biologia, ecologia, arqueologia, paleontologia entre outras) afim de entender como foi a evolução das cavernas e do meio ambiente onde estão inseridas.

abordando, de forma resumida, o carste, visto que no Brasil o estudo espeleológico possui mais força (FREIRE, 2017).

O carste pode ser estruturado segundo o tipo litológico em dois seguimentos, sendo eles conhecidos como carste tradicional, que tem como litologia rochas carbonáticas, e o carste não tradicional (antes conhecido como pseudocarste) que tem por formação litológica rochas não carbonáticas (PILÓ, 2000).

Diversos exemplos podem ser descritos para designar uma caverna que não seja em rocha calcária. É possível definir formas cársticas com origens associadas a fatores tais como: o derretimento de gelo em geleiras; os colapsos ou os movimentos de blocos; a drenagem subterrânea em rochas areníticas com a dissolução e corrosão dos silicatos; a erosão mecânica e processos de colapsividade dos solos em sedimentos recentes; os movimentos tectônicos; o vulcanismo; entre outros casos em investigação (FREIRE, 2017, p 49).

No Brasil, por sua vez, o termo utilizado em formações não carbonáticas gera conflito em sua nomenclatura, tornando-se mais apropriado denominar esse conjunto de cavernas como “carste em rochas não carbonáticas”, “carste não tradicional” ou mesmo uma terminologia vinculada ao tipo litológico, tais como “carste em arenitos”, “carste em quartzitos”, etc. (FREIRE, 2017; CECAV, 2019).

Ainda de acordo com os autores, há um problema de origem histórica que envolve a temática, visto que boa parte dos geógrafos, geólogos e geomorfólogos brasileiros insistem em definir que o carste, uma vez que foi inicialmente estudado em carbonatos, tem que ser definido como um relevo que ocorre no calcário. Os trabalhos brasileiros referentes a geomorfologia cárstica já possuem números expressivos acerca dos sistemas espeleológicos não carbonáticos, relevando um satisfatório número de cavernas não tradicionais (CECAV, 2019).

Os dados do Cadastro Nacional de Cavernas da Sociedade Brasileira de Espeleologia (SBE, 2016), mostra que cavernas esculpidas em calcários e dolomitos contemplam 67,7% do total registrado, demonstrando, assim, um número de pouco mais de 30% de cavernas desenvolvidas em rochas não carbonáticas (Quadro 4).

Quadro 4 – Litologia e Número de Cavernas no Brasil

| Litologia | Nº de Cavernas Por Litologia | % em Relação ao Brasil |
|--|-------------------------------------|-------------------------------|
| Calcário | 4248 | 67,7 |
| Metassedimentares (quartzito, formação ferrífera) | 771 | 12,28 |
| Rochas siliclásticas (arenito, conglomerados, argilitos) | 635 | 10,12 |
| Ígneas (granito, basalto) | 192 | 3,06 |
| Dolomito | 145 | 2,31 |
| Carbonatos Indiferenciados | 108 | 1,72 |
| Mármore | 61 | 0,97 |
| Depósitos supérgenos (bauxita, canga) | 42 | 0,67 |
| Metaígneas (gnaisses) | 29 | 0,46 |
| Sem informação | 29 | 0,46 |
| Xisto | 12 | 0,19 |
| Tufa/Travertino | 2 | 0,03 |
| Total | 6274 | 100 |

Fonte: SBE, 2016

O estudo do carste em rochas não carbonáticas vem aos poucos buscando seu espaço na ciência, visto que um significativo número de cavernas é encontrado em tais formações litológicas. Desta forma, o carste não carbonático começa a ter sua relevância no meio carstológico e espeleológico.

Se no início o conceito de carste estava intimamente associado a litologia, atualmente isso mudou, e [...] vários exemplos de carste em rochas não carbonáticas foram identificados e estão sendo estudados no mundo a fora. O que não se pode aceitar mais é simplesmente atribuir um termo genérico e pouco claro a uma área, denominando-a pseudocarste, simplesmente porque não se trata de calcário. Por outro lado, não é porque existem formas que se assemelham ao carste em uma determinada área que é necessariamente carste. O equilíbrio tem de ser encontrado, e a definição se uma determinada área é ou não carste deve ser feita após estudos do relevo e processos que atuam ou atuaram na mesma. (HARDT; RODET; PINTO, 2009, p. 10)

Assim como os estudos do Carste não devem ser resumidos apenas aos de litologia calcária, as atuações profissionais nestas áreas também não devem ser vistas apenas como atributos do geólogo ou biólogo. Deste modo, o uso da Ciência Geográfica nos estudos espeleológicos e carstológicos se fazem relevante, uma vez que, agrupado ao conhecimento amplo da área ambiental (geologia, geomorfologia, pedologia, entre outros) e somado a visão crítica e conservacionista do geógrafo, tem-se como resultado uma análise pensada na proteção dos patrimônios e demais áreas.

Um atributo adquirido pelo geógrafo é a análise sistêmica ou integrada dos componentes das paisagens, não apenas analisando aspectos físicos, mas também socioculturais, podendo correlacioná-los e dar destaque a alguns componentes sem desconsiderar os demais presentes.

2.2.3. Paisagem Cársticas e a Morfodinâmica

Segundo Freire (2017), a paisagem cárstica configura-se especialmente pela ocorrência de uma caverna, denominação mais conhecida referente à formação de aberturas na rocha solúvel que permite circulação da água. As cavernas, por sua vez, podem ser definidas como um vazio natural subterrâneo que, em sua maioria, se estendem até área de escuridão total e com tamanho que permita entrada humana.

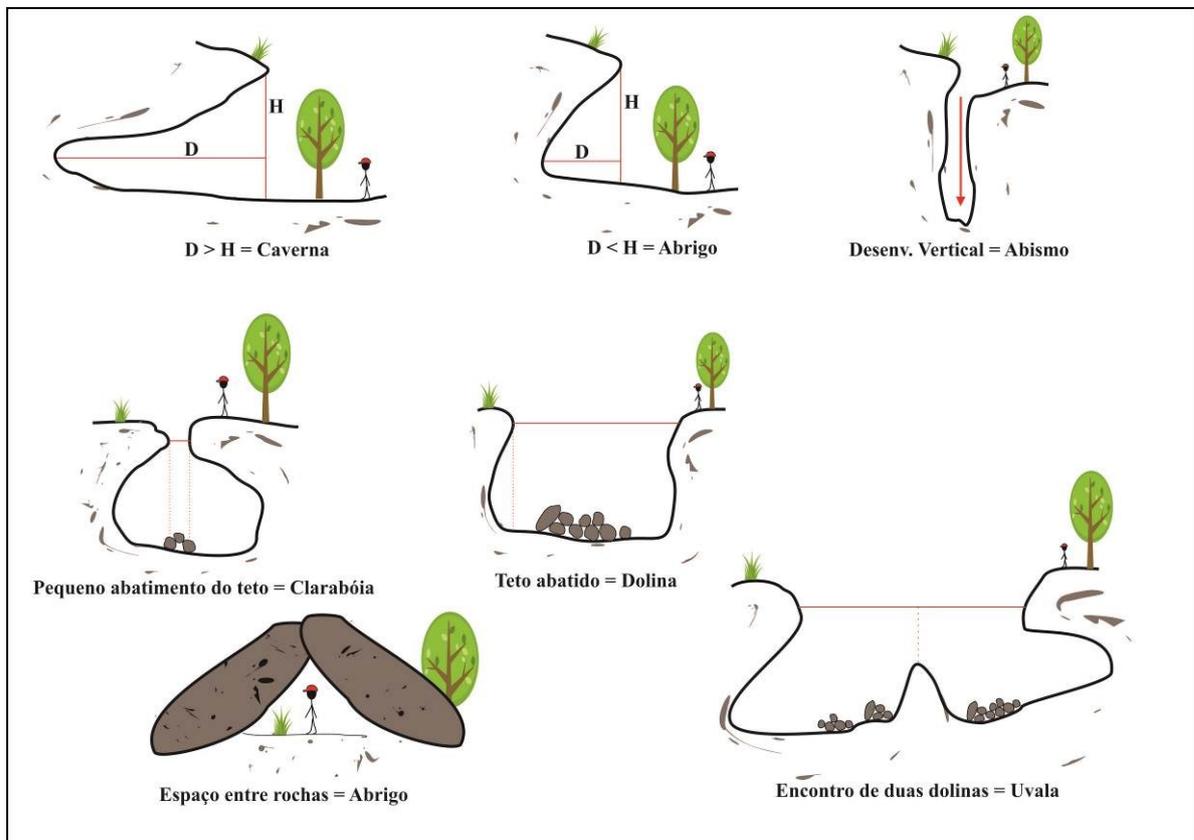
A formação das cavernas é explicada por Karmann (1994) como entalhamento da paisagem, em que níveis de condutos freáticos são progressivamente drenados, tornando-se preenchidos com ar, além de água. Em simples palavras, o acúmulo de água concentrada no entalhamento do relevo intensifica o processo de dissolução e transporte da rocha, deixando pequenos espaços vazios que vão se desenvolvendo ao longo do tempo, podendo ser ocupado por ar ou até mesmo por água. É válido lembrar que o tempo de formação de uma caverna vai depender, principalmente, da litologia presente na área, sendo rochas carbonáticas mais passivas ao processo de dissolução (KARMANN, 1994).

Conforme o Decreto N. 6.640 de 07/11/2008 que trata sobre a definição de cavidade natural subterrânea, na qual:

Cavidade natural subterrânea é todo e qualquer espaço subterrâneo acessível pelo ser humano, com ou sem abertura identificada, popularmente conhecido como caverna, gruta, lapa, toca, abismo, fuma 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.

A SBE elaborou, a partir da proposta de Clayton F. Lino (1975), a definição de alguns termos utilizados nos estudos que envolvem as cavernas (Figura 11):

Figura 11 - Ilustrações de alguns termos utilizados nos estudos que envolvem as Cavernas



Fonte: Adaptado de CECAV (2015)

Caverna: São cavidades subterrâneas que possibilitam a entrada pelo homem, formadas por processos, independentemente do tipo de rocha encaixante ou de suas dimensões, incluindo seu conteúdo mineral e hídrico.

Grutas: São cavernas que possuem desenvolvimento predominantemente horizontal. Para fins de cadastro espeleológico devem possuir um mínimo de 20m de desenvolvimento em planta.

Abrigos sob rocha: São as cavidades rasas, abertas largamente em paredes rochosas, que serve como abrigo.

Abismos: Cavernas com predominância verticais, com desnível igual ou superior a 10m e diâmetro de entrada menor que seu desnível. Caso o desnível mínimo não seja atingido, denomina-se fosso.

Dolinas: depressões fechadas, circulares ou elípticas, em geral mais largas que profundas, formadas por dissolução em superfícies rochosas ou por abatimento gerados por dissolução de rochas em profundidade. Possui dimensão variada e, quando se encontra com outra dolina, denomina-se uvala.

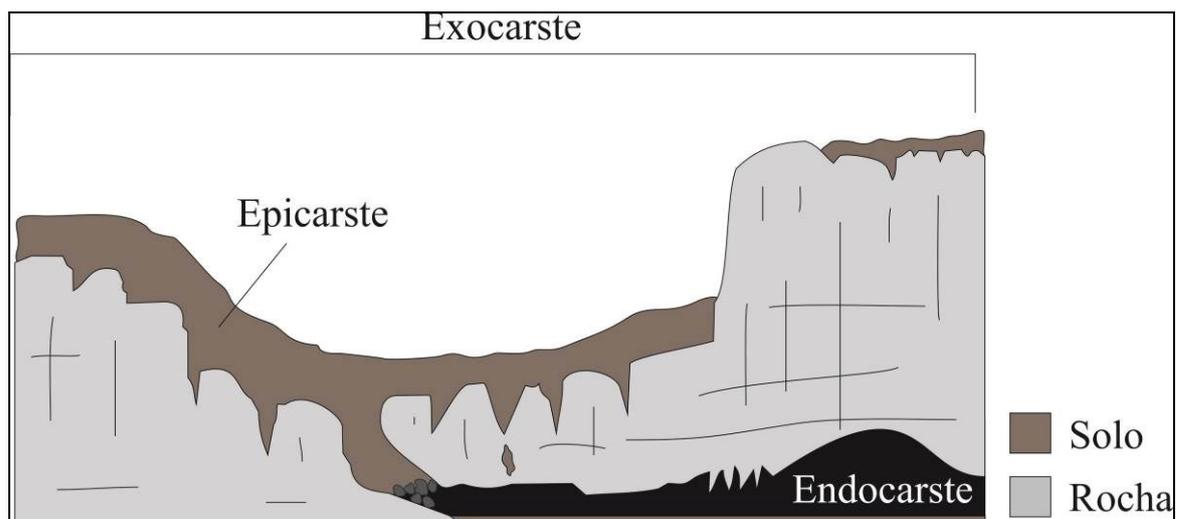
A paisagem cárstica (também conhecida como geomorfologia cárstica), possui a água e a rocha como elementos essenciais para a sua definição (FREIRE, 2017). A água se apresenta na paisagem cárstica enquanto elemento transformante, gerador da modelagem interna e externa do relevo, e a rocha papel passivo como elemento transformado.

Ford e Williams (1989), definem carste como um terreno na qual apresenta processos hidrogeológicos distintos, originando formas de relevo a partir da junção de alta solubilidade e de porosidade presente na rocha, gerando canal subterrâneo bem desenvolvido. Já Klimchouk (2011) tem por definição como um sistema de transferência de massa integrada nas rochas solúveis, estruturada de condutos dissolvidos e permeáveis na rocha destinados a facilitar a dinâmica contínua de matéria fluida.

Para estudar a paisagem cárstica, é preciso entender a construção, formato e a dinâmica (FREIRE, 2017). Para isso, o sistema cárstico possui divisões zoneadas na crosta terrestre para estudar os componentes das estruturas cársticas em suas diferentes morfologias e genéticas. Cada zona resulta da diferença da fonte de energia, assim como alterações térmicas, dinâmicas, hídricas, além de outros fatores químicos que ocorrem dentro da crosta proporcionando o aumento da profundidade (FREIRE, 2017).

Morfologicamente, Piló (2000) divide o sistema carste em três partes (zonas ou domínios): exocarste, endocarste e epicarste (Figura 12):

Figura 12 – Representação dos domínios do Sistema Cárstico



Fonte: Adaptado de Piló, 2000

O domínio do exocarste é o ambiente externo, ou carste superficial, marcado por formas superficiais desenvolvidas pela ação química de águas que precipitam na rocha, que vão desde pequena escala para características de grande escala (PILÓ, 2000).

O domínio endocarste é o ambiente subterrâneo, ou carste subterrâneo, representado pelos condutos, galerias e salões formados a partir da dissolução por águas subterrâneas. É a zona que desempenha papel fundamental no sistema cárstico, permitindo que a água, o ar, e outros materiais (sedimentos, detritos orgânicos, e nutrientes) possam ser transferidos a partir da superfície (exocarste) para o subsolo (epicarste) (PILÓ, 2000).

O domínio epicarste, compreende a zona logo abaixo da superfície, englobando o contato entre o solo, quando existente, e a rocha da estrutura cárstica. Esta parte apresenta os componentes mais profundos da paisagem cárstica subterrânea, incluindo desde as menores cavidades e condutos aos espeleotemas e sedimentos da caverna (PILÓ, 2000).

No que se refere ao endocarste (morfologia interna), é possível encontrar feições geomorfológicas do tipo galerias, salas ou salões e acidentes verticais. As galerias podem ser definidas como corredores ou condutos internos que se formarão a partir da formação química e erosão da água, fraturas e falhas na rocha. Já as salas e salões são formados a partir do alagamento, cruzamento de galerias ou desmoronamento parcial de alguns blocos do teto. Os acidentes verticais são conhecidos como desníveis abruptos encontrados dentro dos espaços internos vazios (FREIRE, 2017).

Os pontos de encontro entre a superfície externa (domínio epígeo) e o ambiente subterrâneo (domínio hipógeo) são as falhas, juntas e fraturas, que são os que permitem entrada e saída de água, ar, detritos, materiais orgânicos e até mesmo pequenos animais (LINO, 2009).

A evolução da paisagem cárstica se dá a partir do contato entre elementos naturais presentes na zona externa com os ambientes internos da caverna. A espeleogênese começa pela infiltração da água concentrada de misturas químicas de soluções nos poros e fissuras da rocha, ou em qualquer área de espaços vazios, dando início a formação de aberturas de maiores dimensões. A abertura constante destes espaços dá origem as galerias, salões e abismos que, unidos em um estágio mais avançado, apresentam sistemas coletores de águas descendentes, posteriormente, passando a compor uma complexa drenagem subterrânea (LINO, ALLIEVI, 1980).

Conforme o número de fraturas e a litologia presente na paisagem cárstica, ocorrerá um entalhamento na estrutura provocado pelas drenagens subterrâneas, alagando e criando novos salões e galerias ocorridas pela erosão das paredes, fragilizando o ambiente ocasionando deslocamentos e desmoronamentos de blocos rochosos (FREIRE, 2017).

Lino e Allievi (1980) e Freire (2017) explicam que a evolução do endocarste se dá ao longo do tempo geológico, sendo marcada pelo rebaixamento do nível freático da água

subterrânea, possibilitando o surgimento de formações ornamentais nos tetos e paredes dos espaços vazios. Esta seria a segunda etapa do surgimento de uma caverna, mais conhecida como fase de deposição. As formações ornamentais são conhecidas como espeleotemas.

Diferente do carste tradicional, que tem como principal fator de formação a ação química, o carste não tradicional tem como maior fator de formação o intemperismo físico ou erosão da rocha, visto que sua litologia mais resistente torna as ações intempéricas lenta.

A paisagem do carste não tradicional não possui necessariamente feições similares aos das paisagens carbonáticas. Sua esculturação externa e formação de cavernas se dá principalmente pela ação mecânica da água (erosão hídrica), uma vez que, dependendo das condições climáticas da região, a chuva constante pode intensificar a criação e modificação das paisagens e cavernas, como é o caso da região amazônica (FREIRE, 2017). Vale lembrar que, por mais que não sejam rochas carbonáticas, existe formação de cavernas com endocarste e exocarste.

O ambiente subterrâneo (meio hipógeo), tem como principal característica a ausência de luz nos locais distantes das entradas, desta forma, organismos que dependem de fotossíntese não se desenvolvem e praticamente toda a fonte de recurso, na maioria dos ambientes de cavernas, é proveniente do meio externo (epígeo), denominada entrada (HOWARTH, 1983; GOMES et al., 2000; GUIMARÃES, 2014). Essa entrada de energia é representada principalmente por material vegetal (ex.: raízes, folhas, galhos, detritos) e por material animal (ex.: guano, fezes de vertebrados não voadores, carcaças), compondo a base da cadeia trófica presente no meio hipógeo.

As características microclimáticas subterrâneas tendem à estabilidade ambiental em relação a umidade relativa do ar e a temperatura, especialmente, em regiões mais distantes de entradas (GUIMARÃES, 2014; FERREIRA, 2005), aproximando-se das médias anuais do ambiente externo circundante (HOWARTH, 1983; FERREIRA e MARTINS, 1999). Estas propriedades permitem a evolução e manutenção de fauna, especializada para tais características.

A vegetação presente no entorno das cavernas interfere diretamente na preservação dos elementos biológicos e na manutenção dos climas internos, bem como na vida da microfauna. Dessa forma, a preservação do entorno de uma caverna é de extrema importância para manter o equilíbrio do ambiente hipógeo. Entende-se, portanto, que diversos fatores influenciam na manutenção do equilíbrio ambiental subterrâneo, tais como: vegetação, clima, relevo, hidrologia, geologia entre outros.

As cavidades naturais subterrâneas são, constitucionalmente, consideradas “Bens da União” (BRASIL, 1988). O Decreto nº 99.556, de 01 de outubro de 1990, modificado pelo Decreto nº 6.640, de 07 de novembro de 2008, dispõe sobre a proteção e as possibilidades de uso e exploração do Patrimônio Espeleológico, as definindo como:

[...] 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, 1990).

Compreende-se, portanto, que o valor das cavernas se estende a todos os elementos responsáveis pela integridade física e ambiental, compondo a chamada Área de Influência da Caverna (AIC), inicialmente estabelecida em um raio de 250m da projeção em superfície de suas galerias. Há de ser estabelecida por estudos técnicos específicos, obedecendo as peculiaridades de cada caso, analisando os elementos (bióticos, abióticos, hipógeos e epígeos) necessários à manutenção do equilíbrio ecológico e da integridade física do ambiente da caverna (BRASIL, 1990; BRASIL, 2004).

Nessa perspectiva, as cavidades naturais subterrâneas existentes no território nacional, e suas respectivas AIC, devem ser protegidas de modo a permitir estudos e pesquisas de ordem técnico-científica, bem como atividades de cunho científico, espeleológico, étnico-cultural, turístico, recreativo e educativo.

Tem-se como uma das principais estratégias de Geoconservação de cavernas o zoneamento espeleológico, na qual trata-se da definição de setores ou zonas em uma cavidade natural subterrânea, com objetivos de manejo e normas específicos, com o propósito de proporcionar os meios e as condições para que todos os objetivos do manejo sejam atingidos.

A partir deste ditame legal, sendo amparado pelo art. 1º do Decreto nº 99.556/1990, o CECAV vem promovendo discussões sobre o assunto e divulgando documentos com diretrizes e orientações técnicas para elaboração de PME. Neste contexto, considerou-se como principal norteador deste estudo as “Diretrizes e orientações técnicas para a elaboração de Plano de Manejo Espeleológico” do Centro Nacional de Pesquisa e Conservação das Cavernas (CECAV, 2014).

Dentre diversos estudos que integram o zoneamento espeleológico, a análise da espeleogênese se inclui como peça chave na busca do planejamento e conservação das

cavernas, uma vez que analisada juntamente aos agentes que compõe os condicionantes ambientais, se tem um melhor e amplo conhecimento do objeto estudado.

3.PROCEDIMIENTOS METODOLÓGICOS

A pesquisa foi estruturada em diversas etapas que fundamentaram a revisão teórica e metodológica, a escolha de procedimentos metodológicos que pudessem resultar em dados e informações que sejam compatíveis a realidade investigada na área de estudo. Assim, serão apresentadas as etapas detalhadas que foram utilizadas para conclusão da pesquisa.

No que se refere aos procedimentos metodológicos, o seu uso destaca o emprego de alguns métodos que irão se relacionar com o objeto de estudo, as metodologias e materiais disponíveis, as condições de alcance do estudo e o método adaptado pelo pesquisador. De encontro a esta ideia, o trabalho se encaminhará a esta ótica no desenrolar do seu desenvolvimento.

3.1. Etapa de Gabinete

Na primeira etapa se realizou o levantamento bibliográfico para estruturação de informações teóricas, que originaram o capítulo teórico, utilizando artigos, dissertações, teses, livros, dicionários e material cartográfico de base que somaram nas abordagens apresentadas. Buscou-se trazer recentes pesquisas publicadas, porém, os criadores das grandes obras sobre as temáticas abordadas também estão presentes enquanto referências e referentes como clássicos indispensáveis.

Foram lidos trabalhos que abordam aspectos geográficos da paisagem local, envolvendo temas como carstologia, geologia, geomorfologia, espeleologia, hidrologia, pedologia, geodiversidade, entre outros que tragam embasamento teórico-metodológico a temática da pesquisa. Além de trabalhos acadêmicos, consultou-se também relatórios técnicos e estudos relacionados sobre a área.

A partir dessa premissa, os principais autores escolhidos para embasar a discussão acerca de geodiversidade, geoconservação, patrimônio geológico e patrimônio geomorfológico foram: Gray (2004), Guerra (2018), Stanley (2000), Panizza (2009), Borda (2011), Brilha (2015), Sharples (2002), Lopes (2005), Pereira (2006), Carvalho Filho (2001) entre outros. O trabalho foi fundamentado nestes autores para possibilitar entender conceitos fundamentais sobre a geodiversidade e suas ramificações para chegar na discussão acerca do patrimônio geomorfológico, em específico, o patrimônio geomorfológico cárstico.

Preferiu-se, neste trabalho, pesquisar alguns métodos utilizados na busca da geoconservação, para entender quais formas mais eficazes e os requisitos fundamentais para a compreensão da avaliação do patrimônio geomorfológico da Caverna Serra das Andorinhas.

Para a construção dos conceitos e reflexões acerca do carste, espeleologia e sobre os relevos cársticos, foram utilizados como principais autores: Freire (2017), Piló (2000), Panos (1995), Hardit (2011), Forti (2009), Karman (1994), Auler (2012), Andreychouk (1991), Lino (2009), Derruau (1965) além de dados oficiais do Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas – CECAV (2011, 2014 e 2019).

Os trabalhos lidos foram de grande importância para se pensar no patrimônio geomorfológico no contexto dos relevos cársticos e na decisão da melhor metodologia de mensurar seus reais valores patrimoniais.

3.2. Etapa de Geoprocessamento e Composição das Bases Cartográficas

Essa etapa será responsável pela elaboração das cartas que irão compor a redação final do trabalho. Para isso, na pesquisa, serão utilizados dados secundários adquiridos em fontes oficiais como Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS), Sistema de Proteção da Amazônia (SIPAM) e Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

As cartas pré-definidas para elaboração serão: cartas temáticas (geologia, geomorfologia, hidrografia, microclima, vegetação, pedologia e uso e ocupação), carta de declividade, carta de índice de vegetação por ajuste de solo (SAVI) e carta de drenagem produzidas utilizando os softwares Qgis, AutoCAD, CorelDRAW e AcrMap.

3.2.1. Cartas Base

As cartas base são denominadas como aquelas que são elaboradas a partir da utilização, em sua grande maioria, de dados secundários. Essas cartas servem como base de levantamento de condicionantes ambientais em grandes áreas (pequenas escalas) para que, na sequência, seja aprofundado de acordo com o objetivo proposto do trabalho.

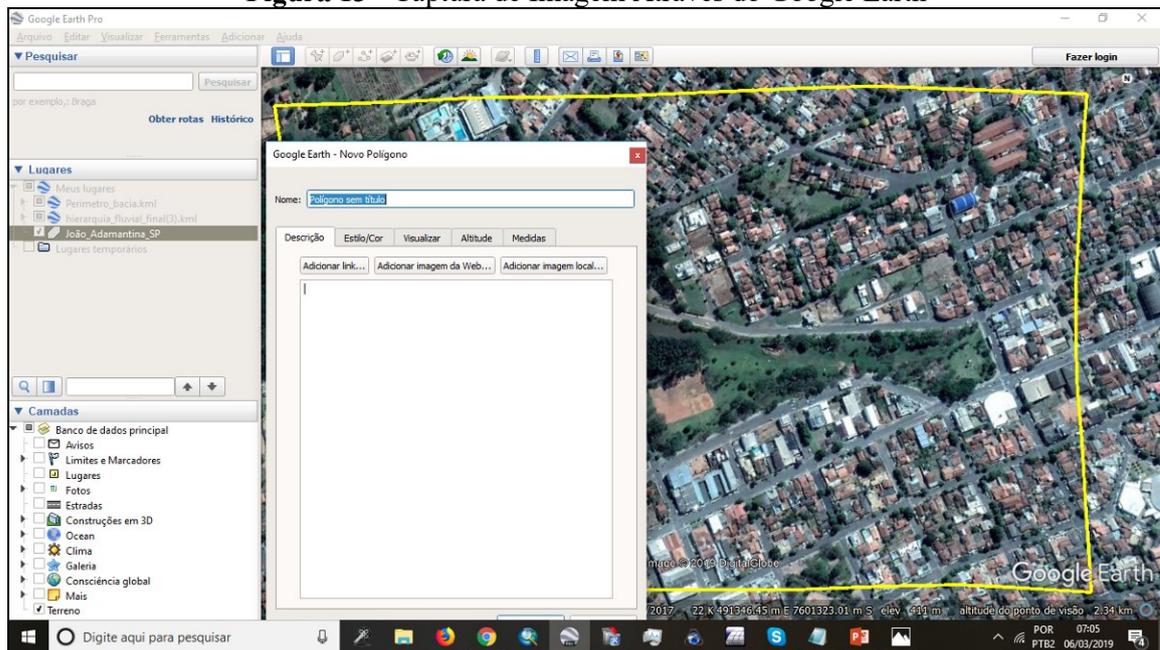
As cartas base aqui utilizadas são as de hidrografia, geologia, altimetria e solo que foram compiladas/elaboradas a partir da aquisição de dados secundários do IBGE, ANA e Embrapa. Os dados foram tratados no software Qgis e padronizados conformes exigências cartográficas.

3.2.2. Carta Geomorfológica

A carta geomorfológica do entorno da caverna seguiu procedimento metodológico conforme Pedro Miyazaki (2014; 2016; 2017) e Oliveira (2019), que especializaram os compartimentos geomorfológicos das áreas de estudos usando a fotointerpretação e método do anaglifo para atingir um dos objetivos. Assim, foi utilizado neste trabalho a aplicação do método do anaglifo para identificação dos compartimentos geomorfológicos existentes na área que abrange a caverna.

A elaboração do mapeamento envolveu várias etapas, cuja primeira envolveu a captura de duas imagens salvas de perspectivas diferentes da área onde encontra-se a caverna pelo aplicativo Google Earth Pro. Vale lembrar que o arquivo deve ser aberto em formato KMZ (Figura 13). Ainda no Google Earth, foi criado um polígono de delimitação do entorno da caverna e foi desabilitado todas funções existentes na barra de ferramenta (exceto à função “terreno”) para que se tenha uma visão limpa da área estudada.

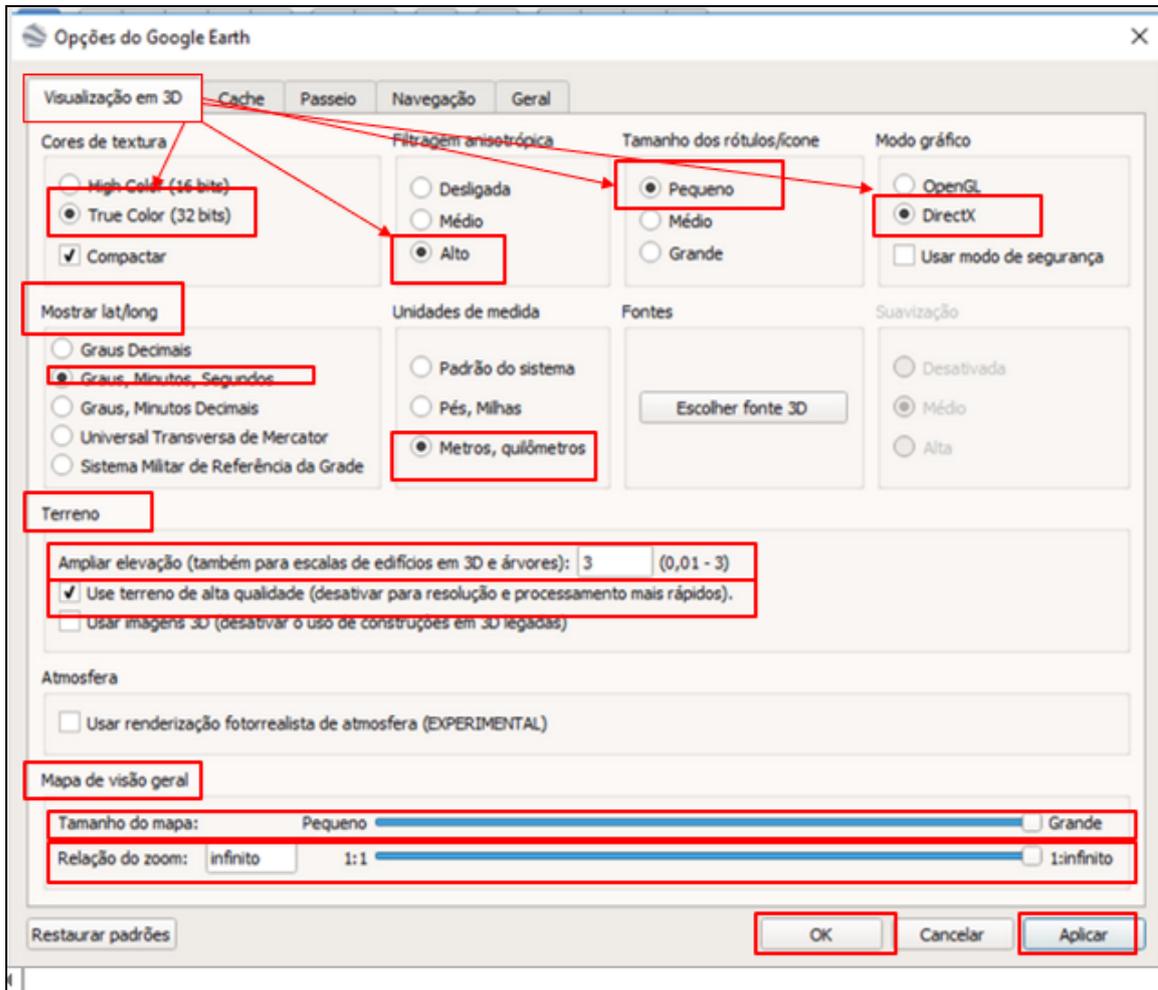
Figura 13 - Captura de Imagem Através do Google Earth



Fonte: Pedro Miyazaki, 2021

Para o tipo de mapeamento que precisa ser realizado neste trabalho, é importante que a qualidade da imagem seja maximizada e tratada para visualização 3D (Figura 14). Com a maximização da qualidade, o detalhamento da área facilitará na identificação dos compartimentos geomorfológicos, uma vez que essa configuração permite a visualização em 3D.

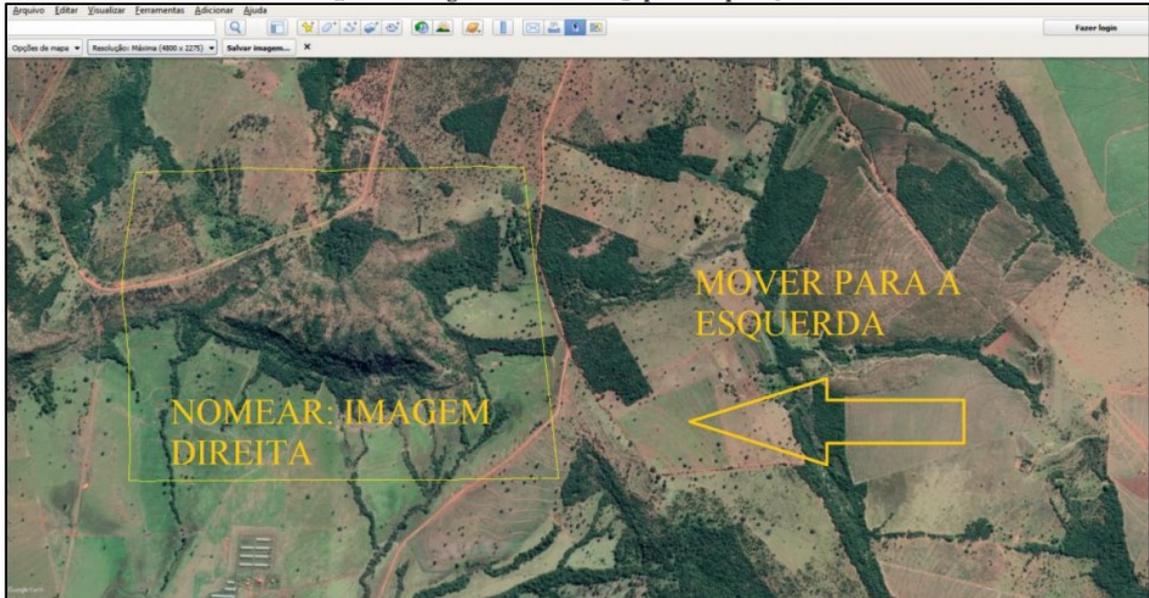
Figura 14 - Padrão de Maximização de Imagem Para Anaglifo



Fonte: Pedro Miyazaki, 2021

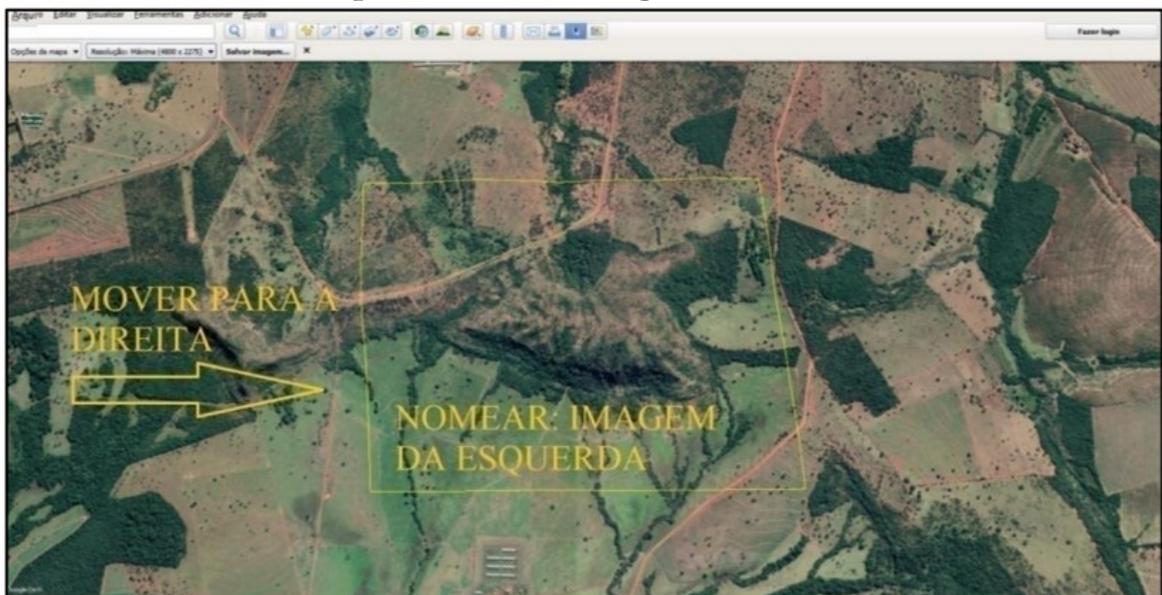
Após o ajuste de qualidade da imagem, é necessário que se salve duas imagens lateralmente da mesma área de visualização, porém por pontos de observação diferentes (Figuras 15 e 16).

Figura 15 - Movendo Imagem Para Esquerda



Fonte: Oliveira, 2019

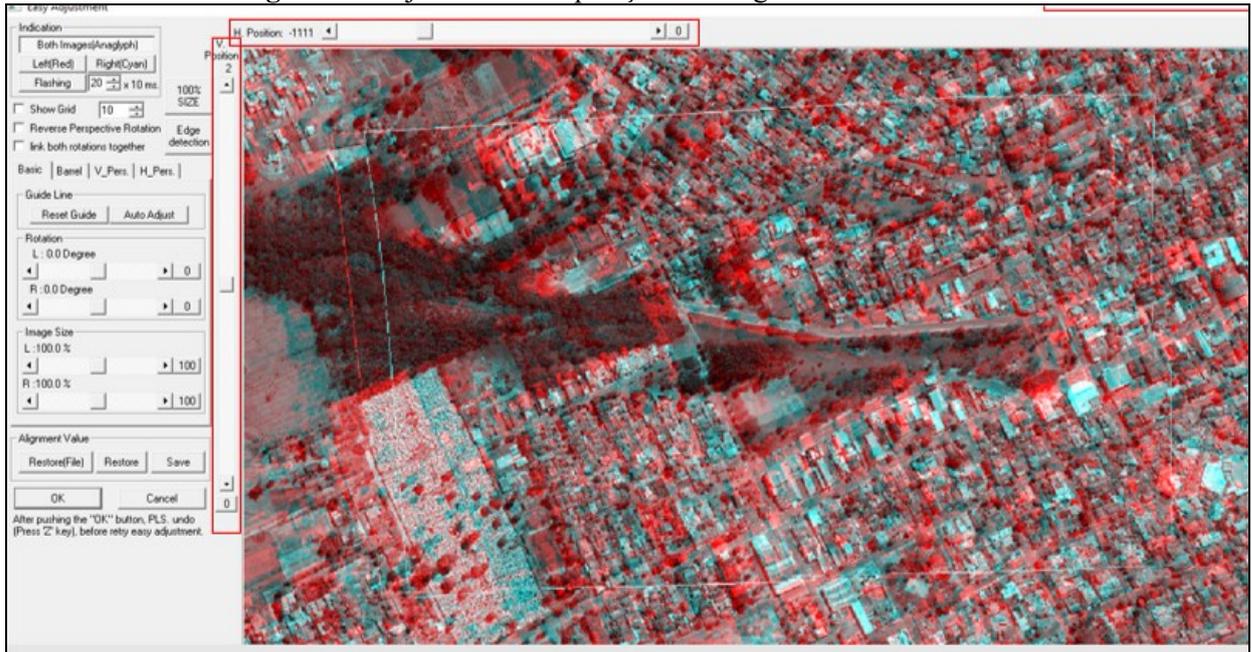
Figura 16 - Movendo Imagem Para Direita



Fonte: Oliveira, 2019

Oliveira (2019) cita que esta parte é importante, visto que a geração das imagens na orientação errada pode ocasionar grandes erros de distorções nos anaglífos, tornando impossível sua interpretação. Após salvar as imagens do Google Earth Pro, foram importadas para o aplicativo *StereoPhoto Maker*, onde o anaglifo foi gerado. Na sequência as imagens são colocadas uma ao lado da outra com ajuste de cores *red/cyan* (visualização vermelho e ciano), como mostra a Figura 17.

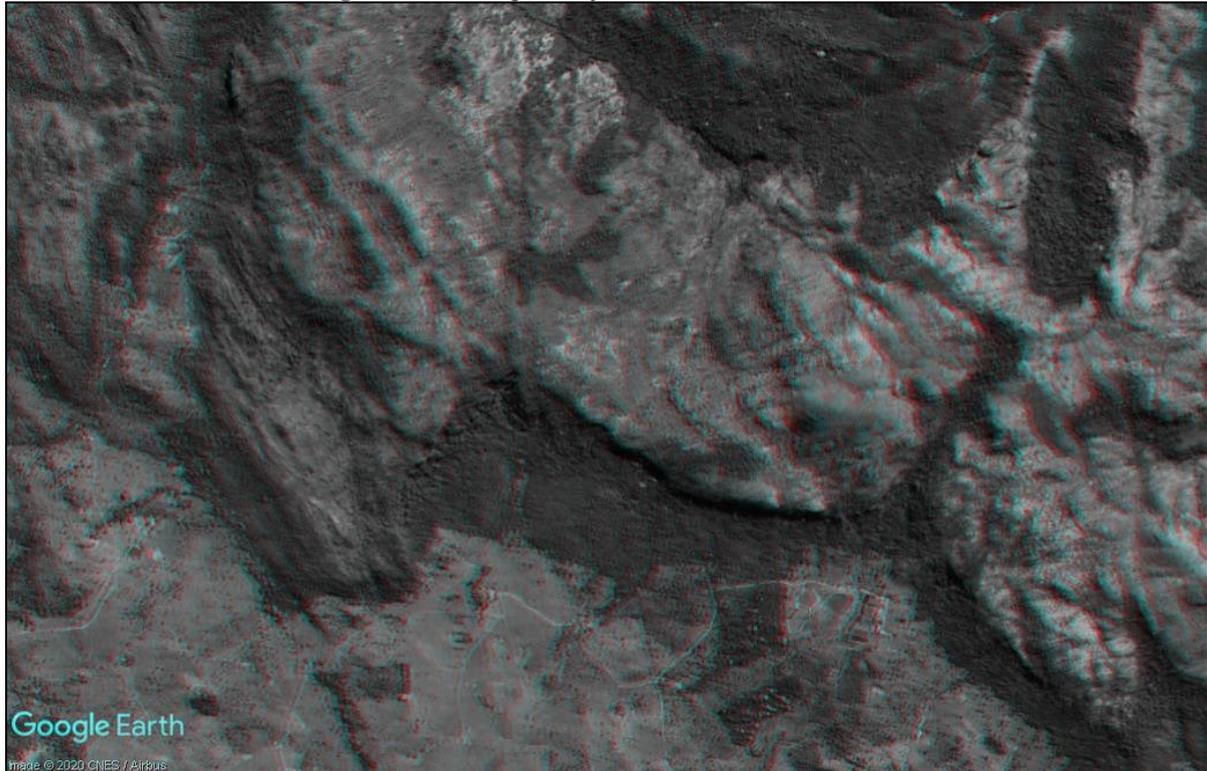
Figura 17 - Ajuste de Sobreposição de Imagens com Falsa Cor



Fonte: Pedro Miyazaki, 2021

A partir do ajuste das duas imagens, o anaglifo é formado. Essa etapa é realizada com a utilização dos óculos de visualização 3D, poderá ser percebido a tridimensionalidade da imagem tratada podendo, em seguida, analisar os compartimentos do relevo de modo eficaz (OLIVEIRA, 2019). A descrição se encontra representada na Figura 18.

Figura 18 - Anaglifo Ajustado da Área de Estudo



Fonte: Elaborado pelo autor, 2020

Após a geração do anaglifo, a imagem foi importada para o Qgis, em seguida foi realizado a identificação e delimitação dos compartimentos geomorfológicos. Utilizando os óculos de visualização 3D, os compartimentos foram delimitados por meio de criação de polígonos que tiveram cores variadas de acordo com cada compartimento. Também foram criadas linhas de identificação de canais de escoamento, drenagens, divisor de água, cabeceira de drenagem em anfiteatro e escarpas além de simbologias identificando o tipo de vertente e fundo de vale.

3.2.3. Carta da Caverna Serra das Andorinhas

Para elaboração da carta da caverna Serra das Andorinhas, foi adquirido através do órgão responsável pela gestão (IDEFLOR-BIO) do croqui da caverna. O croqui foi elaborado através de topografia espeleológica de precisão na qual contém a representação da morfologia real da caverna em escala reduzida. O mesmo também se encontra presente no Plano de Manejo das UCs que foi elaborado no ano 2000.

Após a aquisição do croqui, a imagem foi importada no software AutoCAD e ajustada digitalmente na mesma escala da imagem impressa. Na sequência do ajuste da escala,

foi criada linhas sobrepondo os contornos das paredes, contornos estimados, drenagens, desníveis entre outros. Alguns polígonos foram criados para representar blocos abatidos e colunas além de criação de hachuramento para representar a litologia e o preenchimento dos blocos, como mostra na Figura 19.

Figura 19 - Simbologias Utilizadas Para Representação da Caverna Serra das Andorinhas

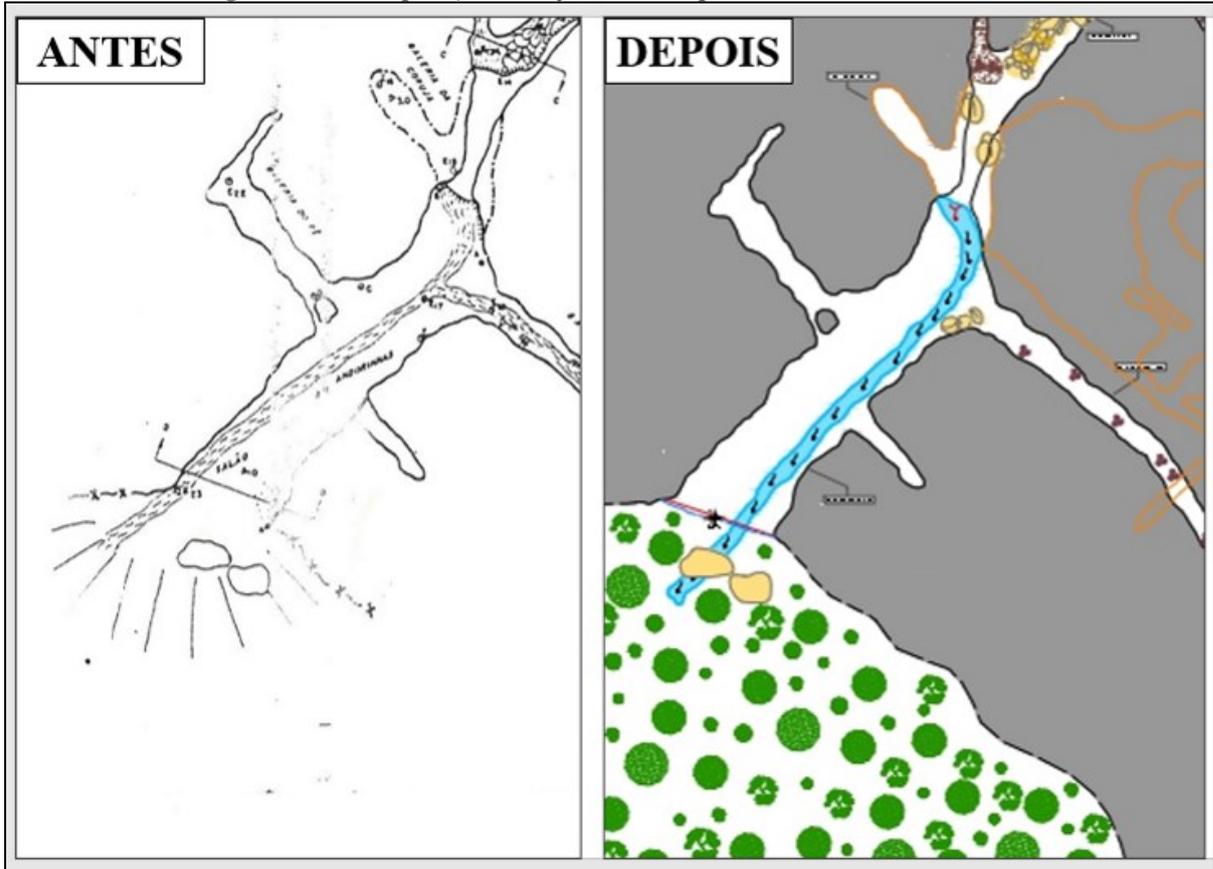


Fonte: Autor, 2020

A criação do mapa da caverna segue padronizações utilizadas pelo Núcleo de Espeleologia de Marabá (NEM) da Fundação Casa de Cultura de Marabá (FCCM). Com a finalização da sobreposição da imagem adquirida, o próximo passo seria a realização do trabalho de campo para constatação dos dados e verificação das possíveis modificações existentes e registrá-las no mapa digital. Devido a pandemia do Covid 19, não foi possível realizar trabalho de campo no ano de 2020, porém o mesmo campo que seria feito em 2020, foi realizado no ano de 2018, e será utilizado para complementação deste trabalho. A descrição do trabalho de campo será abordada no próximo tópico.

Em gabinete foram levantadas todas as alterações existentes na caverna e foram incorporadas no mapa. Essa etapa é de extrema importância para analisar possíveis alterações que ocorreram na área, desde sua primeira visita, e a partir daí, pensar em medida de amparo e conservação para prevenção de mudanças degradativas. A Figura 20 mostra a diferença da representação visual de uma pequena parte do mapa e algumas mudanças que foram constatadas.

Figura 20 - Comparação do Ajuste do Mapa da Serra das Andorinhas



Fonte: Autor, 2020.

3.3. Trabalho de Campo

Para a realização do trabalho de campo, o planejamento dos campos é o primeiro passo a realizar, ou seja, revisar quais os principais objetivos deverão ser realizados e organizá-los conforme cada etapa e visitas de campo. É fundamental, no primeiro campo, fazer o reconhecimento da área estudada, já coletando alguns dados e informações possíveis, para que nos próximos campos sejam feitas as validações necessárias para finalização da pesquisa. Assim sendo, os campos realizados neste trabalho foram concretizados nos anos de 2017 e 2018 e descritos a seguir.

O primeiro campo ocorreu em novembro do ano de 2017, teve o projeto CaveGis (Unifesspa) e Grupo de Espeleologia de Marabá (GEM) como grupos de apoio. Este primeiro contato serviu como trabalho de reconhecimento da área, cujo objetivo principal foi a observação e registro dos condicionantes ambientais atuantes na Caverna Serra das Andorinhas e as possíveis ações antrópicas ocorridas no local. A prospecção foi em área de relevo acentuado, com extensas escarpas, onde pode-se acessar o platô acima de 550m de altitude.

Devido ao difícil acesso e a extrema dificuldade de chegada ao platô, foram coletados apenas 3 pontos de controle com o GPS, sendo o primeiro na planície às margens do relevo, o segundo na entrada da caverna Serra das Andorinhas e o último ponto no platô do relevo. Do ponto 1 ao ponto 3 houve um percurso de cerca de 4 km de caminhada, com uma elevação de mais de 260m (do primeiro ao último ponto), além de registro fotográfico das paisagens durante o percurso (Figura 21).

Figura 21 – Entrada superior da Caverna Serra das Andorinhas, Setor 4



Fonte: Mascarenhas, 2017

No ano de 2018 foram realizados dois campos na Caverna Serra da Andorinhas, onde pôde ser efetivado registro da trilha que dá acesso a mesma (Figura 22), sendo registrada fotograficamente por diversos momentos do caminhamento. A trilha possui pontos de difícil caminhamento, no qual foi pontuada e registrada em inventário, identificando qual o tipo de dificuldade para que, futuramente, fossem apontadas possíveis soluções.

Devido a diferenciação de escala, dados secundários como extrato vegetacional, altimetria do relevo, drenagem e canais fluviais tiveram que ser confirmados em campo para veracidade dos dados que irão compor os mapas do trabalho. Os campos foram realizados em

meses diferentes (13 de maio e 08 de setembro) para que fosse possível perceber e registrar mudanças sazonais na área de estudo.

Figura 22 – Trilha de acesso a Caverna Serra das Andorinhas.



Fonte: Alencar, 2018

Dentro da caverna, foi visitado todos os salões observando, detalhadamente, mudanças que possam ter ocorrido desde de seu primeiro registro cartográfico no ano de 2017. Todas as alterações foram registradas em um mapa que continha apenas as paredes internas da caverna para que, na sequência, seja comparada ao mapa original cedido pelo IDEFLOR-BIO.

O campo realizado em 2019, teve como objetivo principal a constatação da precisão topográfica interna da caverna realizada no ano de 1996. Foram também realizados registros fotográficos da parte interna e externa da caverna, bem como registro de espeleotemas, falhamentos internos e de topografia dos salões principais para atualização do mapa digital.

3.4. Ficha de Inventariação do Patrimônio Geomorfológico

A avaliação do Patrimônio Geomorfológico baseou-se no inventariado, utilizando as fichas elaboradas por Pereira (2006) e IBGE (2009) seguindo adaptações para a área de estudo. De acordo com Pereira (2006), o valor de uma área de interesse geomorfológico pode possuir tipos diversos, podendo ser avaliados de diferentes ângulos e adaptados nas diferentes realidades. De modo geral, os Patrimônios Geomorfológicos tradicionalmente possuem interesses paisagísticos, cênicos e estéticos, podendo haver outros valores agregados.

A identificação dos potenciais de interesse geomorfológico da área estudada seguiu os seguintes critérios:

- Importância *científica* a partir de possíveis atributos geomorfológicos/geológicos e trabalhos científicos já realizados na área;
- *Estética*, dando enfoque nas precariedades existentes na área em comparação aos demais locais que os rodeia;
- Elementos geomorfológicos associado aos *culturais*, como presença de práticas agrícolas ou assentamentos que influenciem na dinâmica da caverna e seu entorno;
- Elementos *ecológicos*, como habitat de morcegos na caverna e sua dinâmica sazonal diária na busca de alimentos ou, até mesmo, a variação vegetacional no entorno da caverna e etc.

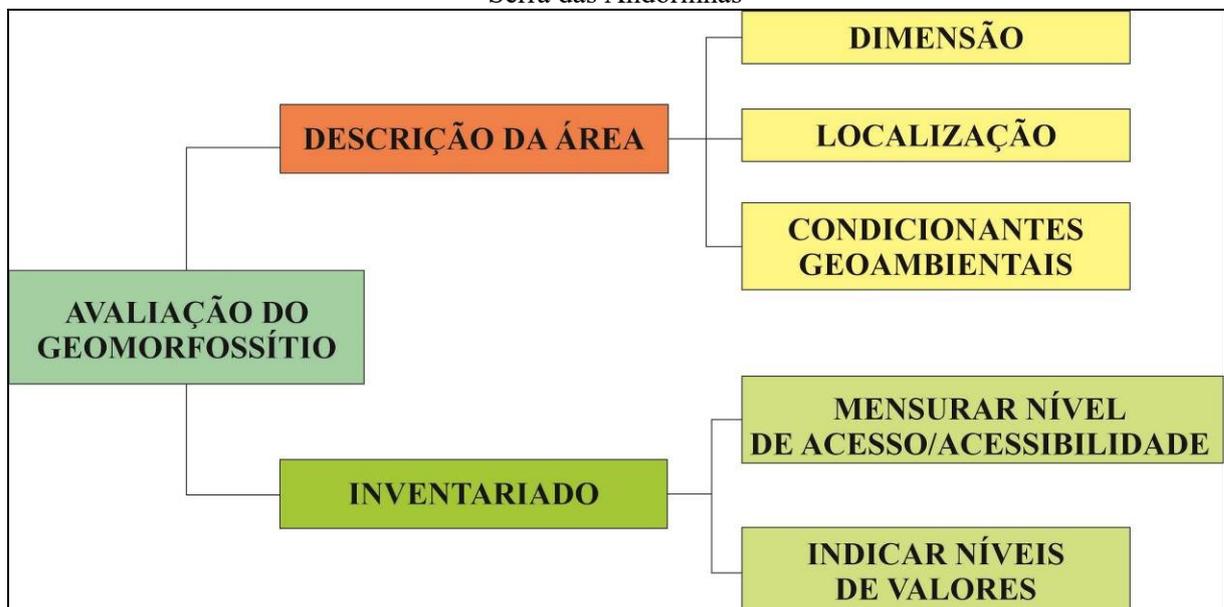
Estes tópicos serão levados em consideração, listados, cartografados e discutidos no decorrer do trabalho. Tendo em mente que o Patrimônio Geomorfológico não se resume em valores paisagísticos e matemáticos, devendo atentar-se também aos elementos culturais e científicos. Deste modo, a ficha possibilita que a área de interesse geomorfológico obtenha uma maior valorização a partir do inventariado.

Seguindo a metodologia proposta por Pereira (2006), que foi aplicada para avaliar o Patrimônio Geomorfológico Português, o fichamento de interesse geomorfológico na qual foi adaptada para a área de estudo conforme o objetivo da pesquisa, visto que o trabalho aqui apresentado estuda apenas um dos diversos pontos de possíveis áreas de interesse geomorfológico, não necessitando de atribuição numérica a ser comparada com outro geomorfossítio, sendo está uma etapa que futuramente poderá ser incorporada em pesquisas posteriores.

O primeiro passo foi a descrição da área estudada (dimensão, localização, geologia, hidrografia, vertentes, elevação etc.). O próximo passo seguiu a aplicação da ficha de inventariado, devendo indicar níveis subjetivos dos valores encontrados no local, a partir da percepção do pesquisador.

Já que a pesquisa trata de avaliar uma área de possível interesse geomorfológico, deve-se considerar a dificuldade de acesso e acessibilidade, que serão classificadas em níveis que vão de muito difícil a muito fácil. Esta etapa de mensuração do grau de acesso/acessibilidade a caverna é de extrema importância para que se possa realizar, futuramente, proposições de roteiros de trilhas e indicações que poderão ajudar na proteção da área. A Figura 23 mostra o fluxograma das etapas da ficha de avaliação.

Figura 23 – Fluxograma da Ficha de avaliação de potencial de interesse geomorfológico da Caverna Serra das Andorinhas



Fonte: Autor, 2021

Para se obter dados dos níveis dos valores da área estudada, utilizou-se a ficha qualitativa de interesse geomorfológico, proposta por Pereira (2006). Teve como adaptação a simplificação de alguns dados cobrados (como tipo de área e categoria temática), visto que já se tem tais informações. A Figura 24 mostra a ficha qualitativa de avaliação de potencial de interesse geomorfológico criado por Pereira (2006), a ficha foi utilizada neste pesquisa, porém aplicado apenas na área da caverna e seu entorno.

Figura 24 – Ficha qualitativa de avaliação de potencial de interesse geomorfológico

| FICHA DE AVALIAÇÃO DE POTENCIAIS LOCAIS | | | |
|--|----------------------|--|---|
| DE INTERESSE GEOMORFOLÓGICO | | | |
| Autor: _____ | | Data: ____/____/____ | |
| Nome: _____ | | | |
| Tipo de Local: _____ | | X: _____ | Y: _____ Z: _____ |
| Categoria tematica: _____ | | | |
| A - AVALIAÇÃO | | | |
| A. Valor: | | | |
| <i>Científico:</i> | baixo | <input type="text"/> | médio <input type="text"/> elevado <input type="text"/> m. elev. <input type="text"/> |
| <i>Ecológico:</i> | baixo | <input type="text"/> | médio <input type="text"/> elevado <input type="text"/> m. elev. <input type="text"/> |
| <i>Cultural:</i> | baixo | <input type="text"/> | médio <input type="text"/> elevado <input type="text"/> m. elev. <input type="text"/> |
| <i>Estético:</i> | baixo | <input type="text"/> | médio <input type="text"/> elevado <input type="text"/> m. elev. <input type="text"/> |
| B - POTENCIAL DE USO | | | |
| <i>Acessibilidade:</i> | | | |
| muito difícil | <input type="text"/> | difícil <input type="text"/> | médio <input type="text"/> fácil <input type="text"/> |
| <i>Viabilidade:</i> | | | |
| muito difícil | <input type="text"/> | difícil <input type="text"/> | médio <input type="text"/> fácil <input type="text"/> |
| <i>Outros valores (naturais e/ou culturais) e uso atual:</i> | | | |
| sem valor e sem uso | <input type="text"/> | com valor e sem uso <input type="text"/> | com valor e com uso <input type="text"/> |
| C - NECESSIDADE DE PROTEÇÃO | | | |
| <i>Deteriorização:</i> | | | |
| fraca | <input type="text"/> | média <input type="text"/> | avançada <input type="text"/> |
| <i>Proteção:</i> | | | |
| adequada | <input type="text"/> | média <input type="text"/> | insuficiente <input type="text"/> |
| <i>Síntese:</i> _____ | | | |
| _____ | | | |
| _____ | | | |
| _____ | | | |
| _____ | | | |

Fonte: Adaptado de Pereira, 2006.

Caso fosse avaliar mais de um geomorfossítio, seria preciso, após a avaliação qualitativa, realizar uma avaliação numérica quantificando alguns valores importantes para

atribuir níveis dos valores das áreas e, em sequência, fazer um comparativo dos valores numéricos obtidos em cada uma das áreas.

Já que a pesquisa não demandava avaliação numérica, após a avaliação qualitativa por meio de inventariação, os dados obtidos forem descritos, justificando cada atribuição aferida pelo pesquisador. O resultado obtido foi organizado e exposto nesta pesquisa, dando enfoque aos principais valores apresentados e quais os principais apontamentos deverão ser tomados para proteção do geomorfossítio.

***4. CARACTERIZAÇÃO FÍSICA
DO MUNICÍPIO DE SÃO GERALDO
DO ARAGUAIA E SERRA DAS
ANDORINHAS COM ÊNFASE NA
GEODIVERSIDADE***

Antes de ser apresentado e discutido os resultados obtidos com o fichamento elaborado neste trabalho, construiu-se se uma caracterização geral de modo escalar do Município de São Geraldo do Araguaia, Serra dos Martírios/Andorinhas onde encontra-se a Área de Proteção Ambiental do Araguaia (APA) e no seu interior o Parque Estadual Serra dos Martírios/Andorinhas (PESAM).

Aqui foi feito uma caracterização geral do Município de São Geraldo do Araguaia, no Estado do Pará. Esta caracterização tem como função a apresentação do contexto municipal para melhor entendimento da dinâmica presente nas UCs e principalmente na caverna Serra das Andorinhas.

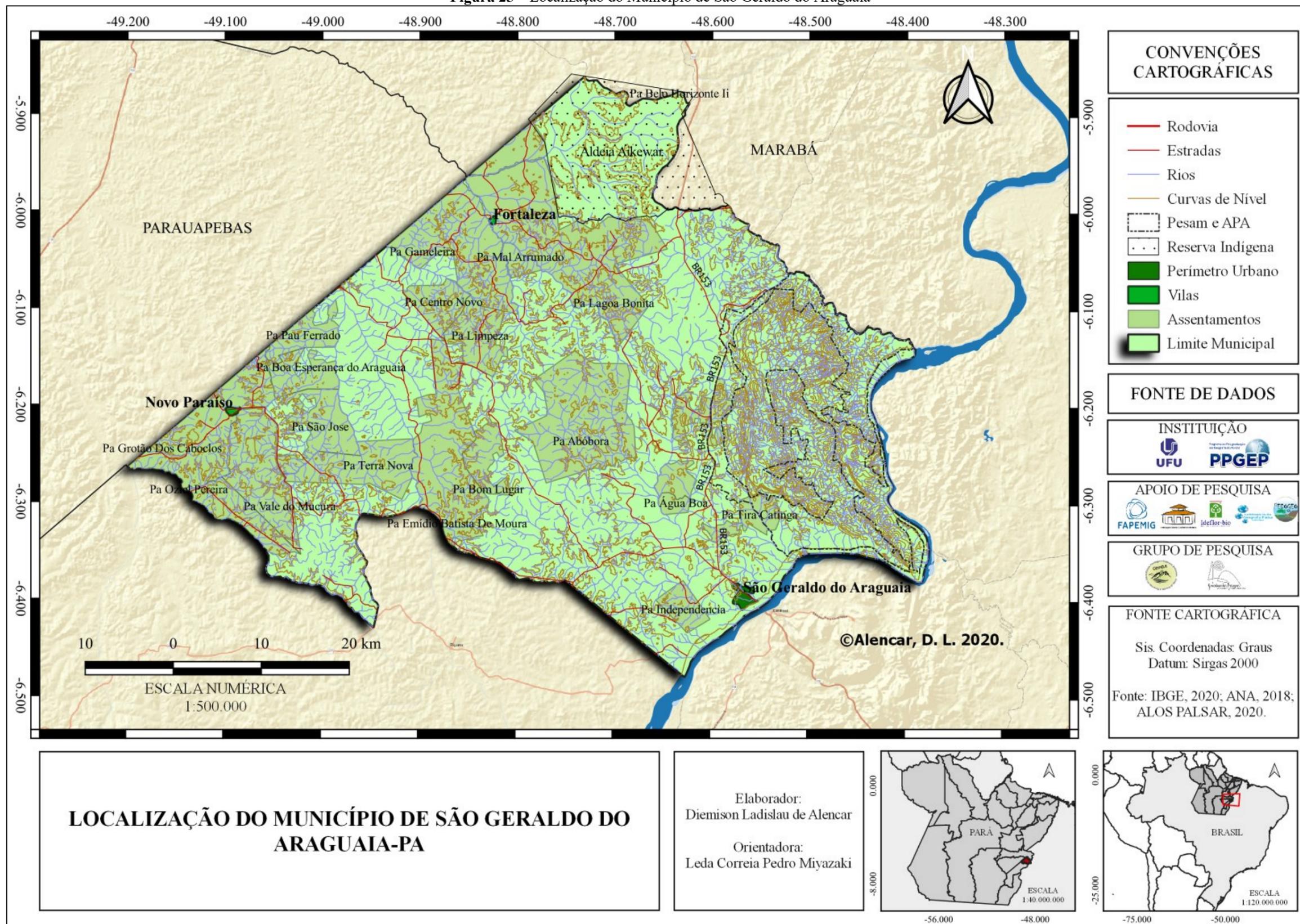
Por ter uma diversidade abiótica significativa e de interesse científico, é importante realizar uma caracterização física do município de São Geraldo do Araguaia para que na sequência possamos dar ênfase nas unidades de conservação Parque Estadual Serra dos Martírios/Andorinhas e APA Araguaia. Esta caracterização escalar se faz importante uma vez que as dinâmicas ambientais trocam energias do micro ao macro, influenciando e sendo influenciado para a realização das transformações das paisagens.

4.1. Aspectos Ambientais do Município de São Geraldo do Araguaia

O São Geraldo do Araguaia “foi fundado em 1952 por garimpeiros e exploradores de castanha-do-pará e bauxita localizados da margem direita do rio Araguaia, onde fica a cidade Xambioá. Inicialmente, o vilarejo se formou na desembocadura do rio que leva o nome da cidade de Xambioá no diminutivo”, e foi assim denominada a nova cidade de Xambioazinho, que em seguida, foi denominado de São Geraldo do Araguaia, nome escolhido para homenagear o filho do dono das terras que se chamava Geraldo. (PORTAL PREFEITURA DE SÃO GERALDO DO ARAGUAIA, 2021)

Criado sob a lei nº 5.441, no dia 10 de maio de 1988, o município de São Geraldo do Araguaia abriga uma das principais cidades situadas no Sul do Estado do Pará, sendo esta a cidade de São Geraldo do Araguaia (IBGE, 2017), cujas coordenadas geográficas X: 6°23'56" Sul e Y: 48°33'8" Oeste (Figura 25), o município se encontra sob altitude de 125 metros a nível do mar.

Figura 25 – Localização do Município de São Geraldo do Araguaia



Fonte: Alencar, 2020

Em relação a sua extensão territorial o município possui 3.168,4 km² e população de 24.847 habitantes denominados são-geraldenses. A densidade demográfica é de 7,8 habitantes por km² no território municipal. Conforme últimos dados do município registrado no IBGE (2017), São Gerado do Araguaia possui duas vilas, denominadas Vila Fortaleza e Novo Paraíso, além delas possui dezoito assentamentos identificados como Grotão do Caboclo, Oziel Pereira, Vale do Mucura, São José, Terra Nova, Boa Esperança do Araguaia, Pau Ferrado, Bom lugar, Limpeza, Abóbora, Emílio Batista de Moura, Gameleira, Mal Arrumado, Centro Novo, Lagoa Bonita, Tira Catinga, Água Boa e Independência e uma reversa indígena dos povos Aikewara, como pode ser observado no mapa a seguir.

A principal via de acesso do município é a BR153, que é a principal rodovia de conexão do Pará com o Tocantins. A BR153 é também a via que possibilita o acesso a estradas secundárias que levam até os assentamentos e demais localidades dentro da área.

Também conhecida como Rodovia Transbrasiliana e/ou Rodovia Belém-Brasília, a BR153 é uma das maiores rodovias do Brasil, fazendo linha de Marabá-PA até o município de Aceguá-RS, com extensão de 3.585 km (IBGE). Antes de passar por São Gerado do Araguaia, a rodovia passar por Estados como Tocantins, Goiás, Minas Gerais, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul.

Para conseguir adentrar no município de São Geraldo do Araguaia, vindo de Tocantins, deve-se realizar uma travessia de balsa que, atualmente, é o único meio de transporte interestadual disponível.

Assim como toda região sudeste do Pará, a economia de São Geraldo do Araguaia gera em torno do agronegócio (principalmente na criação de gado), tendo grande parte de seu território ocupado por latifúndios e pequenas propriedades rurais. Atividades de turismo e lazer auxiliam na economia local de modo sazonal, sendo um local de visita no veraneio (Figura 26).

Figura 26 – Prática de rapel na cachoeira Garganta do Diabo



Fonte: Cunha, 2018

A cultura local é voltada às tradições amazônicas, tendo como ritmos regionais o brega, o carimbó, o siriá, e demais ritmos latinos que se originaram na porção amazônica do Brasil. Por ser um município localizado as margens de um grande rio, o consumo de peixes de água doce é frequente, tendo o tucunaré assado uma das grandes culinárias locais (Figura 27).

Figura 27 – Tucunaré assado



Foto: Autor, 2021

Outro aspecto importante do município é a presença de tribos indígenas e a demarcações de terras indígenas. Devido a existência de áreas indígenas no território

municipal, conflitos por demarcações de terras indígenas se fazem presentes nos dias de hoje, possuindo zonas de tensões e busca de negociação de paz por parte do poder público.

No tocante as áreas de preservação presentes em São Geraldo do Araguaia, possui duas unidades de conservação (PESAM e a APA) que ficam localizadas ao leste do município, sendo facilmente notado ao percorrer pela BR153. Seus relevos elevados são contemplados durante travessia do rio Araguaia, rio este que divide os Estados do Pará com o Tocantins.

Para compreender os aspectos físicos do município a seguir contemplou-se algumas características referentes a geologia regional e local.

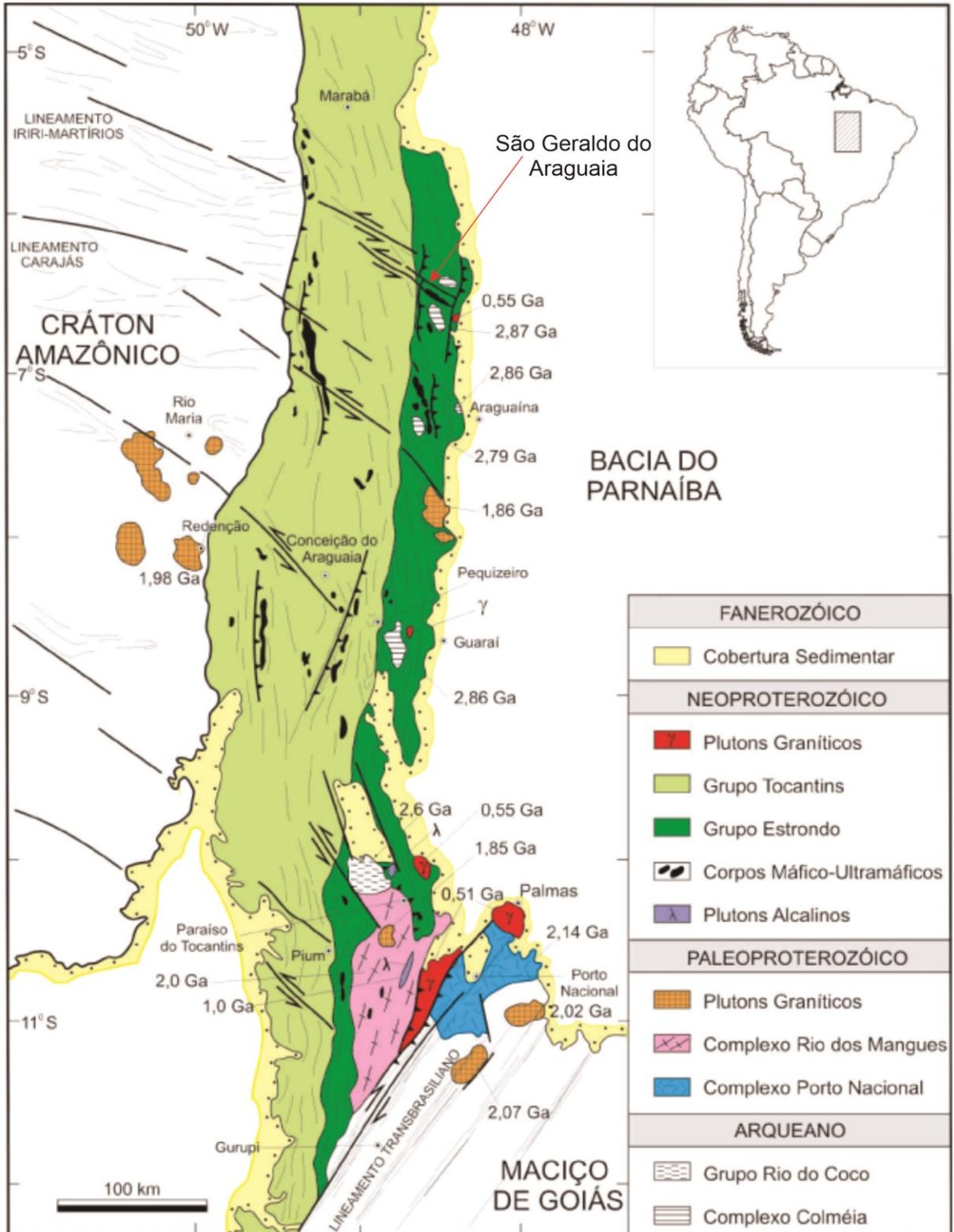
4.1.1. Geologia

Em relação aos aspectos geológicos o município de São Gerado do Araguaia⁶ faz parte do Cinturão Araguaia (HASUI et. al. 1984; ABREU, 1990 *apud* GORAYEB, MOURA, ABREU, 2008). Considerada como uma unidade geotectônica que se formou no final do Neoproterozóico, pertencendo ao fração norte do Cinturão Paraguai-Araguaia, cuja espacialização envolve cerca de 1.200 Km de comprimento e 100 Km de largura com orientação estrutural predominantemente submeridiana, possuindo como limite a oeste o Cratón Amazônico parcialmente coberto por sedimentos quaternários; e nas porções norte, nordeste e leste o cinturão é coberto pelas sequencias Fanerozóicas da Bacia do Parnaíba; já nas porções sul e sudeste, apresenta contato com terreno paleoproterozóico do Maciço Goiás (Figura 28).

O município de São Geraldo do Araguaia encontra-se sob o Supergrupo Baixo Araguaia, que está inserido na unidade geotectônica conhecida como Cinturão Araguaia (GORAYEB et al, 2008). Logo abaixo o Supergrupo Baixo Araguaia encontra-se o Complexo Xingu, sendo um complexo cristalino formado por rochas muito antigas (SILVA et. al. 1974, *apud* HASUI, ABREU, SILVA, 1977) “exposta a oeste e são recobertas por unidades sedimentares fanerozóicas a leste e norte”

⁶ As informações contidas nesta subseção foram extraídas do mapeamento geológico (escala 1:100.000) da área limitada pelos paralelos 6° 07' – 6° 30' S (Coordenadas UTM 9322-9282N) e pelos meridianos 48° 19' – 48° 41' W Gr (Coordenadas UTM 796-756 E), situada nos municípios de São Geraldo do Araguaia (PA e Xambioá (TO) (GORAYEB, MOURA, ABREU, 2008).

Figura 28. Espacialização geológica do Cinturão Araguaia com indicação das idades das principais unidades litoestratigráficas, incluindo o embasamento e a localização do Município de São Geraldo do Araguaia – PA. A figura sintetiza a distribuição regional das unidades do Cinturão Araguaia, os principais traços estruturais e os dados geocronológicos mais relevantes disponíveis dessa unidade geotectônica



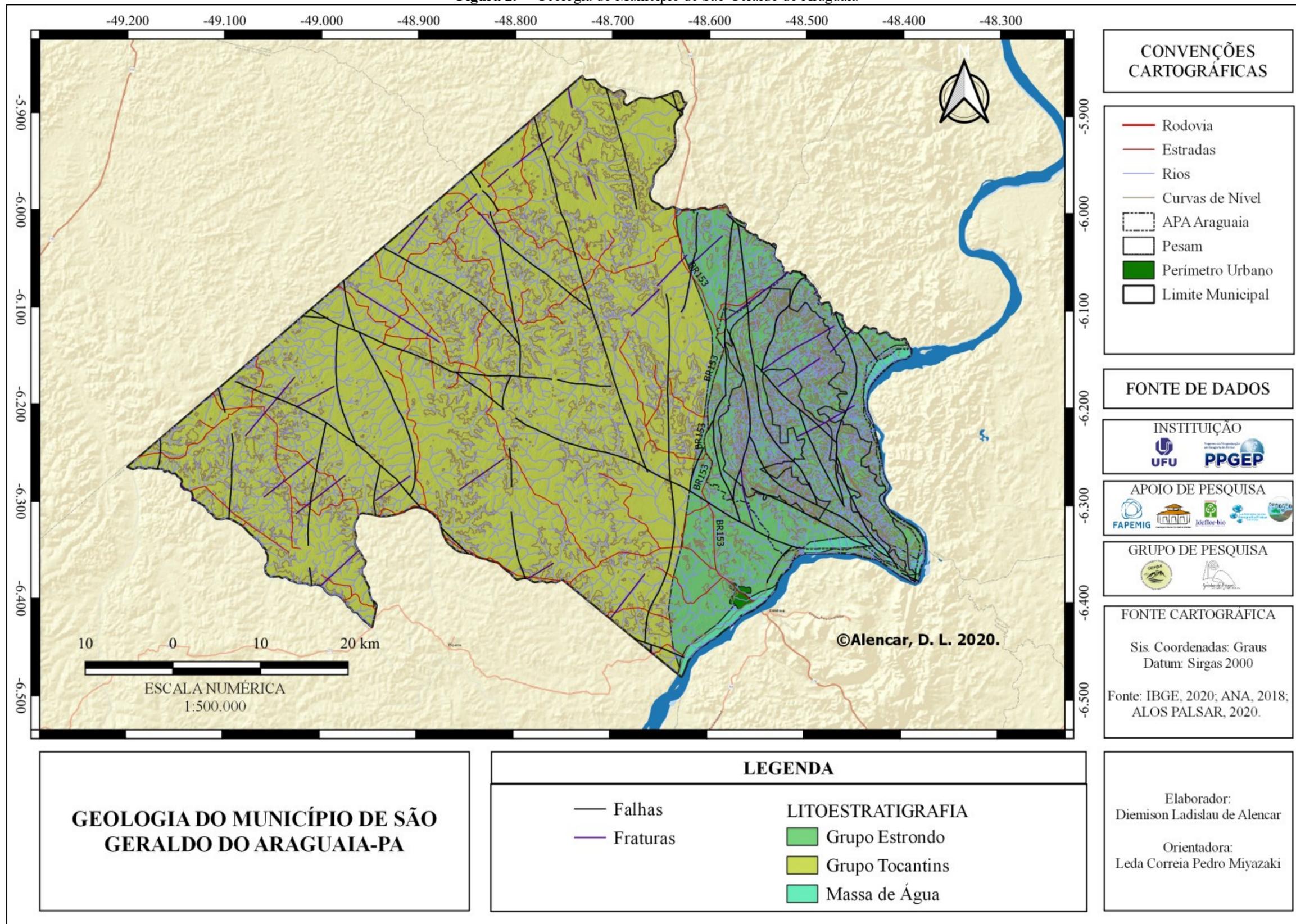
Fonte: Gorayeb, Moura e Abreu, 2008

Segundo Hasui, Abreu e Silva (1977, p. 109) as “Formações Estrondo, Pequizeiro e Couto Magalhães aparecem em faixas alongadas submeridianamente, constituindo o Grupo Baixo Araguaia. Corpos ofiolíticos⁷ e graníticos se associam a esse grupo e em sua parte central depositou-se a Formação Rio das Barreiras”.

Segundo Abreu (1978 *apud* GORAYEB, MOURA, ABREU, 2008, p. 57), apresentou uma proposta de classificação “eu reuniu as diversas sequencias do CA no Supergrupo Baixo Araguaia. Desde então, essa mega-unidade com sua subdivisão nos grupos Estrondo e Tocantins (Figura 29), tem sido adotada na literatura”. O Supergrupo Baixo Araguaia é pertencente a idade Neoproterozóica e se divide em duas unidades litoestratigráficas, denominadas por Grupo Tocantins e Grupo Estrondo.

⁷ São fragmentos de antigas litosferas oceânicas formados em margens de placa construtivas ou divergentes transformantes. Por meio de extensos falhamentos de empurrão, esses corpos ou parte deles são colocados na crosta continental, dentro de pacotes de rochas dos cinturões orogênicos, em estado sólido, mas podendo estar, ainda, relativamente quentes. Os possíveis ambientes produtores de litosfera oceânica incluem cadeias meso-oceânicas, bacias relacionadas a arcos-de-ilhas juvenis e bacias de retroarco. Ofiolitos de idade fanerozoica são abundantes em cinturões orogênicos ao redor do mundo, enquanto que os remanescentes oceânicos do Pré-Cambriano são pouco comuns e encontram-se distribuídos, principalmente, na Finlândia, Canadá, Marrocos, Arábia Saudita, Egito, Rússia, Brasil e China. Diversos registros de remanescentes oceânicos pré-cambrianos de diferentes idades foram reconhecidos no Brasil. A maioria desses corpos situa-se nas faixas orogênicas brasileiras e registra o consumo dos oceanos neoproterozóicos (QUEIROGA et. al., 2012, p.47).

Figura 29 – Geologia do Município de São Geraldo do Araguaia



Fonte: Alencar, 2020.

O *Grupo Estrondo* é composto pelas *Formações Morro do Campo e Xambioá* e o *Grupo Tocantis* pelas *Formações Piquizeiro e Couto Magalhães*.

A *Formação Morro do Campo* (Grupo Estrondo) contempla a litologia da área onde encontra-se a Serra das Andorinhas, no qual o Parque Estadual da Serra dos Martírios/Andorinhas está inserido, com destaque para as rochas quartzíticas

Segundo Hasui, Abreu e Silva (1977, p. 111), os quartzitos “são de tipos variados: quartzosos, moscovíticos, conglomeráticos (oligomíctos), magnetíticos e cianíticos, porfitoblásticos e foliados. Formam corpos lenticulares, com espessuras até hectométricas e extensões quilométricas, sendo responsáveis pelo destaque morfológico das estruturas branqui-anticlinais. Estratificação cruzada e gradual pode ser ocasionalmente vista”.

Pode ser vista grande exposição desta unidade no Parque Serra das Andorinhas/Martírios (PESAM), com destaques de relevo que podem chegar a 600m de altitude altas formações e escarpas íngremes, a unidade também pode ser percebida no rio Araguaia e suas margens, com expressivas camadas de quartzitos, como demonstrado na Figura 30 (GORAYEB et al, 2008).

Figura 30 - Detalhe das Lentes de Anfibolito Budinados e Transpostos Associado com Quartzito e Xisto



Fonte: Gorayeb et al, 2008

A *Formação Xambioá*, é descrita por Abreu et al (1980), como constituída por micaxistos de composição variada (Figura 31), xistos feldspáticos, mármore, cálcio xistos e anfibolitos. Suas feições morfológicas são variadas, contendo colinas, grandes lajedos ou relevo pouco expressivos. As rochas em maior abundância encontradas nesta formação são os micaxistos, que podem ser percebidos em diversos setores de São Geraldo do Araguaia, principalmente nos arredores nas ilhas do rio Araguaia e nos arredores de Xambioá-TO.

Figura 31 - Corpos lentiformes de anfibolitos, às vezes budinados, encaixados concordantemente em micaxistos da Formação Xambioá. Notar falha de gravidade truncando os corpos



Fonte: Gorayeb, 2008

O *Grupo Tocantins* tem como unidade a Formação Pequizeiro e Couto Magalhães (ABREU, 1978).

A *Formação Pequizeiro* foi descrita por Gorayeb em 1981, apresentando como composição basicamente “clorita-muscovita-quartzo xistos com intercalações subordinadas de calcó xistos, quartzitos e magnetita-muscovita filitos (GORAYEB, 2008).

A *Formação Couto Magalhães* é formada por um conjunto de rochas de baixo grau metamórfico representados por filitos grafitosos (Figura 32), meta-arcósios, metasiltitos e lentes de quartzitos (GORAYEB, 2008). Os “filitos grafitosos definem uma extensa lente orientada na direção norte-sul, situada a noroeste da cidade de São Geraldo do Araguaia” (GORAYEB, MOURA, ABREU, 2008, p. 67).

Figura 32 – Exemplo de filitos grafitosos



Foto: MF Rural, 2021

É possível encontrar na porção oeste é possível encontrar um conjunto de “rochas de baixo grau de metamorfismo representados por filitos pelíticos e filitos grafitosos, meta-arcósios, metasíltitos e lentes de quartizitos, que afloram de forma rara e esparsa em extensas áreas intemperizadas, arrasadas e laterizadas” (GORAYEB, MOURA, ABREU, 2008, p. 67).

4.1.2. Geomorfologia

A geomorfologia do município de São Geraldo do Araguaia, segundo o IBGE (2008), é caracterizada por quatro unidades distintas: dissecação convexa, dissecação estrutural, dissecação aguçada e pediplano retocado desnudado (Figura 33).

A dissecação convexa está presente na área conhecida como depressão do médio e baixo Araguaia, localizada do oeste ao sul do município. São áreas caracterizadas por vertentes pouco declivosas, de vales pouco profundos que resultam em drenagens de densidade mediana e fraca (IBGE, 2008). Estas áreas são as mais propícias a habitação, plantio e criação de animais no município, devido a suave declividade do relevo.

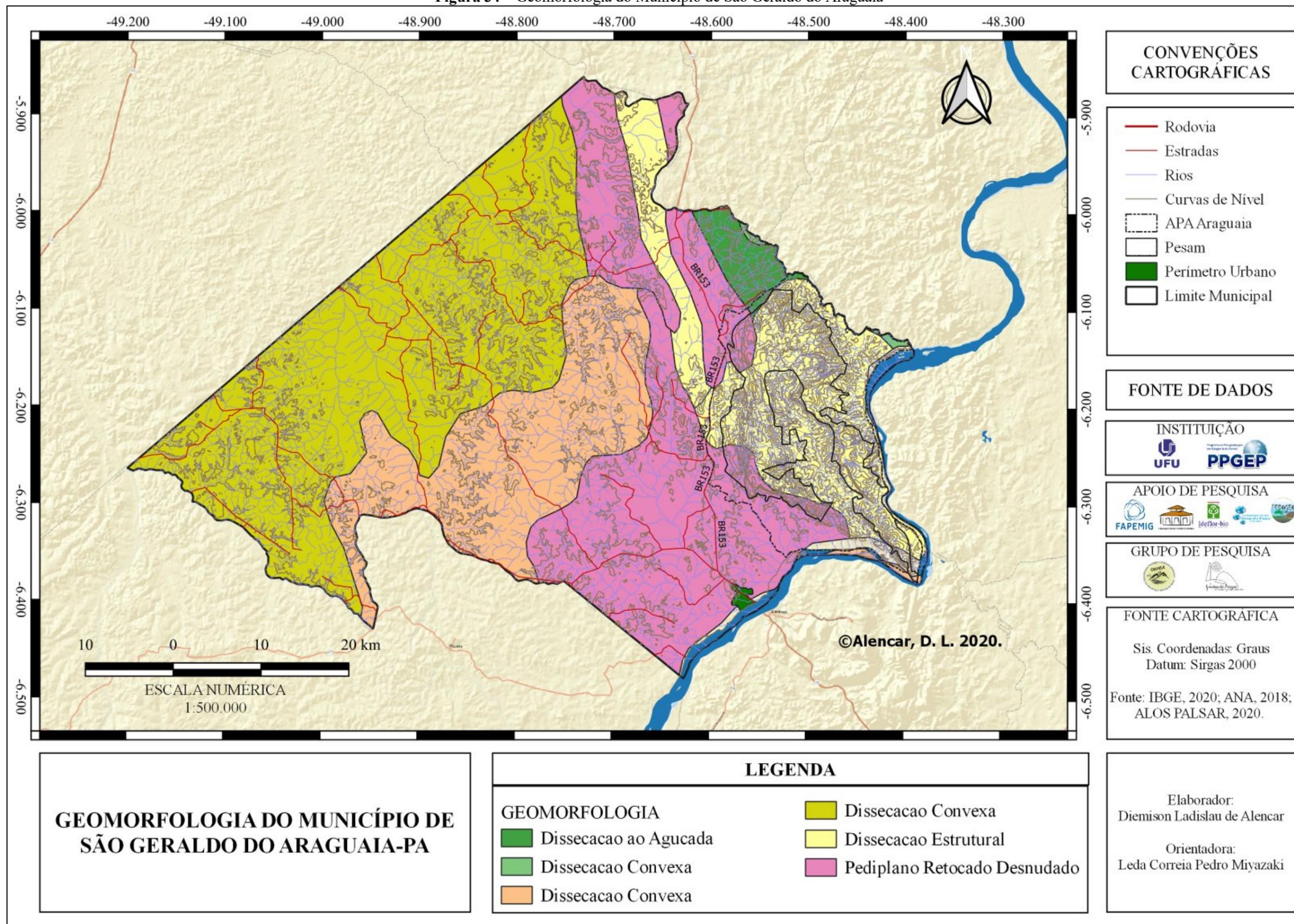
Figura 33. Formas de Relevo Vinculadas a Dissecação Convexa



Fonte: Google Earth, 2021

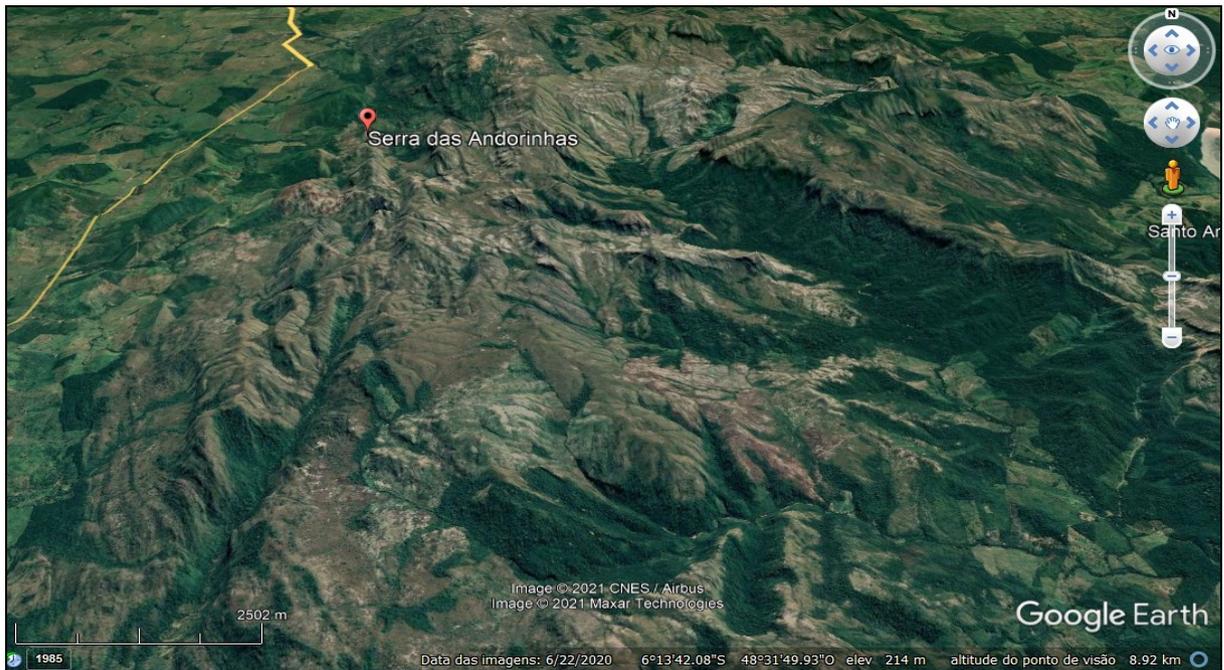
Na área onde se localiza o PESAM, está presente a *dissecação estrutural* (Figura 35), descrita como forma fortemente controlada pela estrutura, que se identificam em áreas de rochas metassedimentares com intensas dobras e falhas (IBGE, 2008). As formas desses relevos são irregulares que se enquadram em planos desnudados. Os sulcos e ravinas da área são entalhados em rochas pouco alteradas.

Figura 34 – Geomorfologia do Município de São Geraldo do Araguaia



Fonte: Alencar, 2020.

Figura 35 - Representação de Relevo com Dissecação Estrutural bem Marcada – Serra das Andorinhas/Martírios

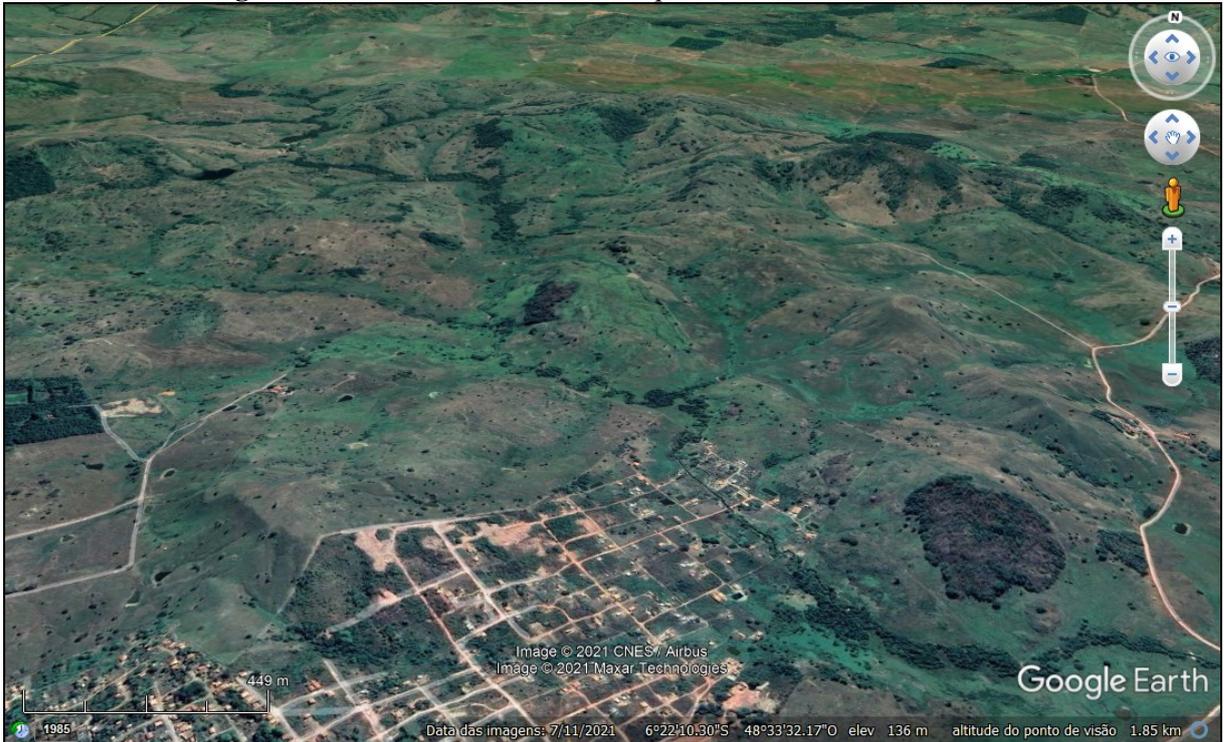


Fonte: Google Earth, 2021

As dissecações aguçadas estão presentes em uma pequena parte ao nordeste do município. É descrito como um relevo de topos estreitos e alongados que se esculpem em rochas metassedimentares e cristalinas. Possui topos aguçados de vertente com declividade acentuada pelos sulcos e ravinas (IBGE, 2008).

Essa unidade geomorfológica se encontra, principalmente, no Pesam, sendo as áreas mais elevadas do município, podendo chegar a 600 metros de altura a nível do mar. As dissecações aguçadas no parque formam extensos paredões escarpados, topos aplainados e tabulares proporcionando valor paisagístico à unidade de conservação.

Já os pediplanos retocados desnudados, que se encontram na parte central do município, são definidos como superfícies aplainadas que se elaboraram durante fases sucessivas de erosão, sem perder seu formato. Formam relevos planos e, às vezes, levemente côncavos. Possuem pouca alteração devido seu processo de aplainamento que desnudaram o relevo (IBGE, 2008).

Figura 36. Formas de Relevo de Pediplanos Retocados Desnudados

Fonte: Google Earth, 2021

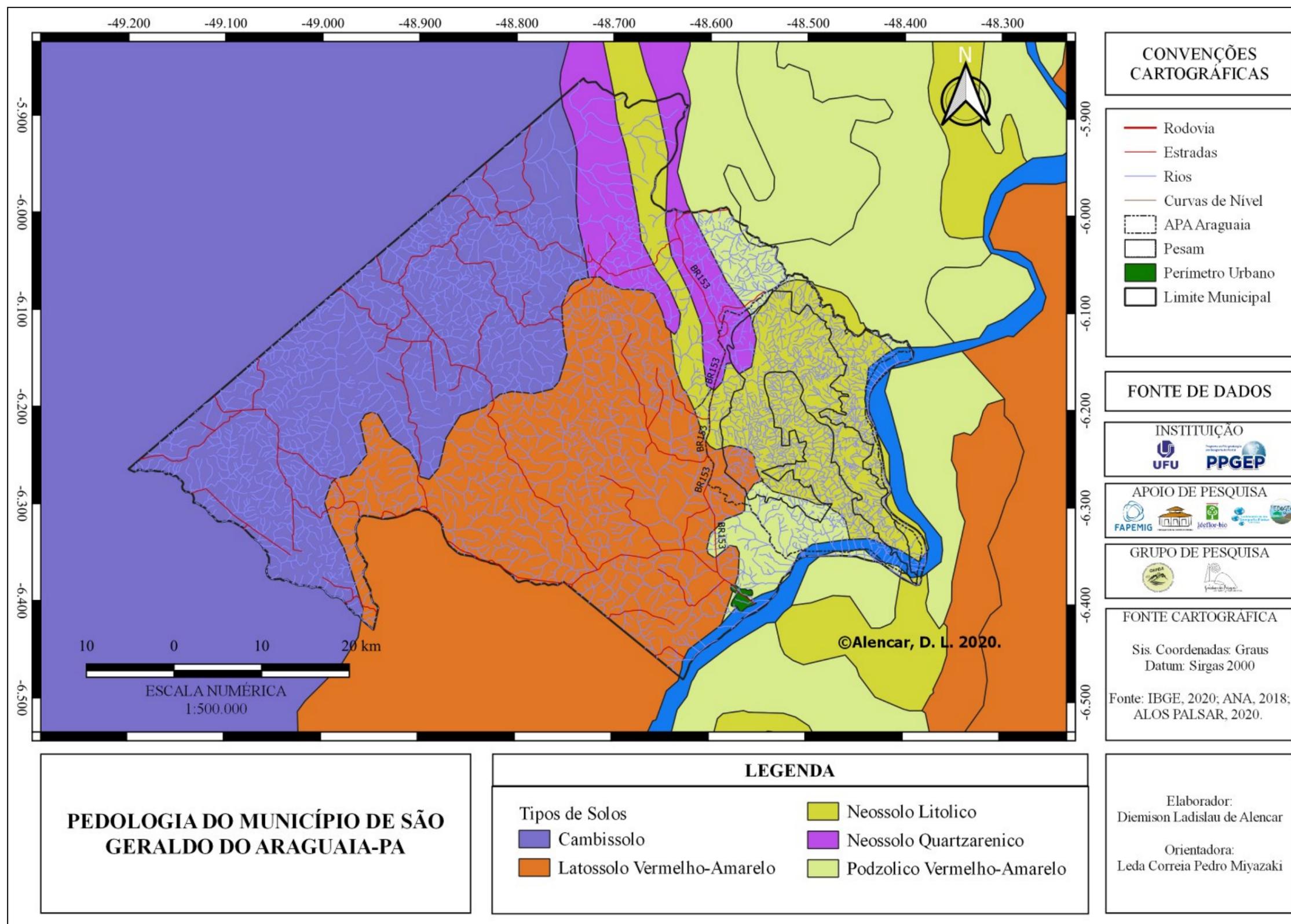
Segundo o IBGE (2009), os relevos pediplanos retocados desnudados são superfícies de aplanamento elaborada durante fases sucessivas de retomada de erosão, sem, no entanto, perder suas características de aplanamento, cujos processos geram sistemas de planos inclinados, às vezes, levemente côncavos.

Pode apresentar cobertura detrítica e/ou encouraçamentos com mais de um metro de espessura, indicando remanejamentos sucessivos ou rochas pouco alteradas, truncadas pelos processos de aplanamento que desnudaram o relevo. Geralmente ocorre nas depressões pediplanadas interplanálticas e periféricas tabuliformes e no sopé de escarpas que dominam os níveis de erosão inferiores e, eventualmente, nos topos de planaltos e chapadas ao longo dos vales (IBGE, 2009).

4.1.3. SOLOS

Os solos presentes do município de São Geraldo do Araguaia, conforme o IBGE (2018), são constituídos por cinco tipos, sendo eles o Cambissolos, Latossolo Vermelho-Amarelo, Neossolo Litólico, Neossolo Quartzarênico e Luvisolos Vermelho-Amarelo (Figura 37).

Figura 37 – Pedologia do Município de São Geraldo do Araguaia



Os Cambissolos são encontrados na parte oeste e norte do município. São caracterizados por possuir o horizonte B que vai de franco arenosa a argilosa com espessura que não chega a 50 cm a partir da superfície. apresentando horizonte A com espessura insuficiente para se definir na classe dos Organossolos (EMBRAPA, 2018).

Os Latossolos Vermelho-Amarelo estão presentes desde a parte central ao sul do município, conhecidas por possuir solos profundos e de cor avermelhada devido alta concentração de ferro oxidado. São solos avançados e evoluídos como resultado de enérgicas transformações no material construtivo. São ácidos, encontradas em regiões equatoriais e tropicais, podendo ocorrer também em áreas subtropicais se estendendo em relevos planos e suave ondulados, podem haver em áreas acidentadas (EMBRAPA, 2018).

Os Neossolos são solos com pouca presença de material orgânico em sua estrutura. Não apresentam expressivas alterações no seu material originário por conta da sua baixa intensidade no processo genético do solo. Eles se encontram, em sua grande maioria, dentro do PESAM por ser a área com relevo mais acentuado e de maior intensidade no processo erosivo. Seu horizonte orgânico não chega a 20cm possuindo, assim, nenhum tipo de horizonte B satisfatório e com grande presença de afloramentos rochosos (EMBRAPA, 2018).

Diferente dos Neossolos quartzarenicos, também possuem um horizonte orgânico pouco expressivo e de espessura inferior a 20 cm. Porém, são solos que apresentam textura de areia ou areia franca em todos os horizontes ou, minimamente, na profundidade de 150 cm a partir da superfície do solo. Tem presença quartzosa, com frações de areia grossa e areia fina, sendo cerca de 95% de quartzo (EMBRAPA, 2018).

Os Podzolicos atuais são chamados de Argissolos pela nova classificação de solos da Embrapa de 2018. São descritos como solos que apresentam horizonte B com argila de alta e com saturação alta na predominância dos 100 cm a partir da superfície (EMBRAPA, 2018). A Figura 36 apresenta a distribuição de cada uma das classes de solo.

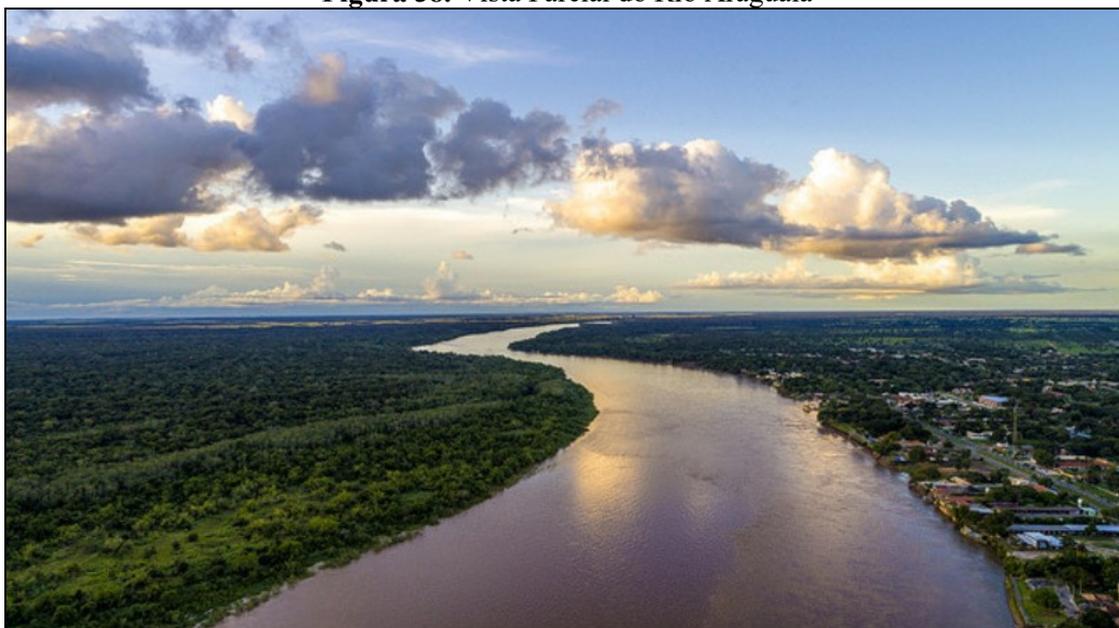
No Pesam e APA, predominam os neossolos litólicos e os argissolos vermelho-amarelo. Os neossolos litólicos se encontram nas áreas acentuadas do Parque, que são as áreas de drenagens mais intensas, sendo difícil o acúmulo de sedimentos. Os argissolos estão presentes, principalmente, na APA, onde se localizam as partes mais rebaixadas e que recebem acúmulo de sedimentos do Parque.

4.1.4. Hidrografia

A rede hidrográfica do município de São Geraldo do Araguaia é marcada pela presença de diversos rios (Figura 38), sendo os mais conhecidos aqueles que se encontram nas proximidades do Rio Araguaia, com destaque para os ribeirões Chambioá, Perdido, Gaúcho; os córregos São Raimundo, Bazarreto, Rico, Grotta Vermelha, São Domingos e os rios Sucupira, Vermelho, Sororó, Itaipavas e Gameleira (PARÁ, 1996). A Figura 39 apresenta algumas das principais redes hidrográficas presentes no município.

Tem como destaque o rio Araguaia que margeia o município, o dividindo do Estado do Tocantins. Este rio é muito importante para economia local, pois serve como fonte de renda a dezenas de pescadores além de ser um meio de transporte muito utilizado até hoje.

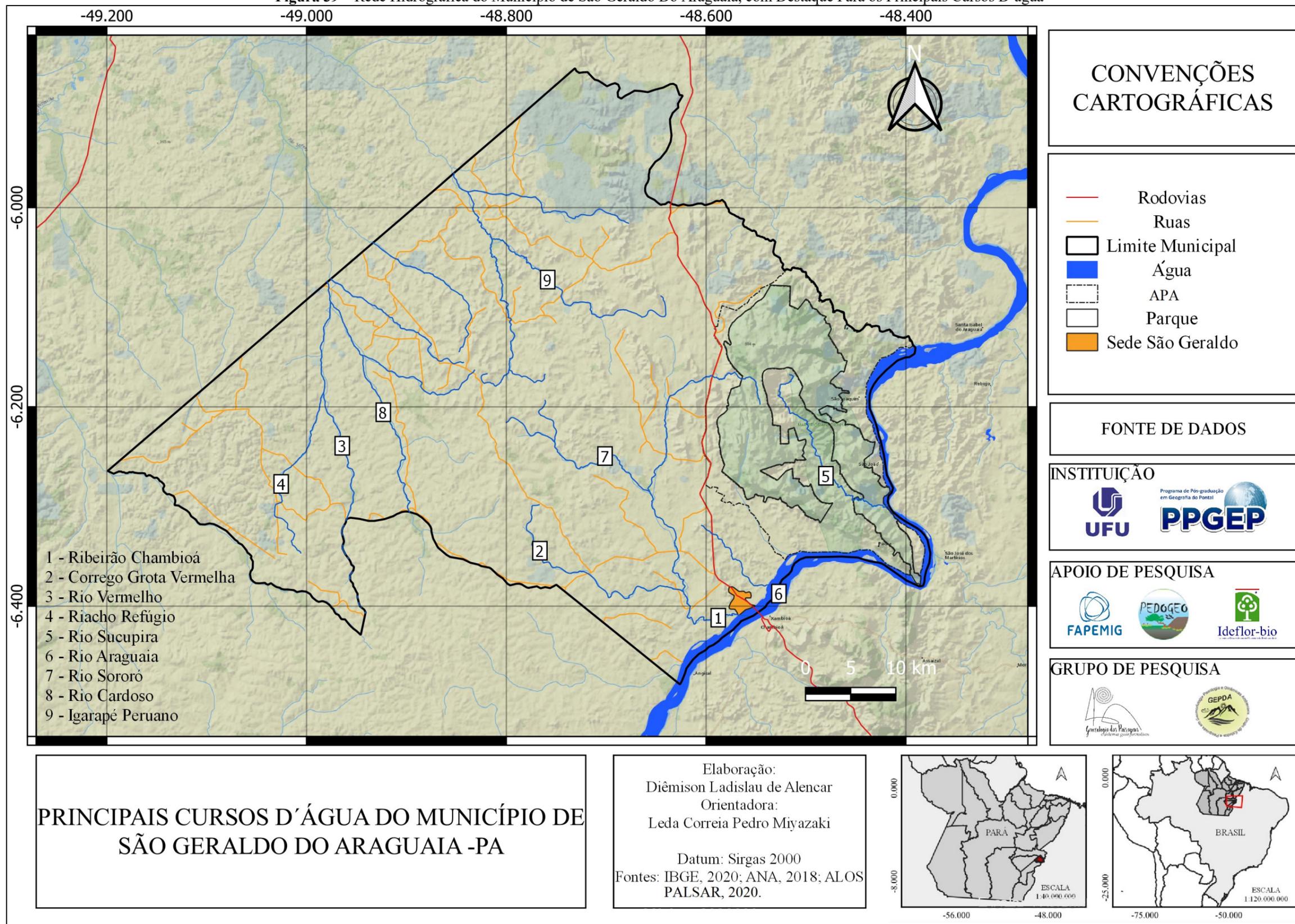
Figura 38. Vista Parcial do Rio Araguaia



Fonte: Google imagens, 2021

Os canais hídricos presentes no município de suma importância para a dinâmica local e regional, servindo como fonte de irrigação da agricultura, auxílio econômico com a comercialização dos peixes, opção de meio de transporte, diversidade de opções de lazer e turismo em algumas cachoeiras sem contar as inúmeras utilidades para atender as necessidades humanas e naturais.

Figura 39 – Rede Hidrográfica do Município de São Geraldo Do Araguaia, com Destaque Para os Principais Cursos D'água

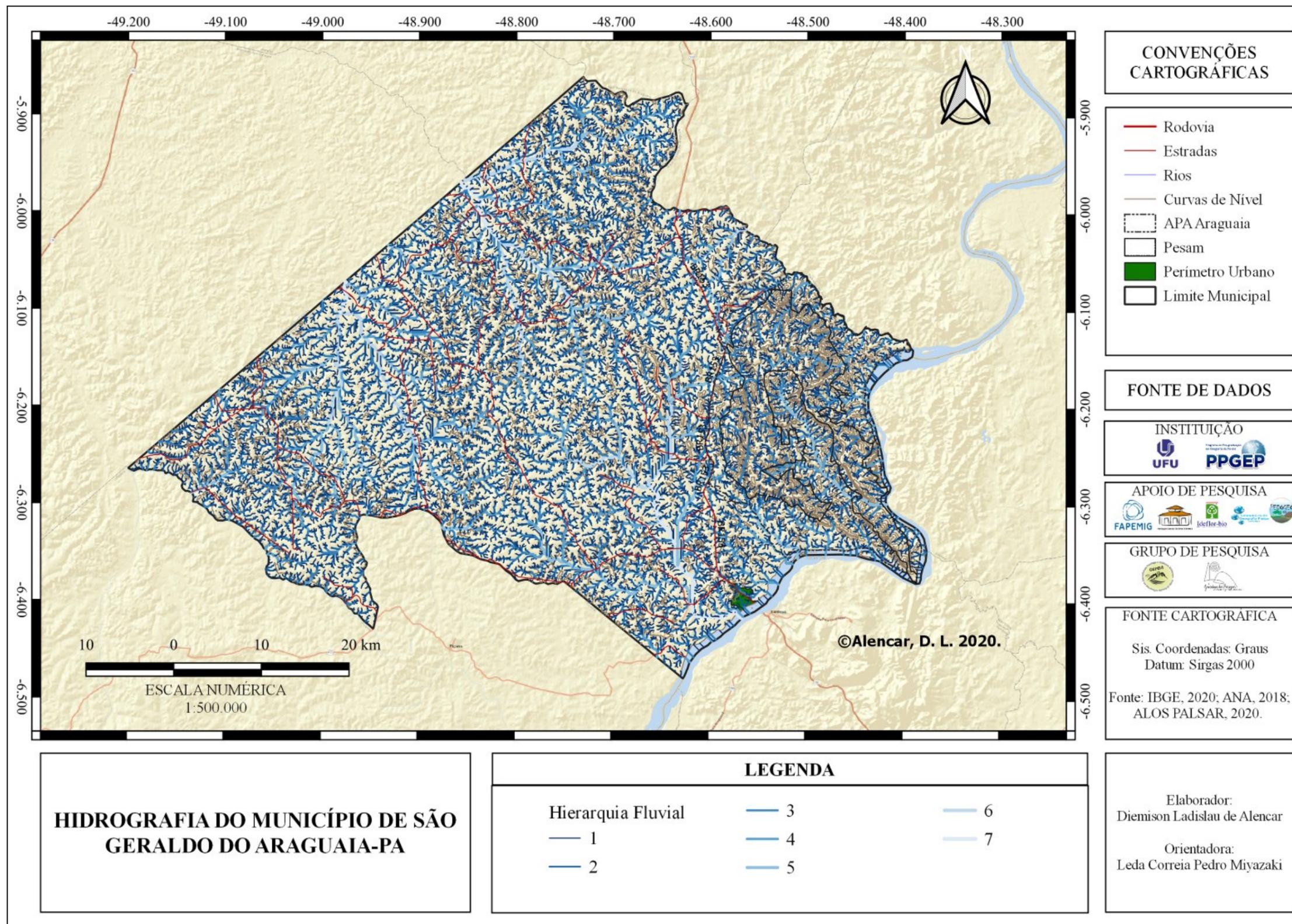


Fonte: Alencar, 2020.

O município possui um grande sistema hídrico, cuja hierarquia fluvial englobam canais de primeira até a sétima ordem. Possui 14.571 canais de primeira ordem, seguido por 7.001 de segunda ordem, 3.972 de terceira ordem, 1.656 de quarta ordem, 916 quinta ordem, 325 de sexta ordem e o rio 109 de sétima ordem.

Já em sentido centro-norte indo em direção ao Tocantins, tem-se os rios Sororó, Sororozinho e Cardoso. Os padrões das drenagens da área são subdendríticas e lineares com desague no rio Araguaia. É um importante via de acesso aos moradores do município, sendo um rio que possui uma grande navegabilidade por embarcações de pequeno porte ao longo de todo o ano. Ele também é ponto de transporte de veículos dos mais diversos portes através de balsa que vai de Xambioá-TO a São Geraldo do Araguaia (PARÁ, 1996).

Figura 40 - Hierarquia Fluvial dos Canais Fluviais Pertencentes ao Município de São Geraldo do Araguaia

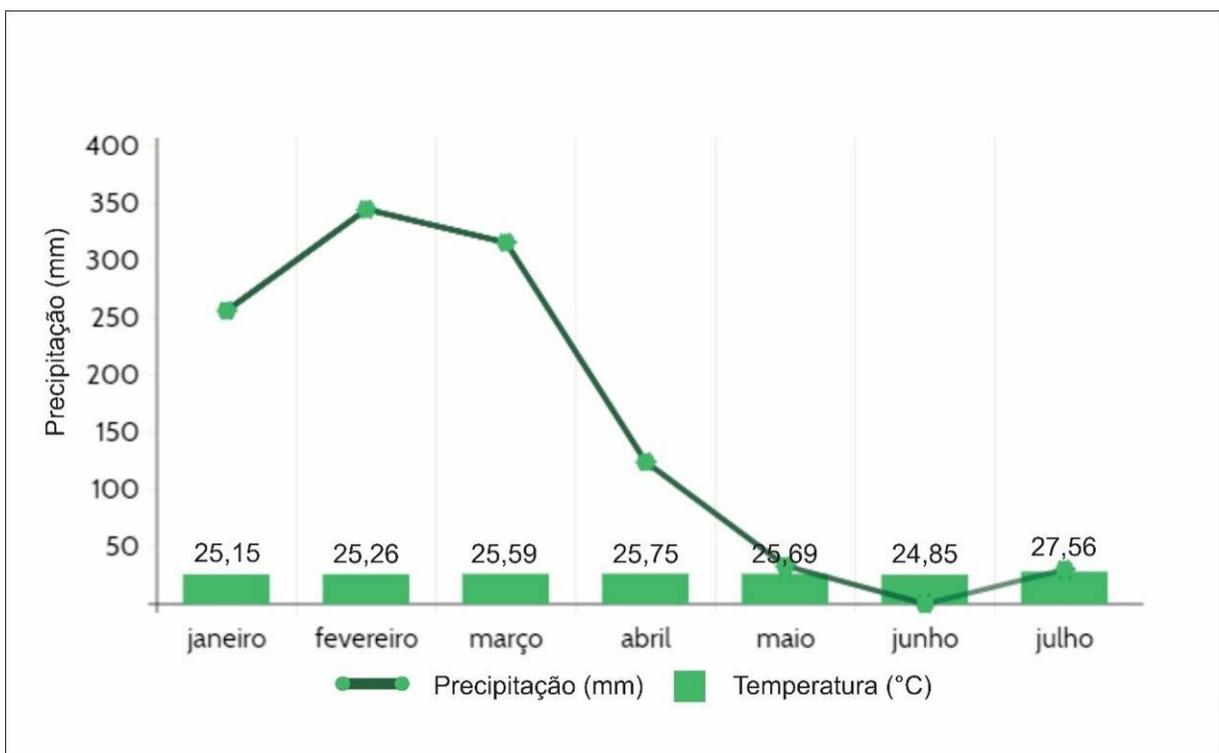


Fonte: Alencar, 2020.

4.1.5. Aspectos do Clima

A Região Amazônica é conhecida por sua considerável umidade e chuvas frequentes durante o verão amazônico. Levando em consideração a variabilidade dos fatores climáticos, o clima da cidade de São Geraldo do Araguaia, no Sudeste do Pará, é tropical savânico quente-úmido, no qual, na classificação de Köppen (1936), corresponde ao tipo climático “Aw5” (Figura 41), que são climas com temperatura média de 26°C, tendo um período seco e um chuvoso ao longo do ano, com níveis pluviométricos que podem chegar a 2000 mm no período de chuva (ALENCAR, 2018).

Figura 41 – Variação Semestral de Temperatura e Precipitação



Fonte: INMET, 2020.

A umidade relativa é elevada, apresentando oscilações entre a variação de estações mais e menos chuvosa, indo de 90% a 25%, sendo a média anual de 78%. Os períodos chuvosos ocorrem geralmente entre os meses de novembro a abril, com precipitações que podem chegar a 400 mm, o verão inicia pelo meio de maio e se finaliza no final de outubro. A temperatura anual pouco muda, mantendo sempre a média de 25°C (FISCH et al, 1998).

O clima presente no Sudeste Paraense se apresenta como Tropical Savânico, contendo características distintas comparados aos demais climas presentes no restante do Estado. No geral, as cidades do Pará que estão sob o clima Tropical tem como características de serem quentes, úmidas e possuem duas estações bem definidas. No entanto, diferentemente do Clima Equatorial Semiúmido, o período de estiagem e o período chuvoso possuem a mesma duração (seis meses). A pluviosidade média desse tipo climático varia entre 1000 e 2000 mm anuais (SEMA, 2018).

A temperatura média anual é de 26 °C, e esse clima se caracteriza por possuir amplitudes térmicas maiores em relação ao Clima Equatorial. Isso ocorre devida à influência da Continentalidade nas temperaturas diárias (SEMA, 2018).

Como essa região está distante do litoral e mais ao interior do continente, o solo dessas cidades irradia calor com facilidade, gerando elevadas temperaturas durante o dia. Entretanto, com a chegada do período noturno, o calor não é absorvido e ocasiona uma queda brusca de temperatura, possibilitando a maior amplitude térmica desses municípios (FISCH et al, 1998).

4.2. Aspectos Físicos da Serra das Andorinhas e Histórico de Implantação do PESAM

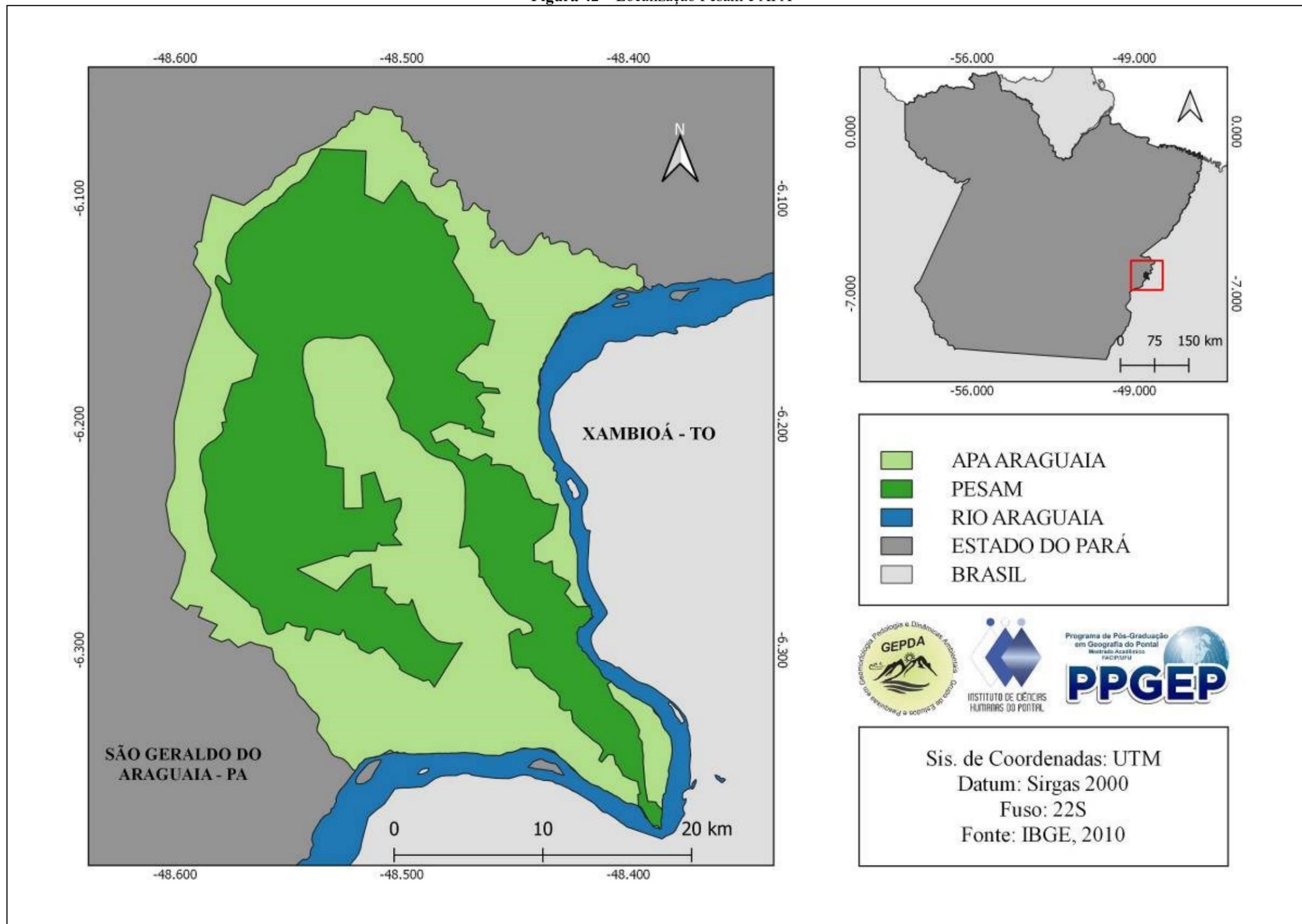
O Parque Estadual Serra das Martínrios/Andorinhas (PESAM) foi estabelecido como Unidade de Conservação (UC) no ano de 1996, amparado pela lei de nº 5.982, de 2000 no qual institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC).

O PESAM está na categoria de Unidade de Conservação de Uso Integral e tem como zona de amortecimento de impactos a Área de Proteção Ambiental (APA)⁸ do Araguaia, que é uma UC que permite ocupação humana em sua área. A APA Araguaia foi criada a partir da lei 5.883 de 25 de julho de 1996. (PARÁ, 2006)

O Parque Estadual Serra das Martínrios/Andorinhas (PESAM) e Área de Proteção Ambiental do Araguaia (APA Araguaia) estão localizados no Município de São Geraldo do Araguaia, no Sudeste do Pará, na divisa do Estado do Pará com o Estado do Tocantins, separados pelo Rio Araguaia (Figura 42). O acesso a área é realizado através da rodovia BR 153. Tem uma área de 26.000 hectares com uma população estimada na APA de 700 habitantes (PARÁ, 2006).

⁸**Área de Proteção Ambiental:** área dotada de atributos naturais, estéticos e culturais importantes para a qualidade de vida e o bem-estar das populações humanas. Geralmente, é uma área extensa, com o objetivo de proteger a diversidade biológica, ordenar o processo de ocupação humana e assegurar a sustentabilidade do uso dos recursos naturais. É constituída por terras públicas e privadas (SNUC, 2000).

Figura 42 – Localização Pesam e APA



Fonte: Alencar, 2020

De acordo com as respectivas Leis de criação, o PESAM tem 24.897,38 ha e a APA Araguaia 28.780,41 ha (PARÁ, 2006), totalizando 54.000 há, no qual a equipe da Fundação Casa da Cultura de Marabá e Grupo Espeleológico de Marabá (conhecido pela sigla GEM), identificaram 8 ecossistemas bem diferentes, sendo eles o Cerrado/Cerradão, Floresta Mista, Floresta Densa, Floresta Semidecídua, Floresta Galeria, Parque, Campo Litólito e Floresta de Várzea, onde se encontrou 212 espécies de árvores de grande porte, 84 espécies de orquídeas, e 51 espécies de plantas medicinais. Também foram identificadas 570 espécies de animais vertebrados, dos quais 25 estão na lista dos ameaçados de extinção (podemos citar o gavião real, onça pintada, anta entre outros). Para além dessa biodiversidade e demonstrando a diversidade voltada para a Geodiversidade local várias grutas e cavernas foram identificadas, na qual a maior delas apresentou um desenvolvimento de mais de 1.000 metros. Estruturas ruiformes foram estudadas caracterizando um dos aspectos geomorfológicos do local e 30 cacheyras com algumas que possuem mais de 70 metros de altura (ATZINGEN, SCHERER, FURTADO, 2007).

Vale destacar que além dos aspectos apresentados acima o cultural é bastante presente na área, sendo identificado 113 sítios arqueológicos, 5.740 gravuras e pinturas rupestres, além do fato da Serra ter sido palco da Guerrilha do Araguaia (ATZINGEN, SCHERER, FURTADO, 2007).

Dada a importância da Serra e áreas adjacentes quanto aos aspectos relacionados a biodiversidade, geodiversidade e a questão cultural, em 22 de setembro de 1989 foi tombada a área que contempla a Serra das Andorinhas, por meio da solicitação da Secretaria Estado da Cultura. Neste mesmo ano deu-se continuidade a ações que pudessem contribuir para a proteção da área, sendo realizado vários contatos com o Instituto de Desenvolvimento Econômico-Social do Pará (IDESP) foram apresentados documentos técnicos elaborados pela equipe da Secretaria da Cultura de Marabá e o Grupo de Espeleologia do Pará, para dar início as discussões que pudessem subsidiar a criação de um parque na área. No ano de 1995 a discussão passou a ser feita pela Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente do Pará (SECTAM), que no ano seguinte, exatamente em 25 de setembro de 1996 foi criado o Parque Estadual Serra dos Martírios/Andorinhas (PESAM) e sua respectiva Área de Proteção Ambiental de São Geraldo do Araguaia (APA de São Geraldo do Araguaia) (ATZINGEN, SCHERER, FURTADO, 2007).

As áreas em questão adquirem importância regional significativa, pois são responsáveis pelo incremento de parte das atividades turísticas e de lazer que vem se tornando relevante na região Sul e Sudeste do Pará.

4.2.1. O Contexto Geológico da Serra dos Martírios/Andorinhas

A área de estudo apresenta um contexto geológico e estrutural marcante, que resultou no aspecto geomorfológico observado atualmente denominada Serra das Andorinhas onde encontram-se o PESAM e a APA de São Geraldo do Araguaia. A paisagem geológica e geomorfológica da Serra das Andorinhas é resultado de um contexto que envolve a história de evolução do planeta Terra, estando relacionado ao éon⁹ Proterozóico datado entre 2,5 bilhões a 542 milhões de anos atrás, o que envolve quase que metade do tempo de existência da Terra.

4.2.1.1. Aspectos Estruturais

Essa era geológica, op cit, foi marcada pela ocorrência de sucessivas movimentações tectônicas diácronas¹⁰, que em alguns momentos destruía e outros construía aquilo que conhecemos atualmente como continentes, sendo denominado de Ciclo Supercontinental. Segundo Hasui (2010, p. 143):

“(1) fragmentação de um supercontinente, deriva de massas continentais e abertura de oceanos em regime distensivo (envolvendo adelgaçamento litosférico, soerguimento, rifteamento, intrusões intraplaca, formação da dorsal meso-oceânica e oceanos, separação de massas continentais e desenvolvimento de margens passivas); (2) convergência e aglutinação de massas continentais em regime compressivo (formação de arcos insulares e continentais, bacias diversas e prismas de acreção, fechamento do oceano, colisão de continentes, orogênese, metamorfismo, magmatismo); (3) exumação ou colapso do orógeno, erosão e consolidação de um novo supercontinente, em condições distensivas”.

O Supercontinente Colúmbia é atualmente o mais antigo, sendo formado entre 2,3 e 1,8 Ga, no qual as massas continentais existentes na época se aglutinaram dando origem a cinturões orogênicos e fechando assim o ciclo tectônico da América do Sul denominado de Transamazônico (HASUI, 2010).

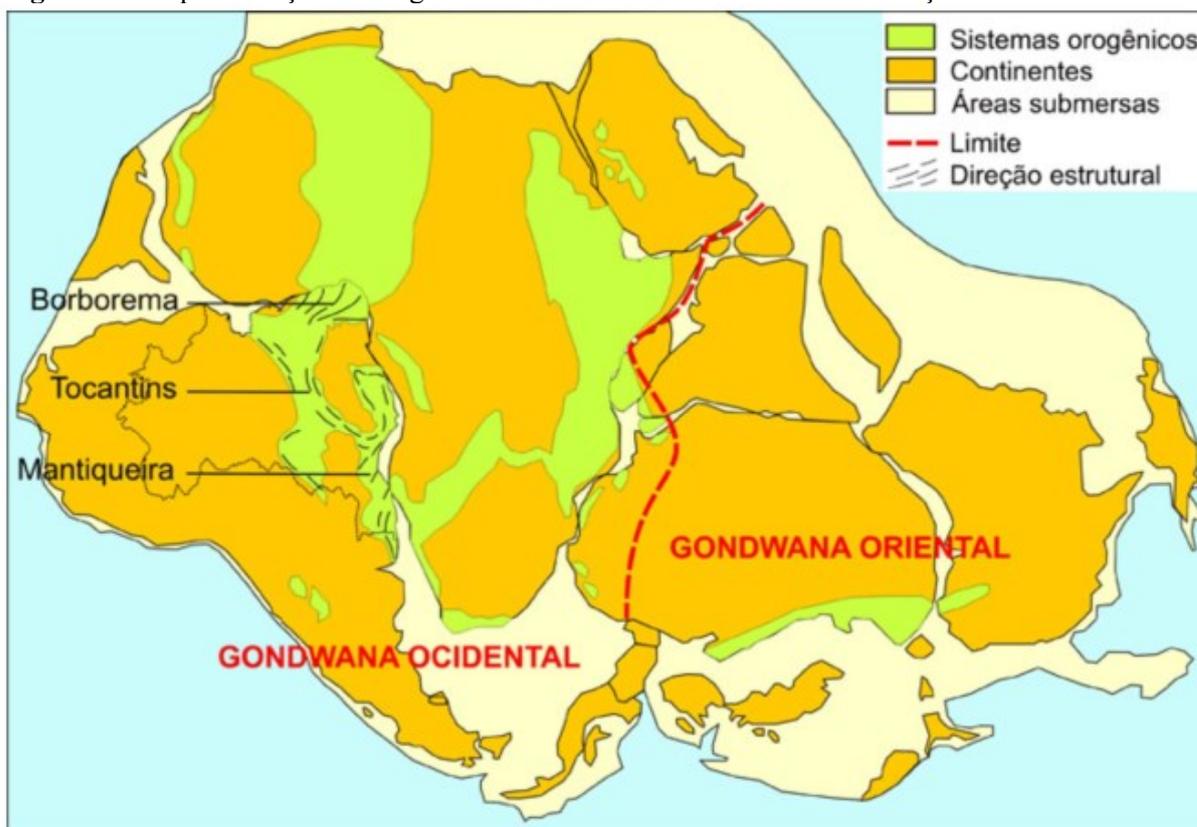
Este ciclo envolveu movimentos de fusão e posterior a fragmentação do continente Atlântica, como também a formação e posterior fragmentação do Rodínia (Tafrogênese Toniana) e fusão do Gondwana (estes dois últimos denominados de Ciclo Brasileiro) conforme as pesquisas realizadas por Condie (2002, *apud* HASUI, 2010)

⁹ Considerado como sendo a maior subdivisão de tempo na escala de tempo geológico.

¹⁰ Conjunto dos fenômenos que ocorrem e se desenvolvem através do tempo.

No caso do território brasileiro, esses movimentos tectônicos contribuíram para a formação das seguintes províncias estruturais, ou seja, os cinturões orogênicos (Figura 43), sendo estas reconhecidas como Sistema Orogrênico Mantiqueira (Cinturões Araçuaí, Ribeira e Tijuca), Tocantins (Cinturões Brasília, Araguaia e Paraguai) e Borborema (HASUI, 2010), sendo Sistema Orogrênico Tocantins o que deu origem ao Cinturão Araguaia onde encontra-se a Serra das Andorinhas/Martírios.

Figura 43 - Espacialização do Mega Continente Gondwana Destacando a Porção Oriental e Ocidental



Fonte: Hasui, 2010

Sistema Orogrênico trata-se do resultado da dinâmica de convergência de placas litosféricas, que por sua vez pode ser acrescionário ou colisional, formando um conjunto de orógenos que se justapõem diacronicamente (Tocantins onde encontra-se o Cinturão Araguaia (HEILBRON et. al., 2003 *apud* BENTO 2014).

O Sistema Orogrênico Tocantins ou também conhecido como Província Tocantins encontra-se localizada na porção central do Brasil, cuja a idade é característica do brasiliano, sendo desenvolvida pelos esforços colisionais entre o Cráton do São Francisco, Cratón do Amazonas e Cráton Paranapanema (DESCOVI, 2019).

Conforme Hasui (2012) o Sistema Orogênico Tocantins é dividido nos Cinturões Brasília, Paraguai e Rio Preto e o Araguaia. No caso da área de estudo este é influenciado pelo Cinturão Araguaia, especificamente na porção oeste Faixa Araguaia “composto pelo Supergrupo Araguaia e os grupos Tocantins e Estrondo com ocorrências de unidades máfico-ultramáficas, sendo encoberto pela Bacia do Paranaíba a Nordeste e pela Bacia do Bananal a Sudoeste” (DESCOVI, 2019, p. 23)

Em se tratando da área onde encontra-se a Serra dos Martírios/Andorinhas está localizada no Sistema Orogenético Tocantins sob a zona de interferência do Cinturão Araguaia (Figura 44), fazendo parte da unidade geotectônica denominada de Cinturão Araguaia (ALVARENGA et al, 2000), de idade que remonta datada do Neoproterozóico, a Serra das Andorinhas possui predominantemente rochas metamórficas (PARÁ, 2006).

De acordo com CPRM (2001, p. 37),

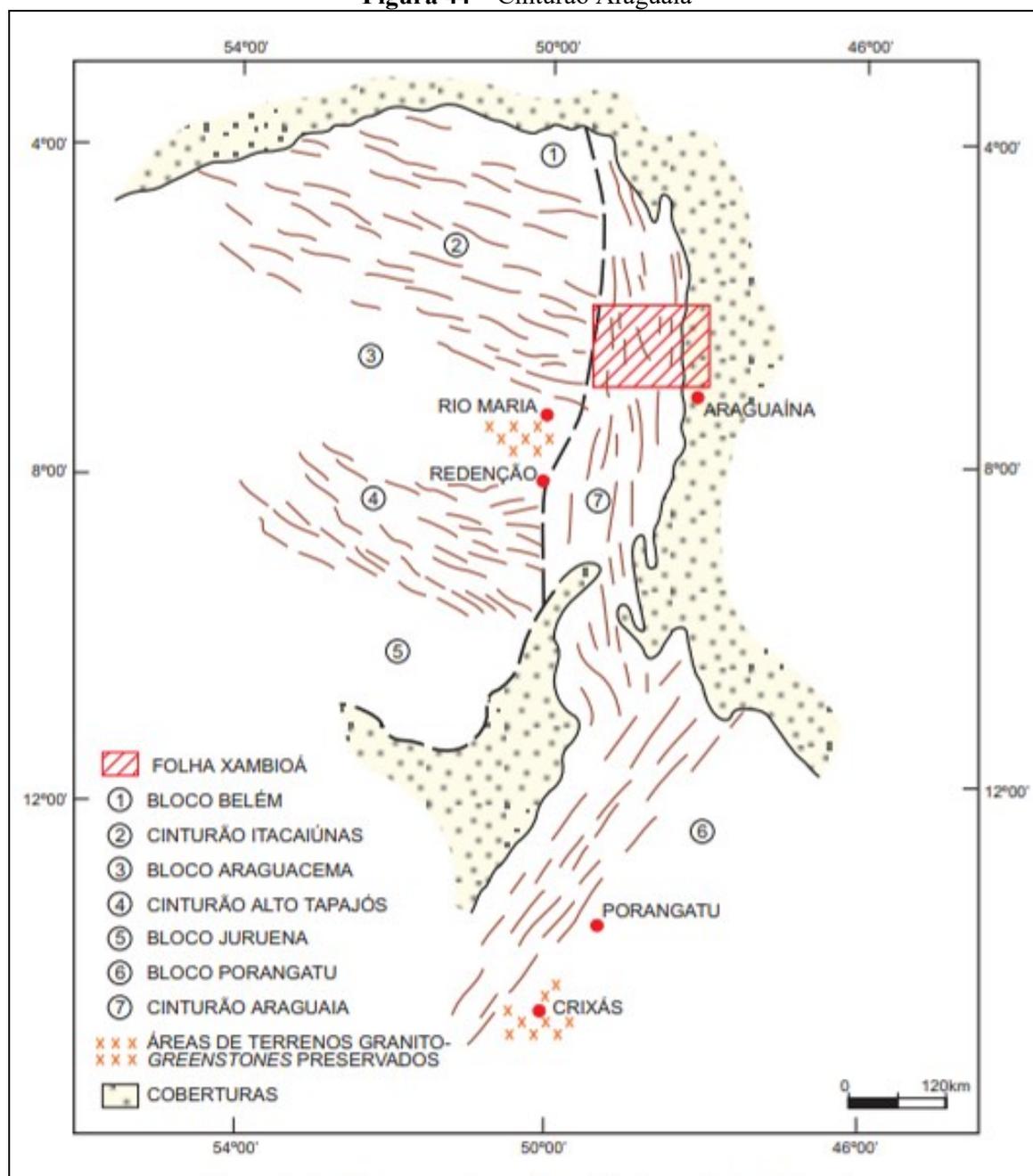
Os elementos estruturais característicos do regime rúptil encontram-se bem impressos nos quartzitos da Formação Morro do Campo (onde se localiza o PESAM), sobretudo nos que contemplam a estrutura dômica de Xambioá, córrego Poção. Neste local, observam-se estruturas do tipo pull-apart com diversos estágios de movimentação, estruturas tipo “rabo-de-cavalo”, estruturas do tipo romboédrica, juntas escalonadas (tension gashes). Juntas de alívio, subhorizontais, observáveis em afloramentos de grande porte, escavações e pedreiras, refletem a ação erosiva.

A área faz parte ainda da *Formação Morro Campo*, composta por rochas quartizíticas contendo dezenas de metros, apresentando variações petrográficas, modificando seus aspectos naturais e mineralógicos (PARÁ, 2006).

Segundo dados oficiais da CPRM (2001), a *Formação Morro do Campo* foi definida por Abreu (1978), englobando gnaisses e quartzitos. As melhores exposições situam-se em torno das estruturas dômicas¹¹ do Lontra e de Xambioá e no PESAM.

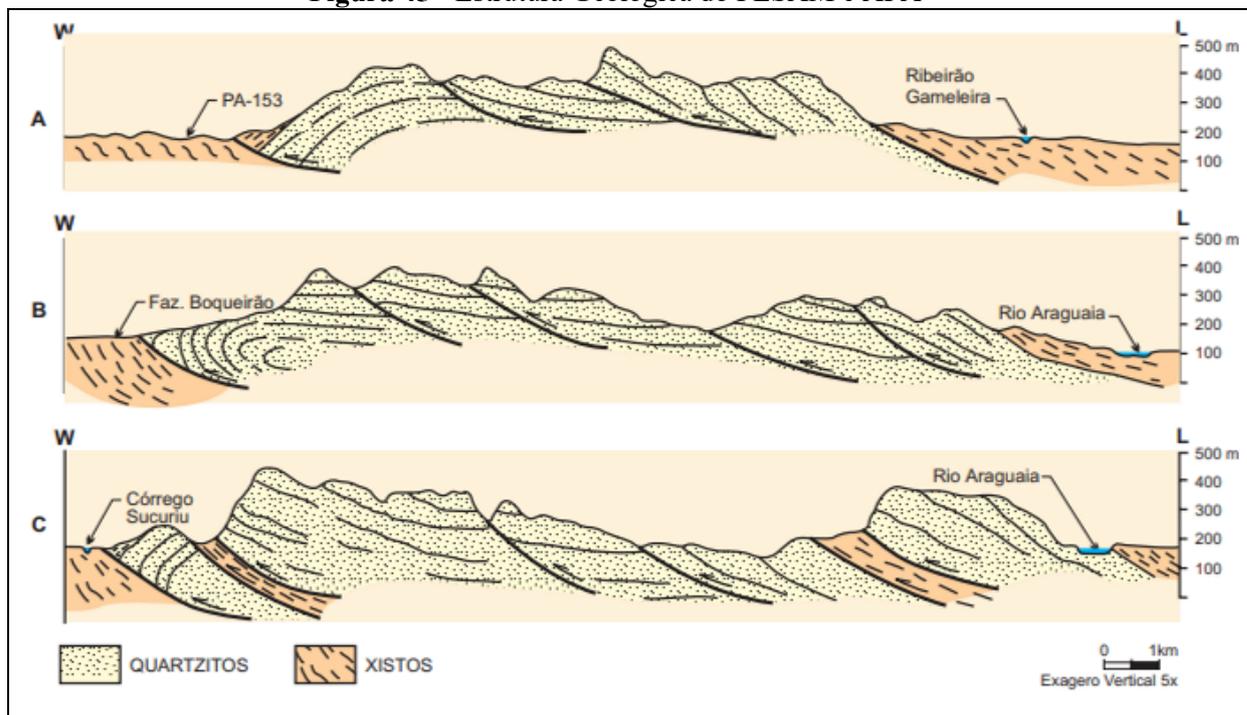
¹¹ **Relevo Dômico** é o resultado de atividade intrusiva (fenômenos magmáticos). São melhor visualizados em áreas sedimentares onde o arqueamento ou a forma de abóboda é mais saliente. A forma e a dimensão do domo são controladas pelo tamanho/volume e pelo tipo da intrusão que pode ser concordante com os estratos (soleiras, lacólitos, lapólitos e facólitos) ou não (diques, necks, apófises e batólitos). Tais intrusões estão direta ou indiretamente ligadas a problemas de movimentação tectônica, geralmente em cinturões orogênicos (caso do PesamPesamPesamPesam e APA).

Figura 44 – Cinturão Araguaia



Fonte: CPRM, 2001.

A estrutura encontrada na Serra das Andorinhas onde encontra-se o PESAM e APA São Geraldo do Araguaia (Figura 45) é interpretada por alguns pesquisadores como uma cadeia montanhosa com sequência de dobras em toda sua área de Oeste a Leste (CPRM, 2001). A APA possui em sua predominância áreas mais planas, tendo litologia presente os quartzitos e xistos.

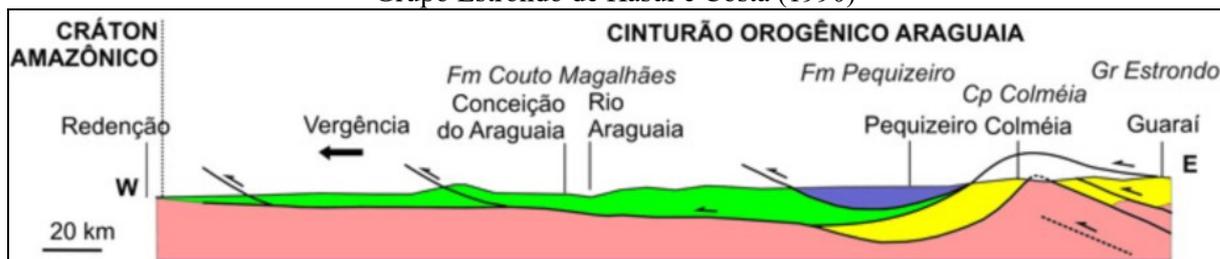
Figura 45 - Estrutura Geológica do PESAM e APA

Fonte: CPRM, 1996.

A estrutura do PESAM é descrita como uma *nappe* de eixo frontal dobrado (CPRM, 1996). Na área apontada na imagem como Fazenda Boqueirão, as declividades da foliação são denominadas como subverticais, com caimento ao leste, tendo inúmeros *shear bands* sentido norte a sul, paralelos e com largura diversa de 3 a 40cm (CPRM, 2001).

A Serra das Andorinhas é resultado da influência dos “sistemas de cavalgamento (Figura 46), gerados pelas convergências de placas e colisão de massas continentais, que consistem de empurrões que deformaram, fatiaram e empilharam lascas dos conjuntos litológicos (*nappes*)” (HASUI, 2010, p. 151).

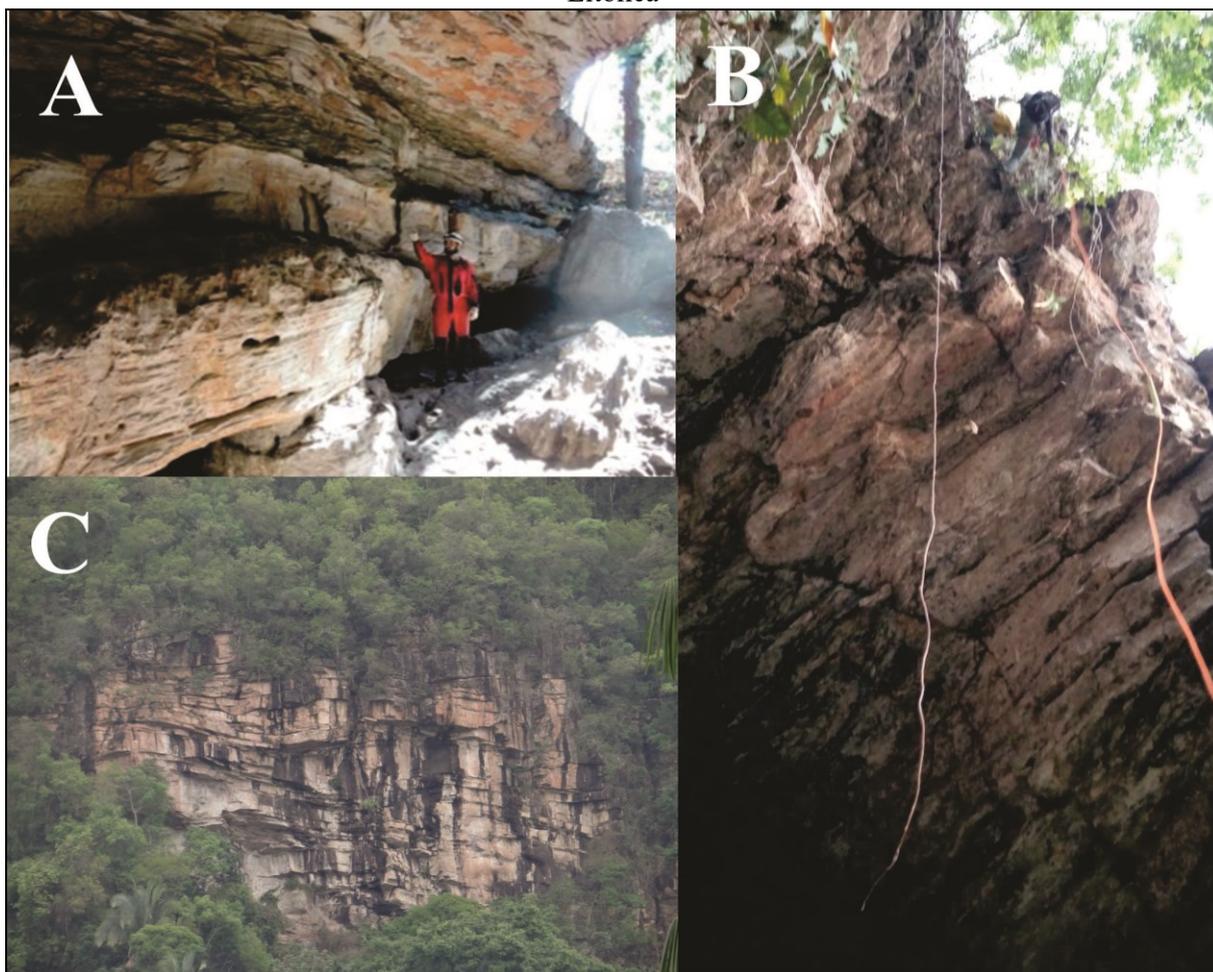
Figura 46 - Seção Simplificada de Cinturão de Cavalgamento com ênfase para o Cinturão Araguaia e Grupo Estrondo de Hasui e Costa (1990)



Fonte: HASUI (2010)

É importante ressaltar que a área foi intensamente metamorfizada, com a ocorrência de dobramentos e falhamentos, com zonas de cisalhamento e diferentes estruturas planares e lineares (Figura 47).

Figura 47 - Exemplos de Aspectos Geológicos-Estruturais Encontrados na Serra das Andorinhas-Martírios: (A) – Foliação Expressa em Rocha Quartizítica, (B) Inclinação de Camadas Rochosas Resultante da Deformação. (C) – Dobramentos no Paredão Rochoso onde Observa-Se uma Vertente Litólica



Fonte: Alencar, 2020

4.1.2.2. Aspectos Litológicos da Serra das Andorinhas

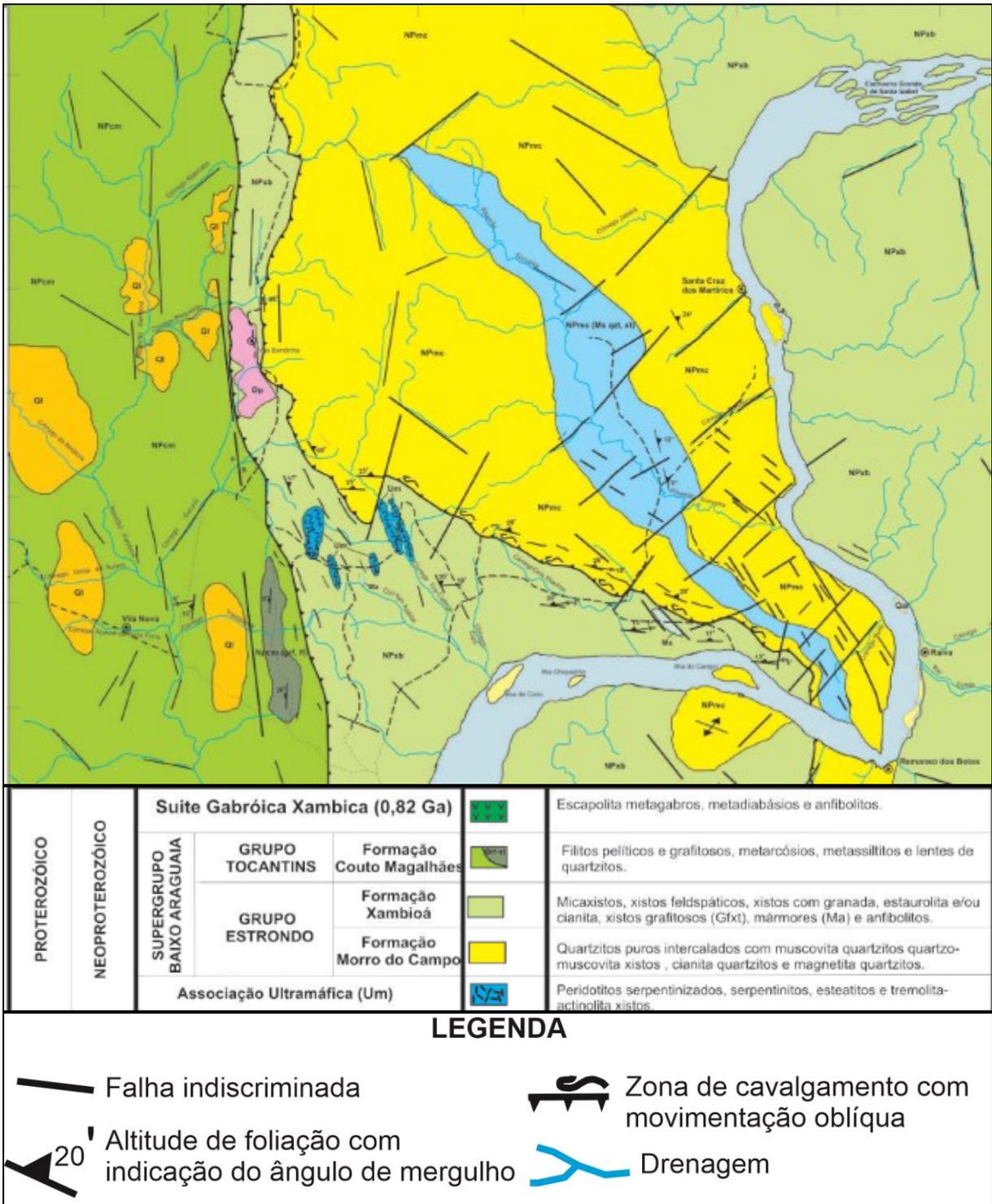
Conforme Gorayeb et al (2008), a Serra das Andorinhas apresenta a litologia marcada pela Formação Morro do Campo (Figura 48), pertencente ao Grupo Estrondo, cujas características marcantes desta formação são as rochas metamórficas conhecidas como rochas quartzíticas.

A Formação Morro do Campo é a litologia mais expressiva encontrada na Serra das Andorinhas, no qual o Parque Estadual Serra dos Martírios/Andorinhas está instalado. Segundo Gorayeb, Moura e Abreu (2008, p. 57) é possível encontrar uma espessa camada de quartzitos, cuja “orientação NW-SE com baixo mergulho para NE que desenha em planta uma feição de amêndoa, desaparecendo para o quadrante noroeste. Em direção sudeste, passando pela localidade de Remanso dos Botos e adentrando o estado de Tocantins, a camada se estreita e orienta -se na direção N-S”.

Gorayeb, Moura e Abreu (2008, p. 57), dizem que a Formação Morro do Campo apresenta como composição predominante os “quartzitos intercalados com muscovita quartzo-muscovita xisto, cianita xisto, quartzito feldspático e magnetita quartzito”.

As rochas quartzíticas encontradas na Serra das Andorinhas possuem “dezenas de metros que apresentam variações petrográficas locais que modificam seus aspectos textuais e mineralógicos permitindo classifica-las como quartzo-mica-xisto, ortoquartzitos maciços, mucovita-quartzitos foliados”, que variam quanto a espessura, estando vinculadas aos largos paredões que delineiam a serra, além disso pode-se observar em a ocorrência de afloramentos de veio de quartzo leitoso e em alguns locais pontuais bolsões de cristal de rocha (ATZINGEN, SCHERER, FURTADO, 2007 p. 23).

Figura 48 - Espacialização da Geologia da Serra das Andorinhas



Fonte: Gorayeb et al, 2008

A área aqui onde se localiza o PESAM e a APA se encontram presentes dentro da Folha Xambioá, que é a delimitação dada por imagem de satélite, e contém formações estruturais expressivas.

Resumindo com a pressão entre a faixa Araguaia e o Cráton Amazônico a área onde encontra-se a Serra das Andorinhas foi comprimida essas argilas (Figura 49) foram metamorfozadas sendo identificadas em campo como xistos.

Vale ressaltar que no domínio da Serra das Andorinhas os quartzitos são os responsáveis pela preservação da morfologia da serra mais elevada, pois é uma rocha bastante resistente a ação climática. Em contraposição, nas áreas mais baixas da serra os micaxistos sendo identificadas próximos aos fundos de vale do Ribeirão Sucupira.

É possível verificar em campo que as camadas dessa rocha se apresentam com uma orientação NW-SE com mergulhos baixos de 8 a 25° para NE, com uma alternância entre quartzitos micáceos e micaxistos, podendo em alguns pontos ser encontrados camadas subverticalizadas (GORAYEB, MOURA E ABREU, 2008, p. 61).

Figura 49 - Litologia do abrigo chamado Gruta do Morcego Formação Xambioá – Quartzito (Muscovita Xisto) junto com Feldspato. Note a cor esbranquiçada na imagem B com a disposição laminada das camadas, que originalmente eram depósitos de argilas (muscovita -xisto).



Fonte: Video - <https://casadaculturademaraba.org/serra-das-andorinhas-expedicao-a-ilha-dos-martirios/>

Segundo Abreu (CPRM, 2008, p. 15) os quartzitos possuem cores que envolvem “tonalidades esbranquiçadas a creme, granulação fina a média, grãos bem selecionados, estrutura orientada e textura granoblástica com cristas xenoblásticos de quartzo e palhetas de muscovita orientadas segundo o plano de foliação. Níveis métricos e decimétricos, ricos em magnetita, são frequentes).

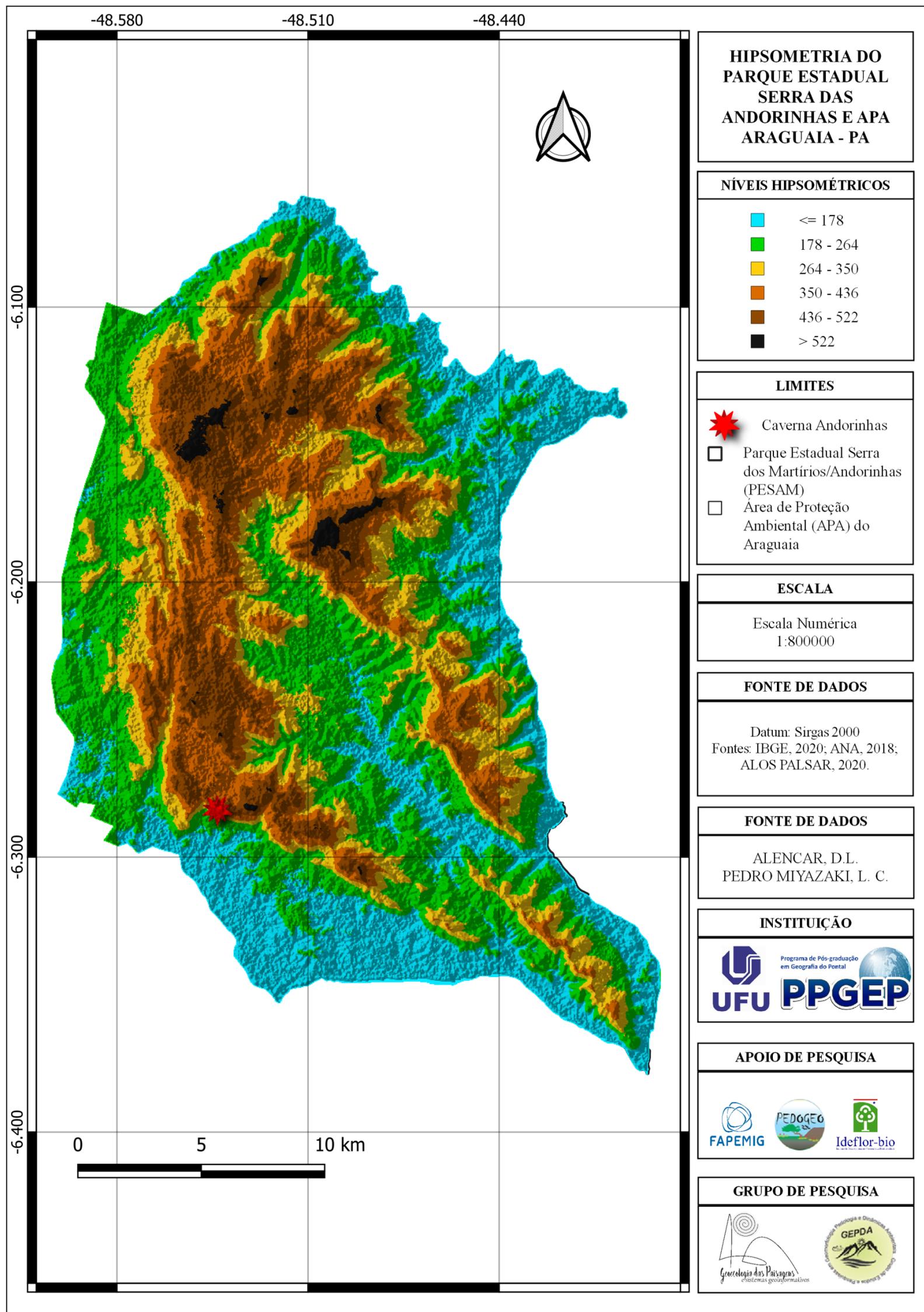
4.2.2. Altimetria e Declividade

A hipometria da Serra das Andorinhas é marcada por uma altimetria que possui cotas que variam de 178 metros (presentes na APA) e podem ultrapassar 522 metros de altitude (presente no PESAM), possuindo relevos com topos em formas de cristas nas mais elevadas altitudes, como também topos mais aplainados, facilitando o processo de erosão do relevo.

Para caracterização da altitude foi elaborado um mapa hipsométrico representando as altitudes em 6 classes (Figura 50).

O primeiro intervalo de classe representam as altitudes inferiores a 178 metros, seguido pelas classes de 178 a 264 metros que correspondem as altitudes mais baixas, a classe de 264-350 metros que está associado aos fundo de vale da Planície Fluvial Araguaia que estão localizada as áreas de fundo de vale, a classe de 350 a 436 metros cujo aspecto marcante refere-se Depressão Araguaia, a classe de 436 a 522 metros onde é possível encontrar o Planalto Rebaixado com a presença de escarpas e por fim as altitudes superiores a 522 metros que estão presentes os Planaltos com topos planos e aguçados.

Figura 50 – Mapa Hipsométrico do Parque Estadual Serra dos Martírios/Andorinhas e APA

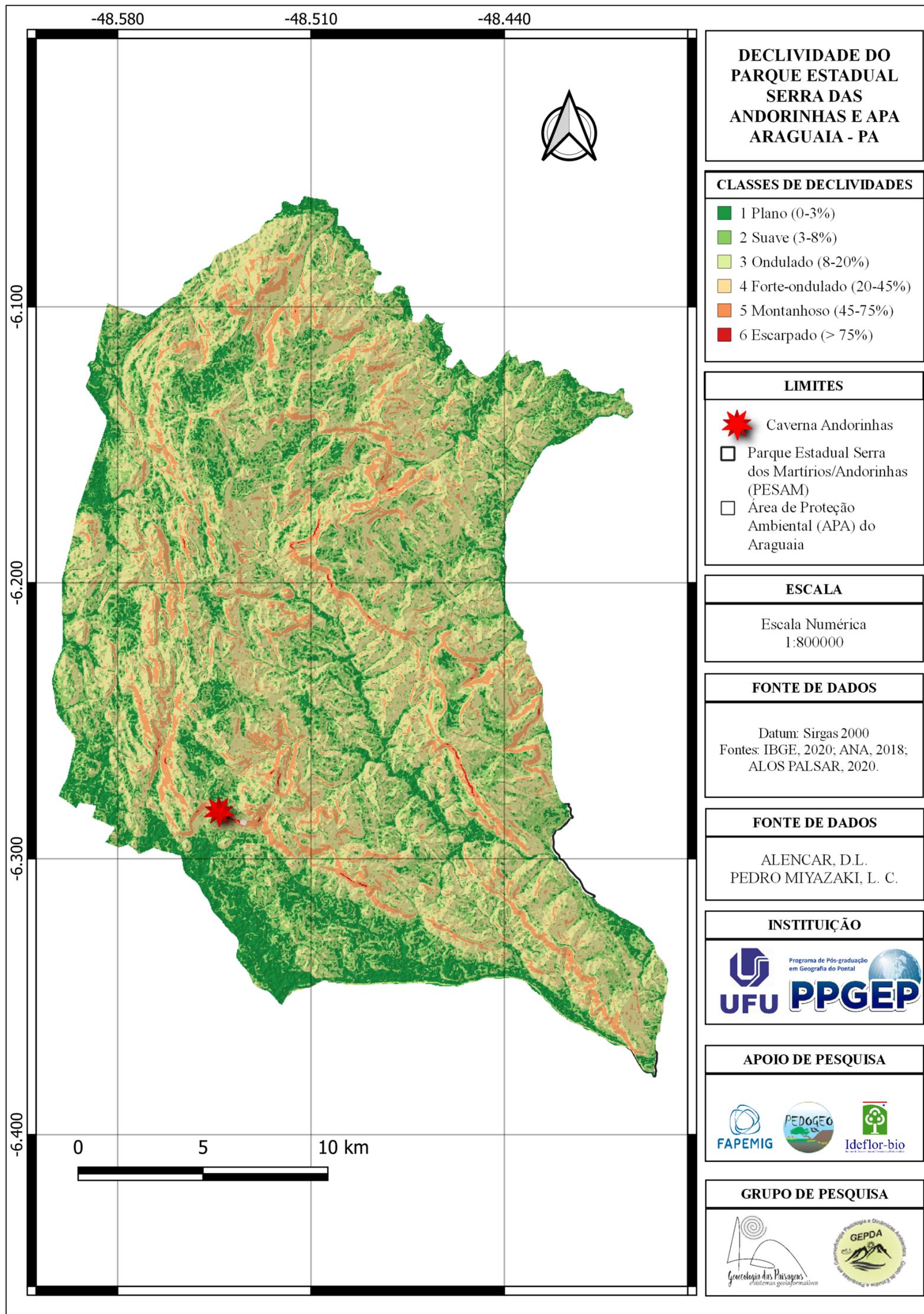


Fonte: Elaborado pelo autor, 2020

Em relação aos declives encontrados na Serra das Andorinhas foi possível identificar locais com declives inferiores a 3% correspondendo ao relevo mais suave, contrapondo-se as declividades superiores a 75% de inclinação onde é possível identificar um relevo mais escarpado.

Para caracterizar melhor a questão da declividade na Serra das Andorinhas foi realizado um mapeamento (Figura 51) envolvendo 6 classes de declividade, sendo estas representadas da seguintes forma: 0-3% correspondendo aos relevos planos, 3-8% relacionados aos relevos com morfologias suaves, 8-20% com relevos ondulados, 20-45% representando os relevos com declives que variam de forte a ondulado, por fim duas classes que apresentam os relevos mais íngremes, sendo esses o montanhoso com declives de 45-75% e Escarpado com declives superiores a 75%.

Figura 51 - Declividade da Serra das Andorinhas



Elaborado por: Alencar, 2021

4.2.3. Hidrografia

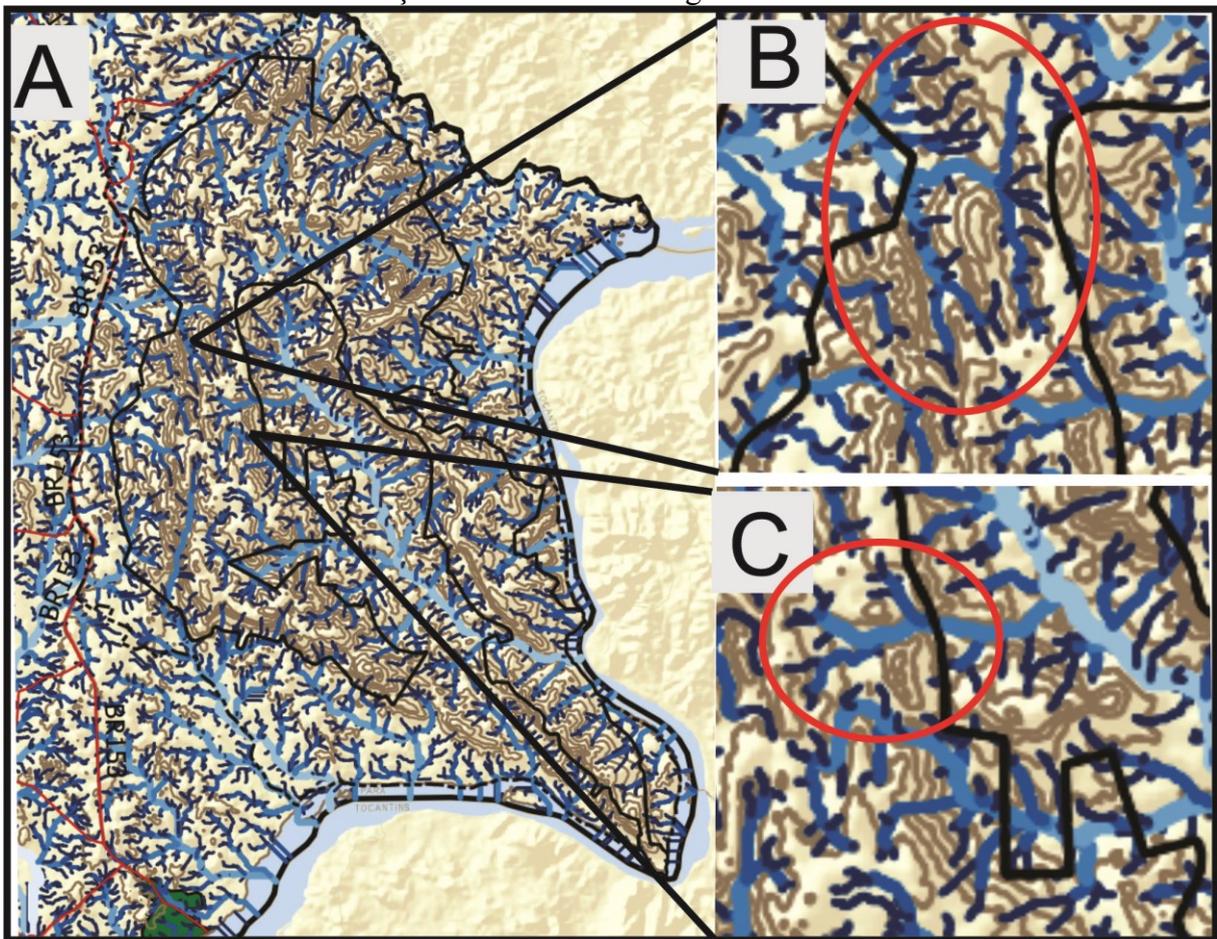
Os níveis altimétricos são responsáveis pela formação da rede de drenagem em associação aos processos morfogenéticos, na área do PESAM os rios mais importantes são o Araguaia e o Sucupira.

O rio Araguaia margeia a delimitação do parque e é utilizado de diversas formas (como transporte, pesca, lazer, entre outros) pelos moradores de suas margens, possibilitando a navegação por embarcações de pequeno porte durante todo o ano. Segundo Bayer (2010), o rio Araguaia nasce na Serra do Caiapó, no Estado do Goiás, se estendendo entre os Estados do Mato Grosso, Tocantins e Pará. É o segundo rio de maior importância da Bacia do Araguaia-Tocantins, e desagua na região do Bico do Papagaio, no Tocantins. O curso deste rio é dividido em três partes: o primeiro é o Alto Araguaia, no qual representa a área que vai desde a nascente até Barra do Garças, o Médio Araguaia vai de Barra do Garça até Santa Isabel do Araguaia e o Baixo Araguaia, de Santa Isabel do Araguaia até a foz, no rio Tocantins (BAYER, 2010). O PESAM se encontra na área do Médio Araguaia.

O rio Sucupira drena toda a parte central da Serra das Andorinhas, onde se encontra o PESAM, ele dinamiza a área e está associado a outros córregos como: Tira-Catinga, Boqueirão, Sucuriú, Dois Riachos, Jatobá, Gameleira e demais na qual não possuem nomes. Estes rios formam uma importante rede de drenagem envolvendo toda a área. Esses córregos servem como fonte de abastecimento de água para as propriedades dentro da APA.

A drenagem do parque é caracterizada como padrão misto, que varia de dendrítico a treliça (Figura 52), tendo como principais agentes de drenagem o Rio Sucupira e seus afluentes, onde os vales profundos seguem uma descontinuidade com estrutura do Parque, que de modo geral são bem encaixados. (PARÁ, 2006).

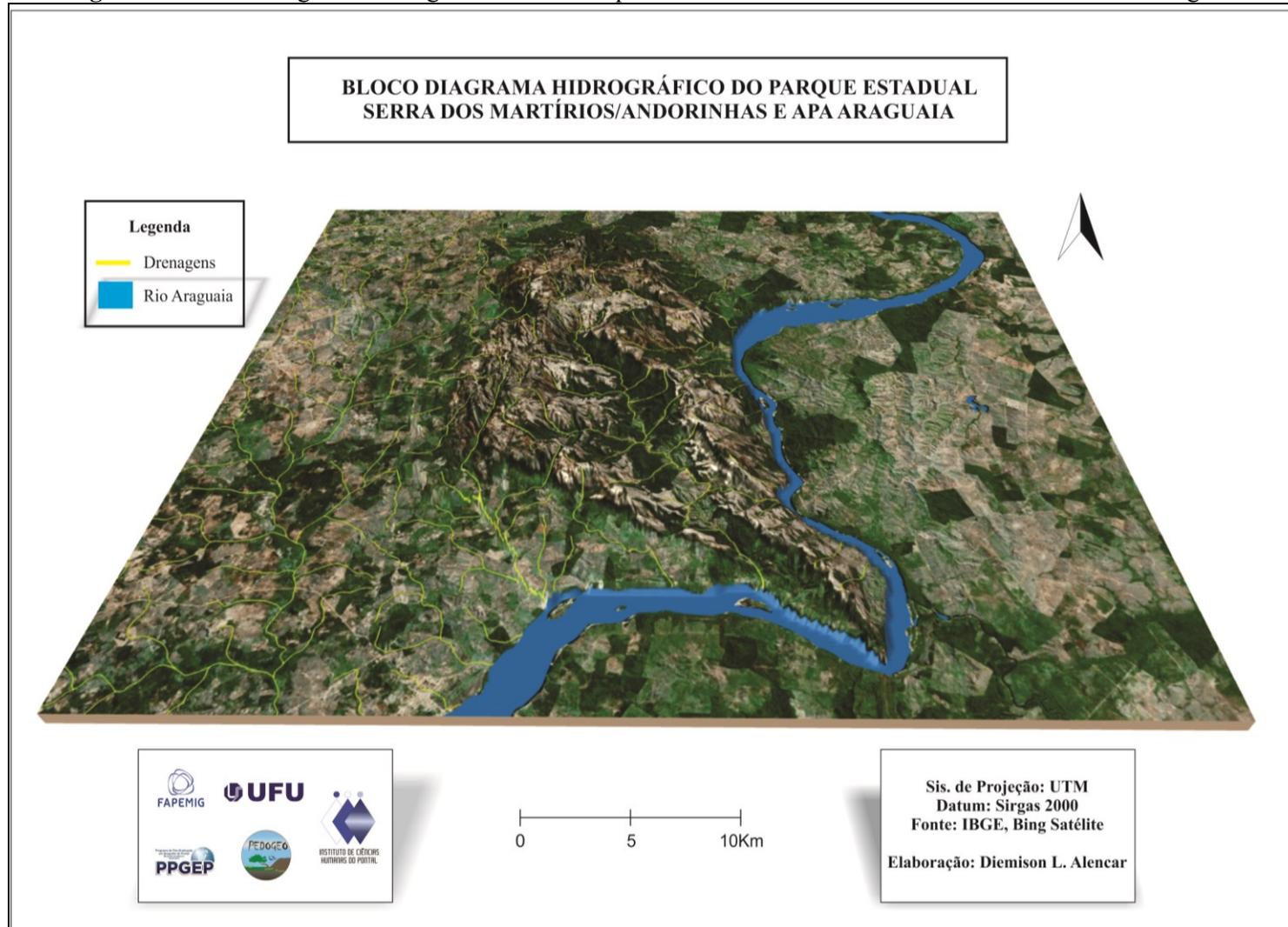
Figura 52. Exemplo de padrão de drenagem encontrado na Serra das Andorinhas. A. Espacialização da rede de drenagem da Serra das Andorinhas. B. Padrão de drenagem em treliça. C. Padrão de drenagem dendrítica



Elaborado por: Autor (2021)

A Figura 53 mostra os principais rios existentes no PESAM e na APA, tendo em destaque a Bacia do Rio Sucupira. É possível observar alguns afluentes do rio Araguaia na área de estudo, além de canais que nascem no perímetro do Parque, porém seguem cursos externos a área.

Figura 53 - Bloco Diagrama Hidrográfico 3D do Parque Estadual Serra dos Martírios/Andorinhas e APA Araguaia



Fonte: Elaborado pelo autor, 2020

A rede hidrográfica da área de estudo tem contribuído para manifestação de diversas feições fluviais, Bento (2010) demonstra em seus estudos que as formas de relevo oriundas de ambientes fluviais estão relacionadas aos processos de erosão e sedimentação. Assim, a erosão fluvial é desencadeada pela ação das águas fluviais por meio da corrosão, corrasão e cavitação, sendo responsáveis pela formação de feições geomorfológicas, tais como as marmitas, as corredeiras, as quedas d'águas entre outras.

Essas feições podem ser encontradas no interior do PESAM, cujos destaques são as quedas d'águas e cachoeiras. De modo claro, queda d'água é a definição de quando há uma queda contínua de água jogada do alto de uma torrente fluvial, que por sua vez, torrente fluvial são áreas com forte inclinação comumente conhecidos como cachoeiras.

Conforme Guerra (1972) e Christofolletti (1981) as quedas d'águas são feições “onde a água do rio cai de maneira subvertical, deslocando-se da rocha do leito, devido à existência de um degrau no seu perfil longitudinal” (apud Bento, Tese). No PESAM esse desnível ocorre com certa frequência ao longo do canal fluvial dos rios Três Quedas, Caldeirão, Spanner (entre outros), essas quedas são visitadas por turistas e moradores da região que buscam momentos de lazer junto a Serra das Andorinhas.

4.2.4. Os Aspectos Geomorfológicos da Serra das Andorinhas

No tocante aos aspectos geomorfológicos do parque, o relevo é caracterizado como acentuado, ou seja, bem definido, apresentando vertentes íngremes contendo grandes linhos de escapas, platô plano formado por processos climáticos além de um alinhamento de drenagem que tem como principal agente a Bacia do Rio Sucupira e outras pequenas bacias existentes nas UCs (ALENCAR, 2018).

No topo dos platôs, observa-se feições residuais reuniformes, que são resultantes da dissecação singular do relevo em virtude das diversas litologias presente, propiciando o desenvolvimento de diversas cavernas (SOUZA, SENNA, 2002). Os vales profundos seguem uma descontinuidade com estrutura do parque que, de modo geral, são bem encaixados.

Dentro da área das UCs, cinco (05) unidades geomorfológicas são identificadas:

- **Planície fluvial** – Área com pouca ondulação do relevo, geralmente margeiam as áreas de drenagem e sua formação se dá através da deposição de sedimentos. São apresentadas em cotas de 200 a 250m.

- **Vertente com presença de Escarpa** – São elevações com desníveis abruptos que se localizam nas bases de algumas vertentes presentes no Parque. Esta unidade, em média, acompanha elevações de 350m. No PESAM, as Escarpas são os divisores da Planície Fluvial das Vertentes.

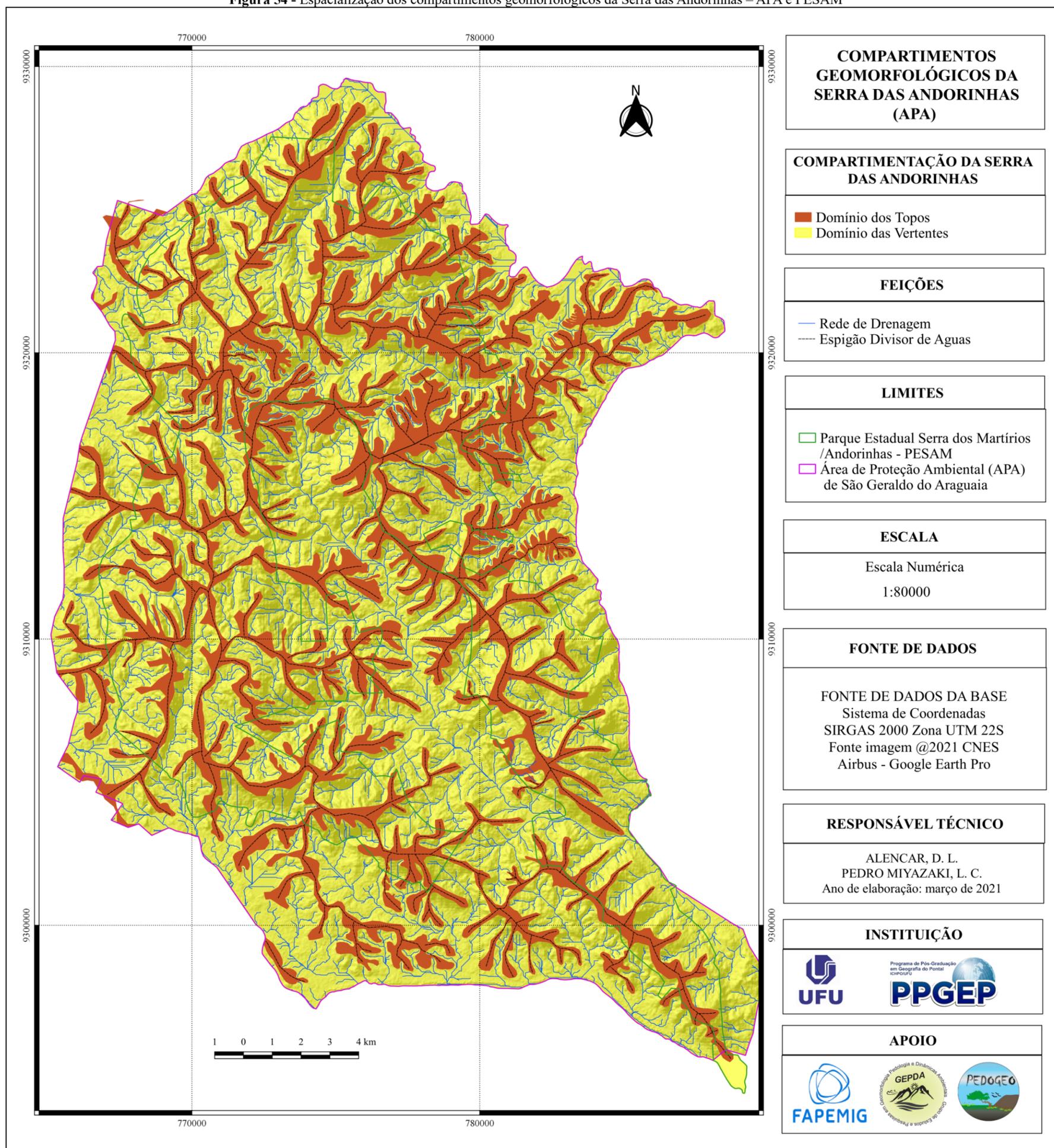
- **Vertente** – Áreas mais rebaixadas do Planalto, de modo geral, são elevações que sofreram grandes drenagens provocadas pela ação da água. Estão presentes em altitudes medias de 400m.

- **Platô** – Superfície mais elevada com níveis altimétricos em torno de 500 a 600m, onde encontra-se, sobretudo, a vegetação do cerrado campo sujo.

Os relevos são formados a partir das dinâmicas de forças internas (endógenas) e externas (exógenas) da terra, que estão constantemente em processo ativo e dinâmico com os condicionantes presentes na paisagem. Externamente, as formas dos relevos se moldam e formam compartimentos que são domínios modelados a partir de dinâmicas distintas.

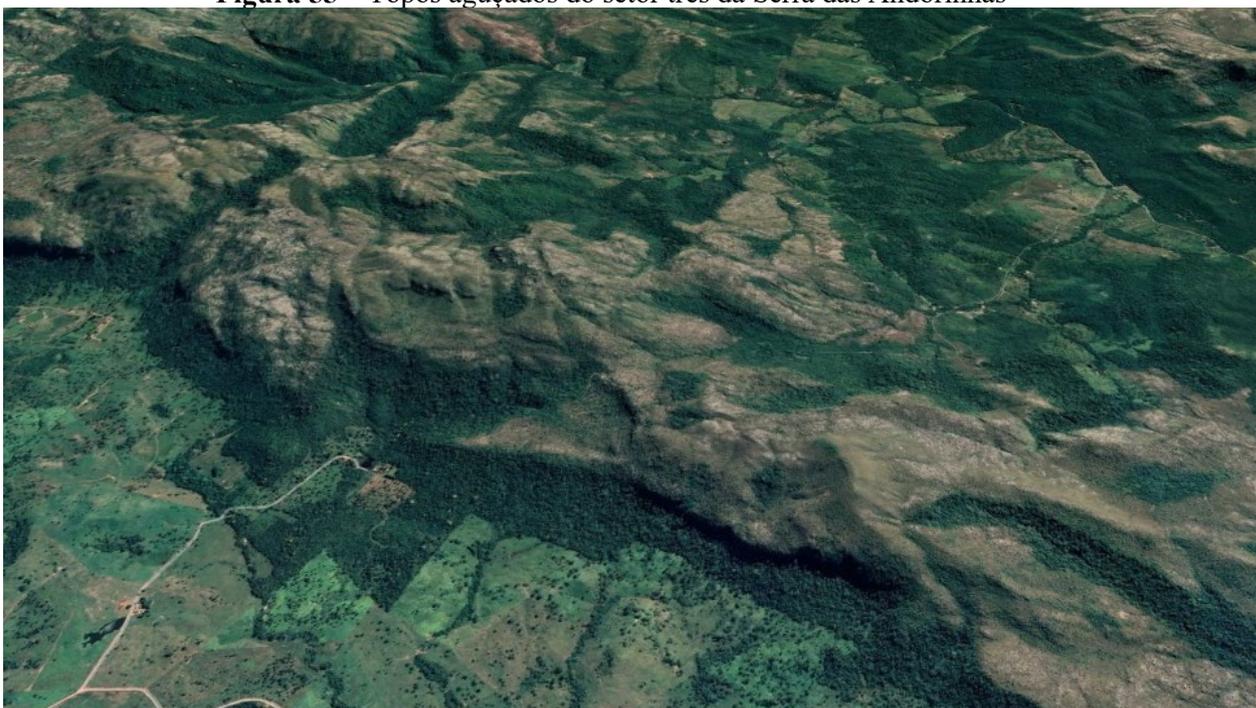
Dessa maneira foi possível espacializar os compartimentos geomorfológicos que engloba a Área de Proteção Ambiental, o PESAM e Serra das Andorinhas (Figura 54), sendo identificados os domínios dos topos e vertentes, além dos fundos de vale da rede hidrográfica.

Figura 54 - Espacialização dos compartimentos geomorfológicos da Serra das Andorinhas – APA e PESAM



Os domínios dos topos são as áreas mais elevadas da Serra das Andorinhas, contemplando os limites territoriais do PESAM, formando duas morfologias distintas, sendo identificados como domínio dos topos aguçados e domínio dos topos planos. Os topos aguçados são elevações de topos estreitos (Figura 55) formados a partir de erosões intensas em litologias menos resistentes.

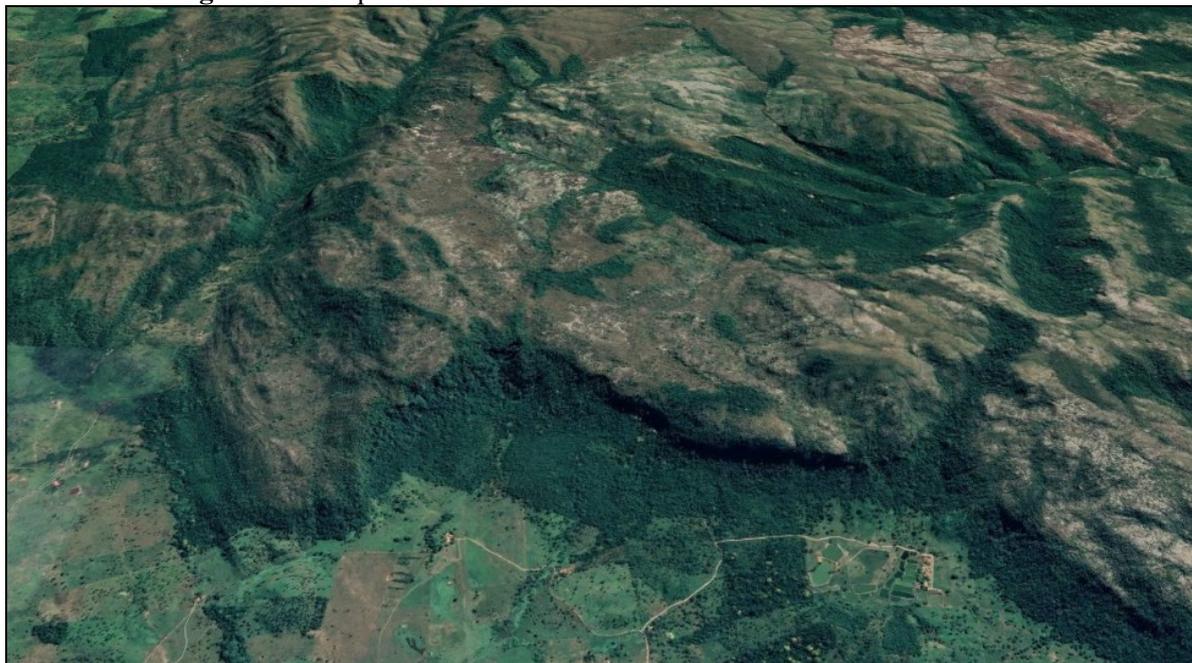
Figura 55 – Topos aguçados do setor três da Serra das Andorinhas



Fonte: Google Earth, 2021

Os topos planos são áreas elevadas que formam um platô (Figura 56), geralmente possuindo uma extensa área plana ou suavemente ondulada permitindo na área do PESAM a permanência de vegetações savânicas. Este tipo de topo possui intensa erosão nas suas bordas geralmente acompanhada de escarpas e áreas inclinadas.

Figura 56 – Topos Panos de Platô do Setor Um da Serra das Andorinhas

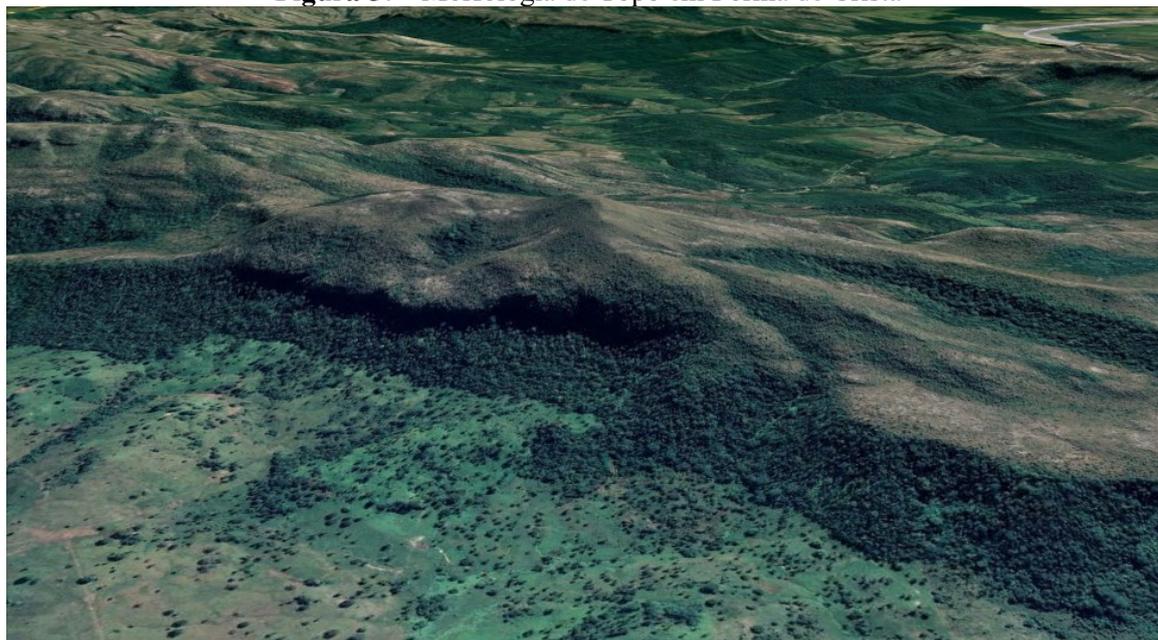


Fonte: Google Earth, 2021

Neste compartimento é possível identificar estruturas ruiformes resultantes da dissecação sofrida ao longo de sua história geológica, sendo consideradas formas individuais esculpidas.

Outro aspecto importante quanto a morfologia dos topos da Serra das Andorinhas refere-se aos locais em forma de cristas, apresentando topos mais estreitos e aguçados, como pode ser observado a seguir (Figura 57).

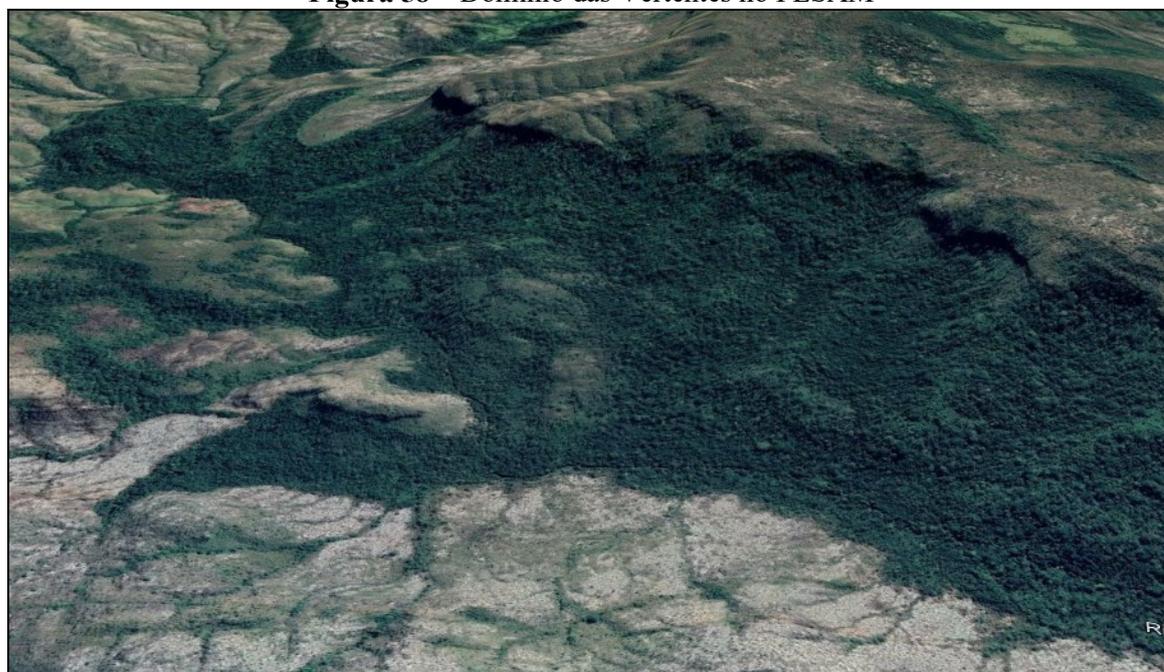
Figura 57 - Morfologia de Topo em Forma de Crista



Fonte: Google Earth, 2021

O domínio das vertentes (Figura 58) são as áreas inclinadas presentes nas divisas entre o PESAM e a APA, são as áreas mais acentuadas do relevo e as que possuem maiores dinâmicas de erosão e transposição de energia de dos topos as planícies.

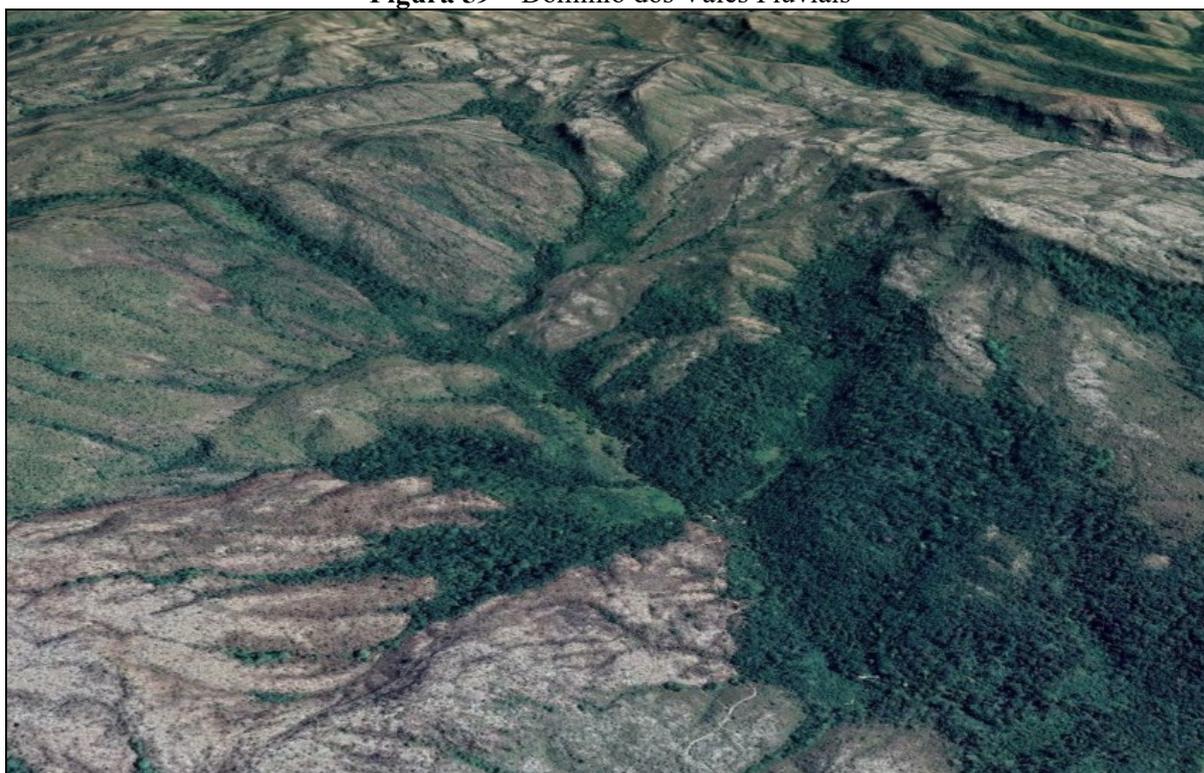
Figura 58 – Domínio das Vertentes no PESAM



Fonte: Google Earth, 2021

Nas áreas das UCs os domínios presentes são os vales fluviais (Figura 59), domínios dos terraços fluviais do Araguaia, domínios das vertentes e domínios dos topos. Os vales fluviais estão presentes no PESAM e são áreas em V localizados entre duas áreas elevadas e em leito fluvial. Os vales geralmente possuem área vegetada e é onde abriga diversos animais que utilizam a área para se alimentar e se hidratar.

Figura 59 – Domínio dos Vales Fluviais



Fonte: Google Earth, 2021

Os domínios dos terraços fluviais Araguaia (Figura 60) são áreas planas ou suavemente onduladas formadas nas proximidades do rio Araguaia. Este domínio foi modelado ao longo dos anos pelo rio Araguaia e pelo clima, permitindo áreas propícias para ocupação humana com solos férteis e novos canais fluviais.

Figura 60 – Domínios dos Terraços Fluviais

Fonte: Google Earth, 2021

Os Segundo AB'Saber (1977) a “topografia ruiformes são heranças de processos geológicos e geomorfológicos, mais ou menos complexos, que se enquadram na categoria das paisagens de exceção”. No Brasil, os relevos ruiformes em sua grande maioria, estão vinculadas a determinados morros testemunhos areníticos, estando enquadrado geológico e geomorfologicamente (AB'SABER, 1977). No PESAM é possível encontrar diversas áreas de relevo ruiformes, como a Casa de Pedra (Figura 61), Paredão das Orquídeas, cachoeira Garganta do Diabo entre outros lugares.

Figura 61 - Relevos Ruiniformes Casa de Pedra - PESAM



Foto: Alencar, 2018

Cada forma singular expressada nas UCs resultando em diversas dinâmicas possibilitando uma gama de paisagens singulares e com expressivos elementos geomorfológicos. Tais expressões apresentadas nos relevos são somadas com outros agentes abióticos da paisagem podendo ser considerados um Geomorfossítio, que é o que vamos abordar na sequência.

***5. A CAVERNA QUARTIZÍTICA
SERRA DAS ANDORINHAS E SUA
IDENTIFICAÇÃO QUANTO UM
GEOMORFOSSITIO***

É sabido que dentro do PESAM e da APA existe uma gama de cavernas e outras expressões endocarste e exocarstes que podem ser consideradas como áreas de interesse quanto Geomorfofossítio. Para que estas áreas sejam de fato constatadas como de fato um Geomorfofossítio, deve-se fazer um levantamento de suas características físicas e levantamento de atribuição de valores para mensurar sua real potencialidade enquanto área de interesse e valor.

No caso da caverna Serra das Andorinhas, foi feito neste ponto do trabalho, uma apresentação de suas potencialidades físicas para que possamos constata-la como um Geomorfofossítio.

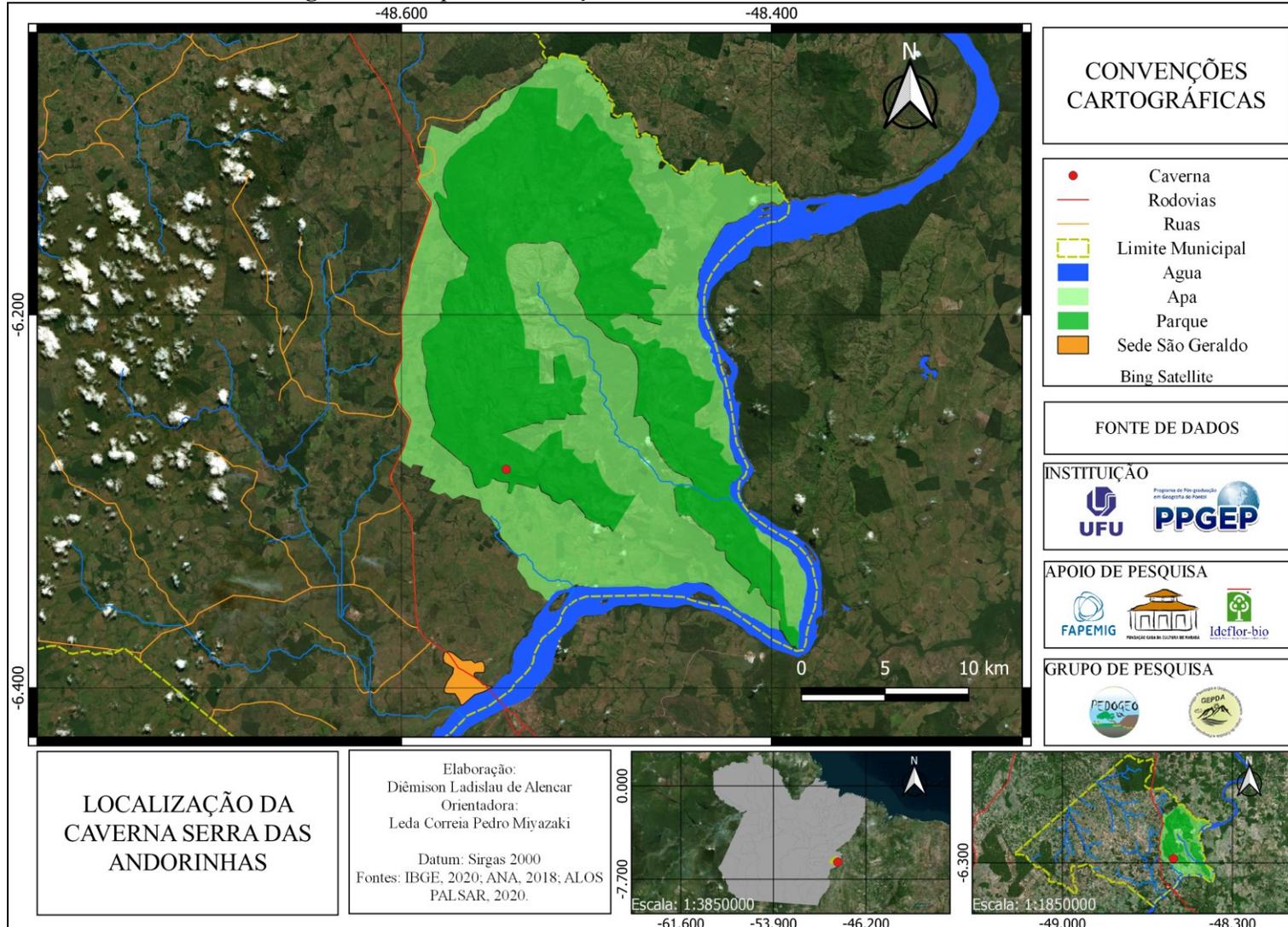
5.1. Localização e Acesso a Caverna da Serra das Andorinhas

A composição litológica da área e sua história geológica resultou em uma morfoescultura que “apresenta inúmeros abrigos e cavernas que, associados às estruturas ruiformes (como portais, janelas, galerias, torres ...), dão um aspecto labiríntico à área” (KERN et. Al., 1992 *apud* ATZINGEN, SCHERER, FURTADO, 2007 p. 23).

A caverna da Serra das Andorinhas encontra-se localizada na porção sudoeste¹² do PESAM, nas coordenadas 6°16'55.96" S e 48°32'35.09" O (Figura 62), no compartimento geomorfológico identificado como domínio das vertentes marcada por uma declividade acentuada característica das vertentes litólicas.

¹² Considerando como ponto de referência a área central do PESAM e Serra.

Figura 62 - Mapa de localização e acesso a Caverna Serra das Andorinhas



Elaborado por: Alencar, 2021

Em relação ao acesso ao interior da caverna, esta possui quatro entradas, sendo a principal localizada em área escarpada com entrada de altura superior a 15 metros, e um grande e espaçoso corredor que diminui seu tamanho na metade do percurso rumo a segunda estrada. A Figura 63 mostra a entrada principal da caverna vista pelo ângulo interno e externo.

Figura 63 – Entrada principal da Caverna Serra das Andorinhas



Fonte: CaveGIS, 2019.

A segunda, terceira e quarta entradas da caverna estão localizadas no platô da serra, seguindo direções opostas a primeira. Comparado a entrada principal, estas três entradas são menores e com desníveis do piso mais acentuado. No lado externo estão presentes vegetações abertas, com presença de afloramentos rochosos, solos expostos com focos de arbustos e

gramíneas ao redor e em todo platô. A Figura 64 mostra, do lado de fora, uma das entradas que dão acesso ao platô da serra.

Figura 64 – Entrada Superior da Caverna Serra das Andorinhas



Fonte: Guimarães, 2018.

Para chegar na caverna, deve-se ir pela BR-153 rumo a cidade de São Geraldo do Araguaia para chegar em uma estrada não pavimentada que dá acesso ao PESAM e APA, as coordenadas da estrada “de chão” (termo utilizado a estradas não pavimentadas) são $6^{\circ}19'10.80''S$ e $48^{\circ}35'38.88''O$. Ao acessar a estrada de chão, o percurso rumo a caverna Serra das Andorinhas é de 11,4 km, perpassando por algumas residências de pessoas que moram na APA e que vão nos informando para qual percurso devemos seguir para chegar no local desejado.

Ao chegar na base do relevo que dá acesso a caverna, deve-se deixar o veículo estacionado nas margens da estrada, não havendo como chegar na boca da caverna. Na sequência, deve-se fazer uma trilha com cerca de 1,4 km com variação de relevo plano e íngreme em floresta densa.

Figura 65 – Estrada de acesso a caverna Serra das Andorinhas



Fonte: Google Earth, 2021

Com relação a alojamento, o local mais próximo fica na cidade de São Geraldo do Araguaia, onde pode (com solicitação prévia) se alojar na sede do instituto responsável pela gestão das UCs (Ideflor-Bio) ou se hospedar em algum dos hotéis presente na cidade.

5.2. Gênese e Aspectos Litológicos Encontrados na Caverna Serra das Andorinhas

Com localização SO do Parque Estadual Serra dos Martírios/Andorinhas, a Caverna Serra das Andorinhas tem litologia quartizítica originada da Formação Morro do Campo, contendo extensão interna de mais de 1000 m de desenvolvimento com estruturas em direções NO-SE e NE-SO (CAVEGIS, 2019). Este enquadramento segue as especificações do IBAMA (1990), no qual estabelece que a caverna é uma cavidade natural subterrânea, o que enquadra todo e qualquer espaço subterrâneo penetrável pelo ser humano, com ou sem abertura identificada, cujas características do ambiente envolvem minerais e uma rede hídrica, a fauna e a flora, corpos rochosos, sendo sua formação exclusivamente oriunda de processos naturais contemplando qualquer tipo de rocha encaixante e dimensões variadas, como por exemplos de termos regionais as cavernas podem ser chamadas de gruta, lapa, toca, abismo, furna, buraco, etc.

Vale frisar que grutas ou as lapas, por exemplo, são tipos de cavernas, que variam conforme o seu tamanho (comprimento, altura e largura), a topografia e forma, sendo que são

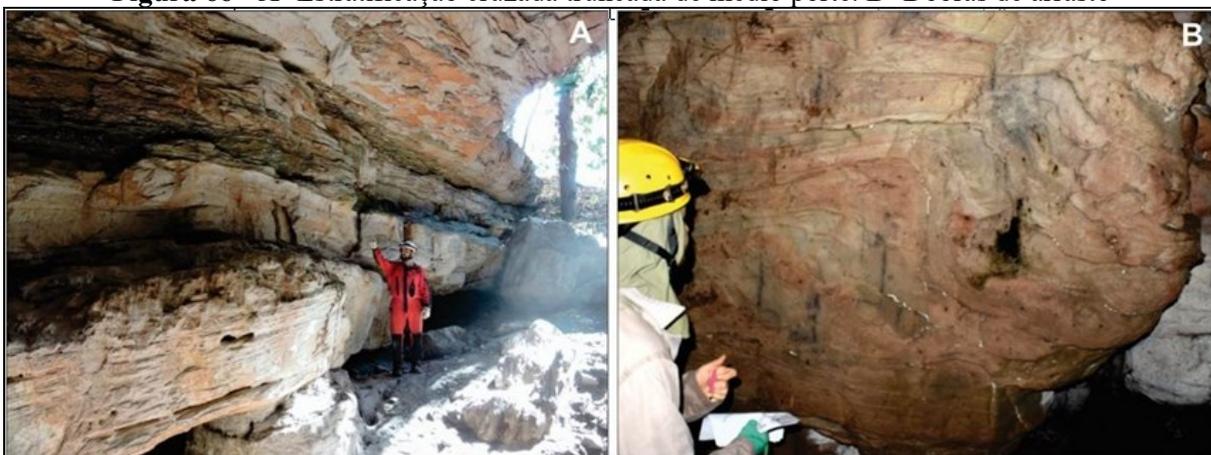
cavidades horizontais que atingem 20 metros de comprimento, podendo apresentar desníveis e salões.

Neste estudo, por se tratar de uma caverna desenvolvida em um ambiente predominantemente composto por rochas quartzíticas, empregou-se um referencial teórico-metodológico de uma paisagem cárstica não tradicional, que mesmo apresentando uma litologia resistente tem sofrido ao longo do tempo geológico um processo de intemperização de ordem química, isso devido a algumas condições específicas que a deixa susceptível a dissolução, por exemplo.

Essa concepção é encontrada nos trabalhos de Hardt e Pinto (2009), Massuqueto, Guimarães e Pontes (2011), Bento (2014), sendo comum o uso de carste tradicional em casos de cavidades e morfologias oriundas de rochas carbonáticas e carste não tradicional para as demais rochas como as siliciclásticas.

Pode-se encontrar no interior da Caverna Serra das Andorinhas rochas do tipo moscovita e quartzito de coloração esbranquiçada de granulação que vai de fina a média. A área apresenta estruturas sedimentares preservadas com algumas estratificações cruzadas truncadas de médio porte (Figura 66a) contendo também dobras de arrasto (Figura 66b).

Figura 66 - A- Estratificação cruzada truncada de médio porte. B- Dobras de arrasto



Fonte: CaveGIS, 2018

O quartzito da caverna se intercala com camadas de xistos (Figura 66a), tendo coloração cinza-esverdeada com fina granulação, mesclada com muscovita-clorita-quartzito xisto (CAVEGIS, 2019).

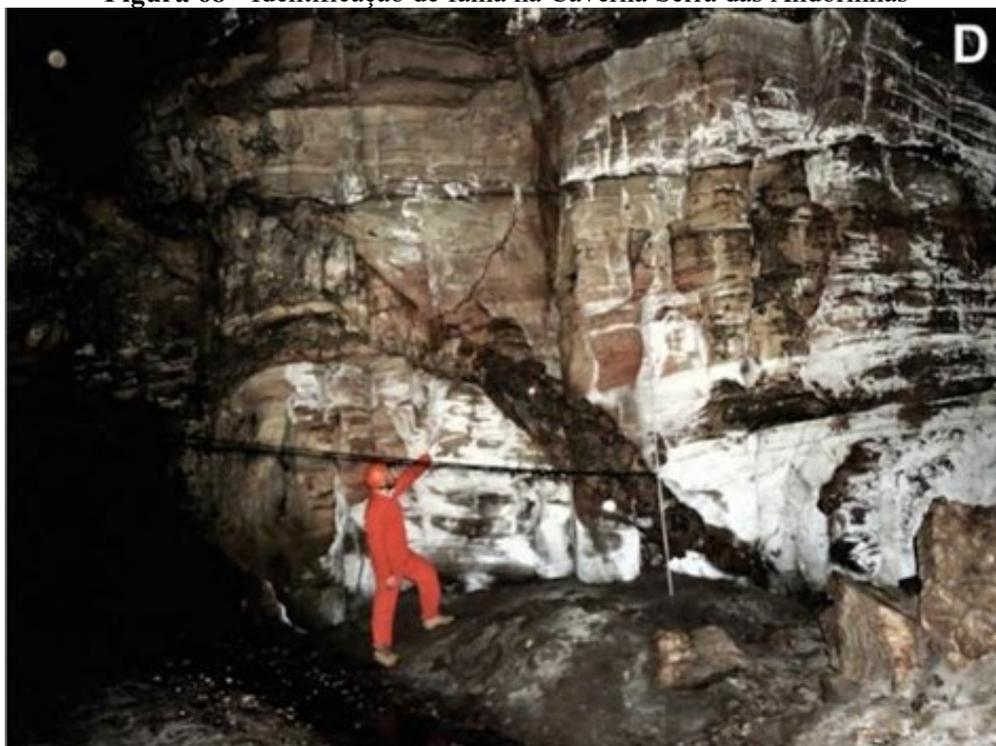
Sendo controlada por estruturas rúpteis, a caverna possui falhas e fraturas desenvolvidas em direção NO/SE e NE/SO (Figura 67), trazendo desenvolvimento linear da caverna.

Figura 67 - Identificação de falhas e fraturas na Caverna Serra das Andorinhas



Fonte: CaveGIS, 2018

Figura 68 - Identificação de falha na Caverna Serra das Andorinhas



Fonte: CaveGIS, 2018

A gênese que deu origem a Caverna Serra das Andorinhas está relacionada a ação dos fluxos de água cujas características são mais lentas e ácidas devido ao acúmulo de matéria orgânica¹³. Essa água infiltra e percola o solo até atingir a rocha matriz, o quartzito, percorrendo pontos de fraqueza litológica, tais como as fraturas e falhas existentes. Por meio desses condutos a água em contato com a rocha desencadeia um processo geoquímico provocando a dissolução da sílica (quartzo) e demais minerais presentes.

As zonas de descontinuidade das rochas facilitam a percolação e a circulação da água oriunda da chuva e da rede hidrográficas, isso acontece por meio dos condutos que exerce um papel fundamental na formação das feições geomorfológicas e espeleotemas da Caverna Serra das Andorinhas.

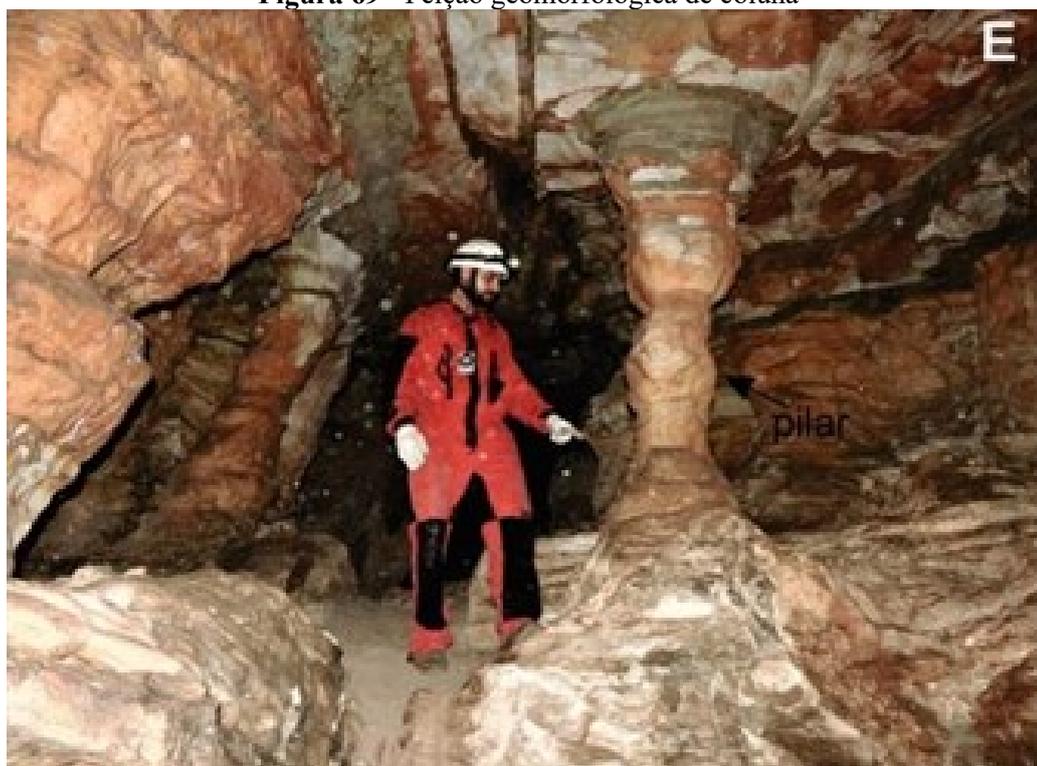
Essa dinâmica decorrente da dissolução que ocorre na rocha e dá origem aos canalículos e posteriormente aos condutos, tende a ser mais intensa em locais que apresentam uma resistência menor ao processo de dissolução. Nesses locais desenvolveram-se as galerias, morfologia desenvolvida a partir do alargamento e interligação dos canalículos menores, também é possível verificar que a gênese ocorre por intemperismo mecânico, no caso da ação química seguida pela ação da gravidade, quando um bloco se desprende das paredes ou teto da caverna, caracterizando o abatimento de blocos, feição mapeada na Caverna Serra das Andorinhas.

A seguir foram identificadas e registradas feições geomorfológicas na área de estudo, para facilitar a identificação e exaltar o potencial da Caverna Serra das Andorinhas quanto um Geomorfofóssito importante de ser protegido no PESAM.

5.3. Feições Geomorfológicas Encontradas na Caverna Serra das Andorinhas

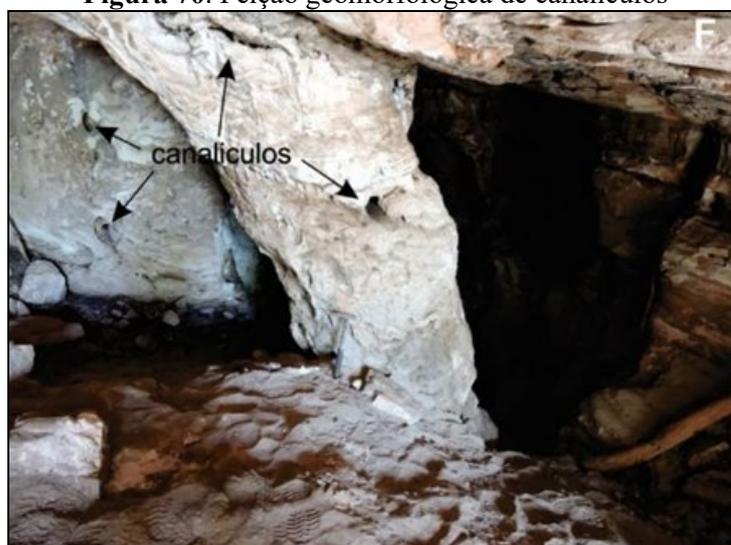
As principais estruturas da caverna são as macrofeições (feições de grande porte como colunas e pilares), apresentados na Figura 69. A coluna se forma quando há frequência de gotejamento alta, não havendo tempo para depositar na estalactite toda a carga mineral contida na gota. A gota atinge o solo e dá origem a estalagmites. Com o tempo, ao se desenvolverem, as estalagmites e estalactites se unem e criam o espeleotema denominado coluna (ICMBio, 2011).

¹³ Lembrando que o índice pluviométrico na região é de em média 2.000 mm anuais.

Figura 69 - Feição geomorfológica de coluna

Fonte: CaveGIS, 2018

Também foram identificados os microfieções (fieções de pequeno porte), sendo essas os microcanais de drenagens (canalículos), apresentados na Figura 70 (CAVEGIS, 2019). Também é possível encontrar microespeleotemas (microescorrimento, coraloides, microestalactites, microestalagmites) formados a partir de processos químicos ocorridos dentro da caverna.

Figura 70. Feição geomorfológica de canalículos

Fonte: CaveGIS, 2018

É importante ressaltar que a presença dessas macros e microfeições comprovam que o processo de dissolução de rochas quartzíticas ocorrem e ainda estão ocorrendo, tanto na própria Caverna da Serra das Andorinhas, quanto nas demais cavernas existentes no PESAM e na APA Araguaia.

5.4. Espacialização da Caverna das Serras das Andorinhas

Conforme dados do Plano de Manejo das UCs, a caverna Serra das Andorinhas é uma caverna subsuperficial na qual possui 1.100 metros de desenvolvimento interno. Possui cerca de 25 salões de tamanhos, alturas e morfologias diversas. A Figura 71 mostra o mapa representativo da caverna.

Conforme o Relatório do Projeto de Zoneamento Espeleológico de 2019, a caverna contém dois salões principais que seguem direção NE-SO (salão A) e NO-SE (salão B), contendo também salões menores das mais diversas direções (Figura 71). Encontra-se no salão A na direção 225° Az, que vai de encontro a estrutura principal da rocha encaixante com direção da foliação NO-SE. O salão A possui 93 m de extensão com largura máxima de 9 m, possuindo duas entradas (ao SO e NE). Já o salão B tem cerca de 70 m de desenvolvimento rumo NO (CAVEGIS, 2019).

É comum aparecer dentro da caverna ressurgências perenes e sazonais, além de ravinas e sumidouros que atuam no processo erosivo. Nas áreas de forte estrutura (salões de degraus, salões dos morcegos e de salão B) possuem blocos abatidos (apresentados na Figura 48). As áreas próximas a superfície elevada apresentam quartzitos mais friáveis, resultantes dos processos intempéricos (CAVEGIS, 2019).

É possível observar no mapa que a Caverna da Serra das Andorinhas possui três “andares” com diferentes morfologias e espeleotemas, que se formaram a partir da ação geoquímica da água em contato com a rocha formando um emaranhado de condutos, que evoluíram de forma diferenciada formando cavidades de morfologias diferenciadas como os salões, condutos de tamanhos variados etc.

A presença marcante de estruturas rúpteis (com ênfase nas fraturas) são responsáveis pela morfologia da caverna, observe que a presença dos lineamentos, juntamente com ação do intemperismo químico permitiu o desenvolvimento da caverna que resultou em três pavimentos (andares) com formas variadas de condutos e salões. Existem locais com a presença de água percorrendo o interior da caverna, mapeadas como pontos de surgência e locais sumidouros identificados como insurgência.

5.5. Enquadramento da Caverna Serras das Andorinhas Quanto um Geomorfofóssito

Na inventariação da caverna, foi possível enquadrá-la considerando o tipo de local ‘em área’ de categoria cárstica. Esta definição se firma devido aos processos do entorno (como canais de drenagens, dinâmica migratória de animais, extensão de falhamentos e fraturas) que vão contribuindo com a dinâmica da caverna. Se firma também a partir dos processos do endocarste que criam estruturas, ambientes e paisagens de importância geomorfológica e geológica. A Figura 72 mostra um exemplo e atuação externa contribuindo nos processos internos da caverna.

Figura 72 – Gotejamento Infiltrado em Fratura



Foto: Guimarães, 2018.

Os processos externos, como infiltração da água, possibilitam através do fluxo contínuo a expansão interna de salões e galerias da caverna, formando uma dinâmica lenta, porém com frequência de troca de energia do exocarste com o endocarste. Esta troca permite com a evolução da caverna, novas feições geomorfológicas e geológicas que vão agregando valor.

Pereira (2006) afirma que o valor científico de um geomorfossítio tem como princípios fundamentais: primeiramente, sua relação a ciência geomorfológica, que vem através da quantidade e da qualidade dos trabalhos realizados no local, podendo ser sobre processos geomorfológicos e geológicos passados e presentes em atividade; e seu potencial na utilização enquanto processo didático, como de didatização do conhecimento científico para público diverso.

Desde o seu registro pelo Grupo Espeleológico de Marabá (GEM), a caverna Serra das Andorinhas vem sendo estudada por instituições de ensino superior (pelos cursos de geologia, geografia e biologia), Fundação Casa de Cultura de Marabá, Ideflor bio e por integrantes do GEM. A caverna ainda tem possibilidade de realizar diversos estudos, principalmente os de caráter geomorfológico e cárstico.

Recentemente, em específico no ano de 2020, a parceria do Ideflor bio (representado pelo biólogo Maricélio Guimarães), Projeto CaveGis (sob ação de Abraão Levi, Maria Rita Vidal e Diêmison Alencar) e Fundação Casa da Cultura de Marabá, conseguiram o feito de reconhecê-la internacionalmente como Sítio de Importância para Conservação dos Morcegos (SINCOM) pela Rede Latino-americana e do Caribe para Conservação dos Morcegos.

A entrada principal da caverna Serra das Andorinhas está localizada numa área de extensas escarpas que vão, verticalmente, desde a base da caverna até o platô do relevo (como mostrado na Figura 73), o que confere grau de grande valor para estudos geomorfológicos.

Figura 73 – Entrada principal da caverna Serra das Andorinhas

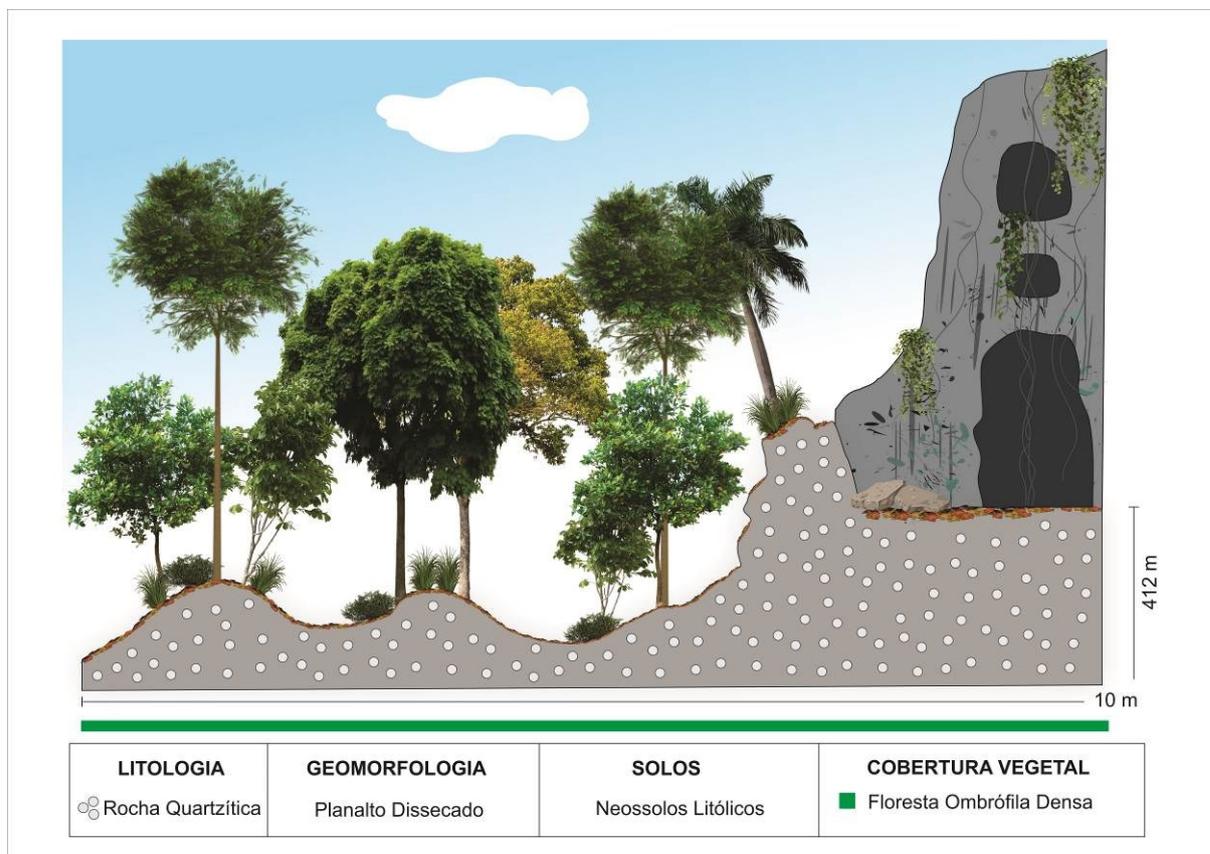


Foto: Alencar, 2018.

Ao que diz respeito ao valor didático associado ao valor científico, segundo Vieira e Cunha (2004), o valor didático possui a função de transpor o conhecimento técnico e científico de modo didático e simplificado, expressando as diversas geoformas com cunho científico, mas com potencial didático.

A feição geomorfológica apresentada, na entrada da caverna, pode ser representada, didaticamente, em forma de perfil, expressando os principais manifestos não só do relevo, mas também dos diversos agentes que contém na paisagem captada no limite da visão. Como mostrado na Figura 74, criado como proposta de representação visual do projeto CaveGis (2018).

Figura 74 – Perfil Didático Representativo da Entrada da Caverna Serra das Andorinhas

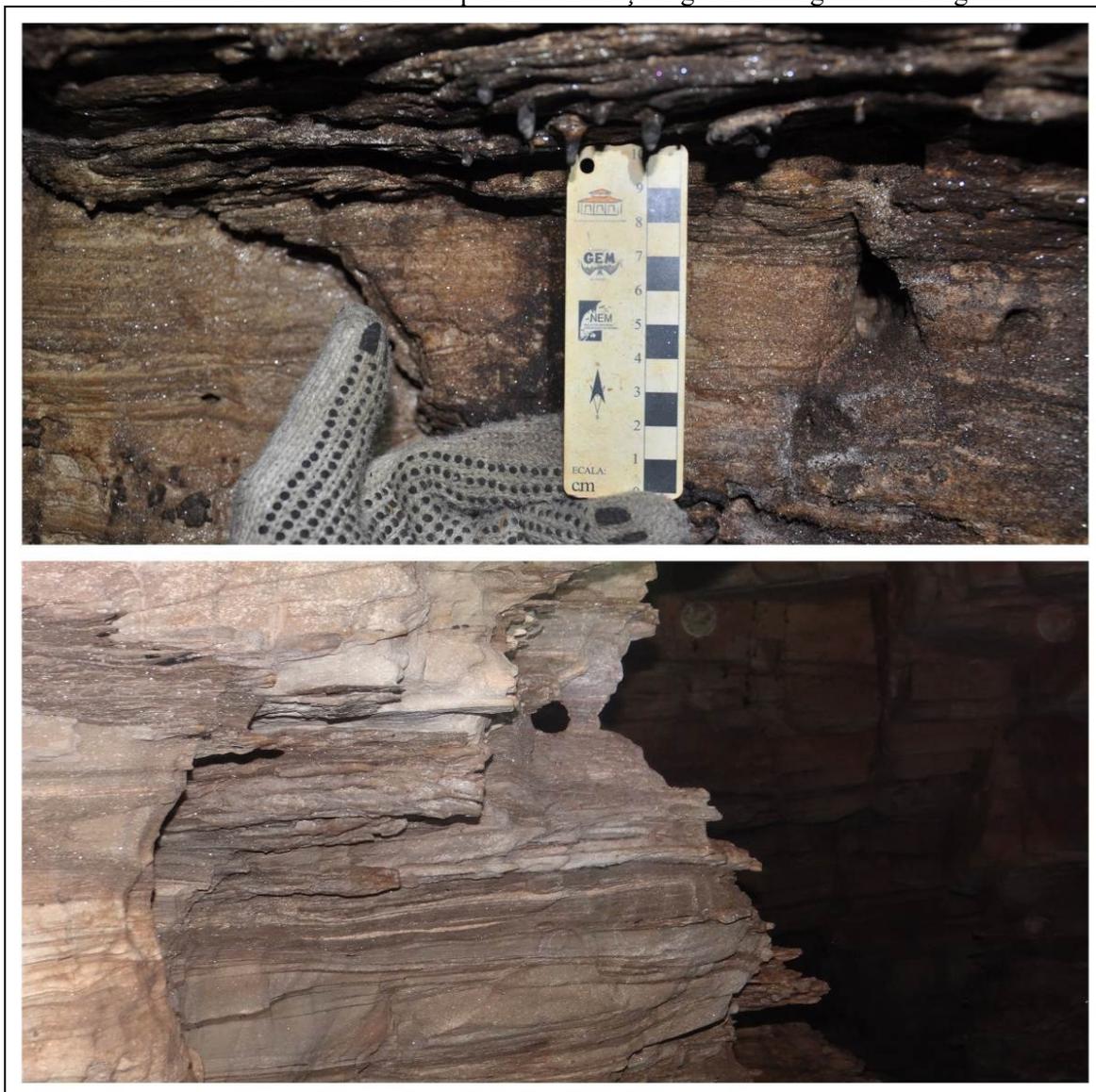


Fonte: Alencar, 2018.

Até mesmo a entrada principal da caverna, por ser uma área ampla e espaçosa, expressa por si só as principais características existentes em uma caverna (como espeleotemas, fraturas, gotejamentos, invertebrados etc) de modo didático, podendo também ser observados sem gerar grandes impactos.

Os valores ecológicos se apresentam a partir da influência mútua da geomorfologia com a ecologia, interagindo entre si como forma determinar o processo de ambos (PEREIRA, 2006). Os principais exemplos sobre esse valor são os relevos cársticos, contendo diversas expressões formadas a partir de relações diretas aos processos ecológicos. Como mostrado na Figura 75.

Figura 75 – Exemplos de Geofomas de Valor Ecológico: A parte de cima do mosaico representa os espeleotemas, em específico a micro estalactite, que são formações minerais formadas a partir do gotejamento por meio de fendas escorrendo pelo teto; e a de baixo representa as expressões deformadas das áreas cársticas a partir de interações geomorfológicas e ecológicas.



Fotos: FCCM, 2018.

Os valores culturais são descritos por Pereira (2006) como áreas que detêm expressões artísticas, podendo ser pinturas, músicas, elementos etnológicos, forma literária ou acontecimentos históricos importantes para a sociedade. Por não conter atributos suficientes que representam os valores culturais, o geomorfossítio tem valor muito baixo neste aspecto.

Por mais que seja um valor de caráter subjetivo e pessoal, o valor estético traduz geofomas que expressam paisagem de elevada beleza natural (podendo ter elementos culturais) que despertam vislumbre visual de quem contempla a paisagem do geomorfossítio (PEREIRA, 2006).

A caverna Serra das Andorinhas possui atributos que se enquadram enquanto geoformas de valor estético. Um exemplo está apresentado na entrada secundária da caverna que dá acesso ao platô do relevo, permitindo uma visualização panorâmica da vertente do parque, das planícies presentes na APA, além de visualizar parte do município de São Geraldo do Araguaia e do Rio Araguaia (Figura 76).

Figura 76 – Vista da APA e Rio Araguaia - Valor Estético



Fotos: Guimarães, 2018.

Com relação aos valores estéticos dentro da caverna, temos as feições formadas com quartzo-moscovita que foram modeladas em dinâmica com a água, formando paredes com aspectos rústicos, desenvolvendo labirintos com colunas, andares e diversos níveis do teto que dão a cada corredor, galeria e salão uma estética distinta.

Figura 77 – Feições internas da Caverna Serra das Andorinhas

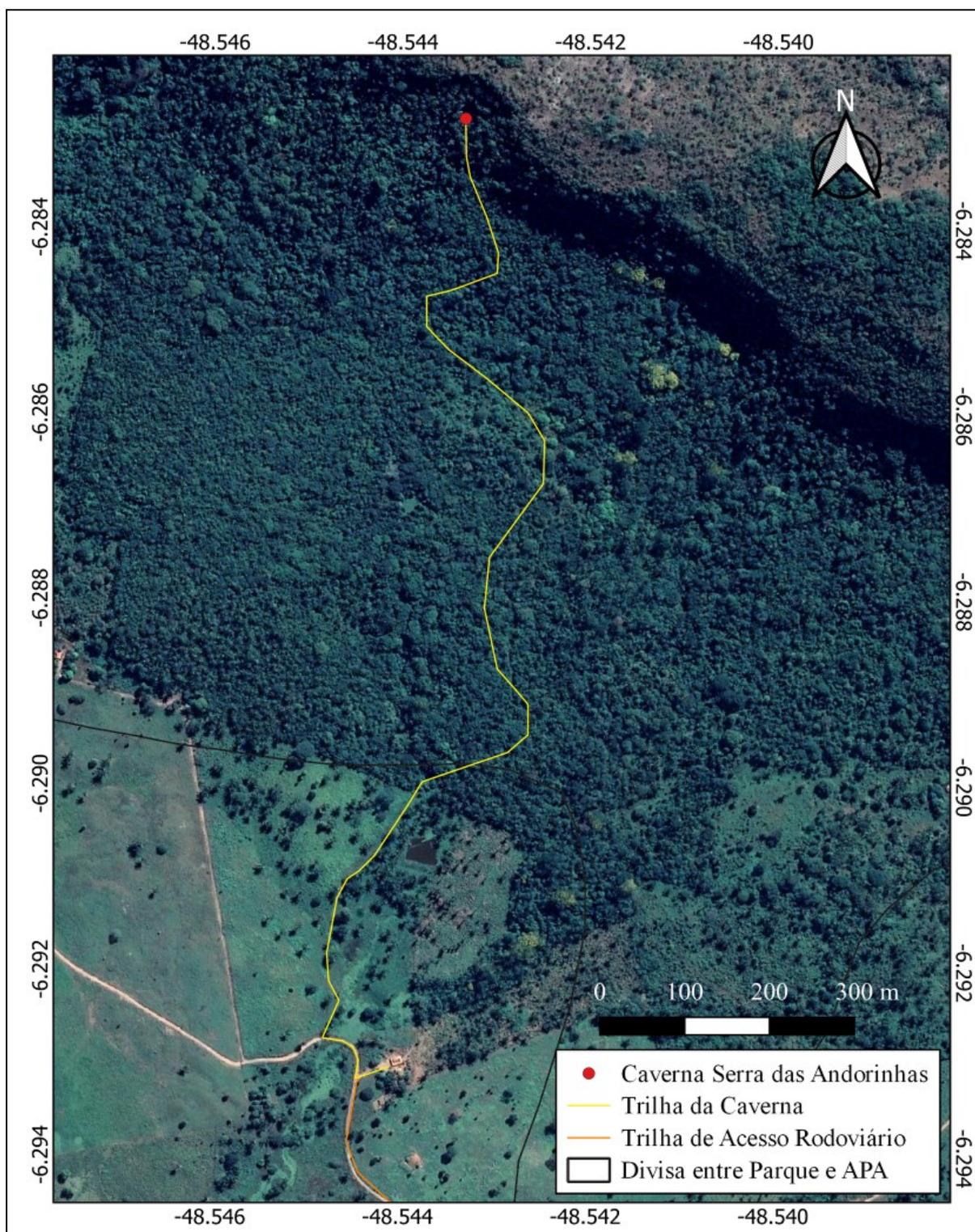


Fotos: Alencar, 2020.

Após o levantamento de avaliação dos valores de interesse geomorfológico, o próximo passo diz respeito sobre o potencial de uso, sendo representada pela descrição da acessibilidade e viabilidade de acesso ao geomorfossítio.

O acesso a caverna se dá através de uma trilha improvisada, com extensão de 1,4 km de trilha com nível gradual de dificuldade que aumenta na medida em que vai se aproximando do destino final. A Figura 78 mostra o percurso executado para chegar na caverna.

Figura 78 – Carta Imagem da Trilha de Acesso a Caverna

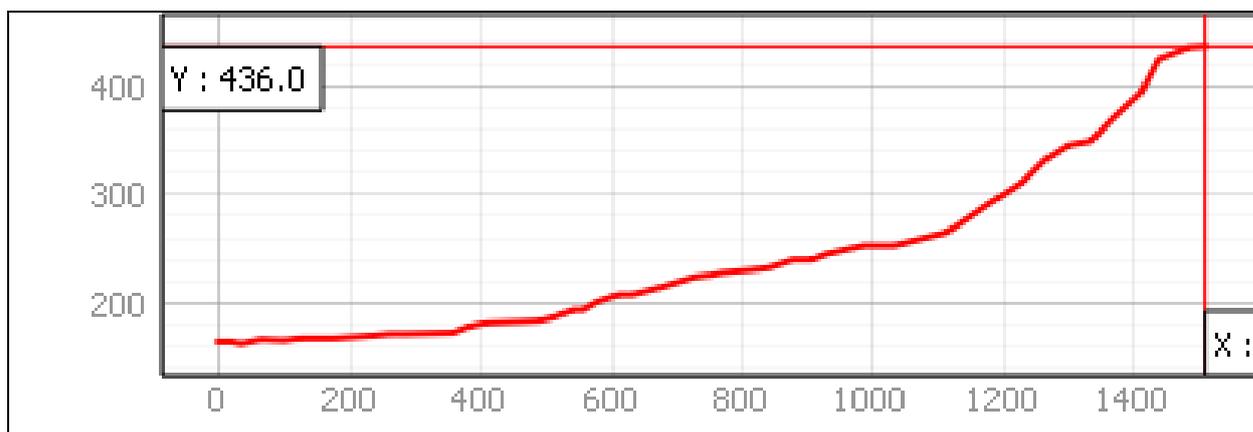


Fonte: Alencar, 2021.

As condições da trilha que dá acesso ao geomorfossítio foram descritas como muito difícil no quesito acessibilidade, porém as condições de acesso tornam o local de viabilidade moderada para um grupo adulto de até 10 pessoas. A inclinação da trilha vai acentuando

conforme seguindo rumo a caverna (Figura 79), perpassando por mata fechada, trilhas estreitas, áreas escorregadias, e em alguns pontos, margeando escarpas com risco de abatimento de blocos rochosos.

Figura 79 – Inclinação da Trilha ao Longo do Percurso Rumo a Caverna



Fonte: Alencar, 2021.

O inventariado com a avaliação e potencial de uso da caverna Serra da Andorinhas mostram grandes índices que validam o geomorfossítio enquanto área que necessita de proteção e planejamento para uma geoconservação.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após a discussão dos resultados da avaliação do potencial do geomorfossítio da caverna Serra das Andorinhas, tem-se, a seguir, algumas considerações relevantes sobre a temática abordada.

Por mais que a avaliação qualitativa tenha uma análise subjetiva (levando em consideração a visão do pesquisador) dos valores a serem mensurados, buscou-se justificar e descrever sempre o porquê de cada nível de valor preenchido na ficha. Acredita-se que é importante, nas análises de locais dos geomorfossítios, terem considerações de abordagens numéricas e subjetivas, porém buscando finalidades objetivas.

A metodologia de inventariação proposta por Pereira (2006) foi desenvolvida com êxito após realizar adaptações voltadas a realidade da área estudada, acreditando sempre que as metodologias seguidas por autores referentes devem ser adaptadas conforme o desenvolvimento dos trabalhos científicos.

A elaboração dessa dissertação é um trabalho inicial acerca da avaliação dos geomorfossítios do Parque Estadual Serra dos Martírios/Andorinhas e Área de Proteção Ambiental do Araguaia. Apesar de todas as adversidades e contratempos ocorridos ao longo desta pesquisa, o trabalho conseguiu alcançar os objetivos propostos.

Espera-se que este trabalho possa contribuir com a visibilidade do geomorfossítio estudado e com a importância dos estudos voltados a valorização do patrimônio geomorfológico para que, assim, possa ter mais amparo dos órgãos públicos e da sociedade de modo geral em busca de uma geoconservação.

Com medida visando a geoconservação e manejo do geomorfossítio, encaminha-se que, inicialmente, a criação de roteiro de trilha rumo a caverna será a solução imediata mais viável, tendo em seu roteiro painéis informativos sobre informações da trilha, paisagens existentes na área, possíveis riscos e informações da paisagem interna da caverna possibilitando informações diversas aos visitantes que irão frequentá-la.

Os estudos voltados aos geomorfossítios possibilitam apontamentos para criação de estratégias que visem a proteção e acesso sustentável as áreas de interesse. Diminuindo o risco de possíveis acidentes e de visitas clandestinas.

O conhecimento científico voltado aos estudos geomorfológicos permitem possibilidades para uma melhor gestão e manejo das unidades de conservação. De modo geral, os estudos científicos são hoje os meios mais efetivos para uma busca de proteção ambiental.

REFERÊNCIAS

AB'SÁBER, A. N. **Topografias ruineformes no Brasil**. São Paulo, USP – Inst. Geografia, Geomorfologia, n.50, 1977, 14p.

AB'SABER, A. N. **Os Domínios de Natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo, SP: Ateliê Editorial, 2003.

ANDREYCHOUK, V.; DUBLYANSKY, Y; EZHOV, Y; LYSENIN, G., **Karst in the Earth's Crust: its distribution and principal types**. Poland: University of Silesia/ Ukrainian Academy of Sciences/ Tavrichesky National University-Ukrainian Institute of Speleology and Karstology. 2009.

ARAÚJO, M. S.; RODRIGUES, S. C. **Patrimônio Geomorfológico da Serra da Canastra-MG: Uma Abordagem Preliminar**. In. SINAGEO, PAISAGEM E GEODIVERSIDADE, XII. 2018. **Anais Eletrônico** [...] Crato-CE. Disponível em: <https://www.sinageo.org.br/2018/trabalhos/5/index.html>. Acessado em 22 de agosto de 2020.

ARRUDA, M. B. **Representatividade ecológica com base na biogeografia de biomas, ecótonos e ecorregiões continentais do Brasil – o caso do Cerrado**. Doutorado, UNB; IBAMA, Brasília. 194 p. 2005.

AULER, A.; ZOGBI, L. **Espeleologia: noções básicas**. São Paulo: Redespeleo Brasil, 2005.

AULER, A.; PILÓ, L. B. **Geoespeleologia**. In: II Curso de Espeleologia e Licenciamento Ambiental. Brasília: Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas (CECAV) / Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), 2010.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Ibama conclui mapeamento das ecorregiões brasileiras**, Informa. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/informma/item/1132-ibama-conclui-mapeamento-das-ecorregioes-brasileiras.html>. 2003. Acessado em: 06/2020;

BARBOSA, D. R. **Geoturismo, Geodiversidade E Patrimônio Geomorfológico No Trecho Sul Do Parque Estadual Da Pedra Branca (Rio De Janeiro)**. In. SINAGEO, PAISAGEM E GEODIVERSIDADE, XII. 2018. **Anais Eletrônico** [...] Crato-CE. Disponível em: <https://www.sinageo.org.br/2018/trabalhos/5/index.html>. Acessado em 22 de agosto de 2020.

BENTO, L. C. M. **Potencial Geoturístico das Quedas D'água de Indianópolis/MG**. 144p. Dissertação. Mestrado em Geografia. Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia-MG. 2010.

BENTO, L. C. M. **Parque Estadual do Ibitipoca/MG: potencial geoturístico e proposta de leitura do seu geopatrimônio por meio da interpretação ambiental.** 191p. Tese. Doutorado em Geografia. Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia-MG. 2014.

BERTRAND, G. **Paisagem e Geografia Física Global: esboço metodológico.** R. RA'E GA, Curitiba, n. 8, p. 141-152, 2004. Editora UFPR. Disponível em: <http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs2/index.php/raega>. <https://doi.org/10.5380/raega.v8i0.3389>

BORBA, A. W. **Geodiversidade e geopatrimônio como bases para estratégias de geoconservação: conceitos, abordagens, métodos de avaliação e aplicabilidade no contexto do estado do Rio Grande do Sul.** Pesquisas em Geociências, v. 38, n. 1, p. 3-14, 2011. <https://doi.org/10.22456/1807-9806.23832>

BRILHA, J. **Patrimônio Geocológico e Geoconservação: A conservação da natureza na sua vertente geológica.** Palimage Editores, Braga. 2005.

BRILHA, J. **Ambiente Cárstico.** In: (Editores) SOUZA, C. R. G.; SUGUIO. K.; SANTOS. A. M.; OLIVEIRA. P. E. Quaternário do Brasil, Editora Holos Ribeirão Preto-SP, 2005
BRASIL. 1959. Decreto nº 45.954, de 30 de Abril de 1959, **Cria o Parque Nacional de Ubajara, Estado do Ceará.** Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/imgs-unidades-coservacao/ubajara.pdf>. 2005b. Acesso em: 27 nov. 2018.

CARMO. F. F., KAMINO. L. H. **Geossistemas Ferruginosos do Brasil: áreas prioritárias para conservação da diversidade geológica e biológica, patrimônio cultural e serviços ambientais, Belo Horizonte-MG,** 3i Editora, 2015.

CECAV. **CENTRO NACIONAL DE ESTUDO, PROTEÇÃO E MANEJO DE CAVERNAS.** Termo de Referência para o plano de manejo espeleológico de cavernas com atividades turísticas. Brasília, 2008. 12p.

CECAV. **Diretrizes e Orientações Técnicas para a Elaboração de Plano de Manejo Espeleológico.** Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/cecav/images/stories/downloads/Orientacoes/Diretrizes_PME_sitio_CECAV.pdf>, 2014. Acesso em: 27 out. 2020.

CECAV. Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas – CECV, Instituto Chico Mendes de Biodiversidade – ICMBio. **Cadastro Nacional de Informações Espeleológicas – CANIE,** situação em 23 de outubro de 2017. Disponível em: <<http://www.icmbio.gov.br/cecav/canie.html>>, 2017. Acesso: 24 nov. 2018.

CECAV. **Princípios da Carstologia e Geomorfologia Cárstica**. Brasília, 246p. CPRM. (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais). Geodiversidade. 2006. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/Gestao-Territorial/Geodiversidade-162>. 2019. Acesso em: 3 jun. 2021.

CONAMA. Resolução CONAMA nº 347, de 10 de setembro de 2004. **CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA**. Diário Oficial da União, nº 176, de 13/09/2004, Páginas: 54-55. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=452>. 2004. Acesso em: 27 nov. 2021.

CPRM. Serviço Geológico do Brasil. **Geologia e Recursos Minerais do Estado do Pará: Sistema de Informações Geográficas – SIG: texto explicativo dos mapas Geológico e Tectônico e de Recursos Minerais do Estado do Pará**. Org. VASQUEZ, M. L., ROSA-COSTA; L. T. da. Escala 1:1.000.000. Belém: CPRM, 2008; Disponível em: file:///C:/Users/lecpq/OneDrive/Documentos/2-DOCUMENTOS_UFU/4-POS-GRADUA%C3%87%C3%82O-ICH/3-ORIENTACAO_MESTRADO/2019_Dicimison/TEXTOS/Serra_Andorinhas/CPRM_2008_Geologia_Para.pdf Acessado em: 03/2021;

DEGRANDI, S.M.; ZIEMANN, D.R.; CECCHIN, D.N.; FIGUEIRÓ, A.S. **Valores Da Geodiversidade E Uso Geoturístico Do Geossítio Pedra Das Guaritas, Caçapava Do Sul (Rs, Brasil)**. In. SINAGEO, PAISAGEM E GEODIVERSIDADE, XII. 2018. **Anais Eletrônico** [...] Crato-CE. Disponível em: <https://www.sinageo.org.br/2018/trabalhos/5/index.html>. Acessado em 22 de agosto de 2020.

DESCOVI, P. L. M. Avaliação do Potencial Geotérmico do Estado de Tocantins. **Dissertação**. Mestrado em Geofísica. Observatório nacional, Rio de Janeiro, 2019, p. 128;

FARACO M.T.L., CARVALHO J.M.A, KLEIN E.L. **Carta metalogenética da Província de Carajás/SE do Pará – Folha Araguaia**. Escala 1:1.000.000. Programa de Levantamentos Geológicos Básicos. CPRM, Brasília. 1996.

FREIRE, L; **Conservação de Patrimônio Espeleológico na Amazônia: Proposta de Planejamento Ambiental Para a Província Espeleológica Altamira-Itaituba (PA)**. 210 p. tese (Doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2017.

FUCHS, A. M. S; FRANÇA, M. N; PINHEIRO, M. S. F. **Guia para normalização de publicações técnico-científicas**. Uberlândia: EDUFU, 2013. 285 p., il., 23 cm. Disponível em:

http://www.edufu.ufu.br/sites/edufu.ufu.br/files/e-book_guia_de_normalizacao_2018_0.pdf. Acesso em: 06 de março de 2019. GAMBARINI, A. 2012. **Cavernas no Brasil**. São Paulo: Metalivros, 2012.

GORAYEB, P. S. et al. Geomorfologia da Serra das Andorinhas. In: GORAYEB, Paulo Sérgio (Org.). **Parque Martírios-Andorinhas: conhecimentos, história e preservação**. Belém: EDUFPA, 2008. P.78-95

GRAY, M. **Geodiversity — Valuing and Conserving Abiotic Nature**. New York: John Wiley and Sons, 2004.

GUERRA, A. T; JORGE, M. C. O. **Geoturismo Geodiversidade Geoconservação: abordagens geográficas e geológicas**. 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2018. 227 p. v. 1. ISBN 978-85-7975-300-8.

HARDT, R. **Da Carstificação em Arenitos**. Aproximação com o suporte de geotecnologias. À propos de la karsification dans les grès. Traitement par les technologies SIG. (Tese de Doutorado) Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, 2011.

HARDT, R., PINTO, S. dos A. F. Carste em litologias não carbonáticas. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 10, n. 2, p. 99-105, 2009; <https://doi.org/10.20502/rbg.v10i2.134>

HASUI, Y., ABREU, F. de A. M. de, SILVA, J. M. R. da. Estratigrafia da Faixa de Dobramentos Paraguaia-Araguaia no Centro -Norte do Brasil. **Boletim Instituto de Geociências**. USP, v. 8, p. 107-118, 1977; <https://doi.org/10.11606/issn.2316-8978.v8i0p107-117>

IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Portaria nº 887**, de 15 de junho de 1990; Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/sophia/cnia/legislacao/IBAMA/PT0887-150690.PDF>, Acessado: 02/2021;

IBGE. **Manual Técnico de Geomorfologia**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2009. 175 p.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. IBGE. Rio de Janeiro. (Série Manuais Técnicos em Geociências, n. 1). 1992

EITEN, G. **Classificação da vegetação do Brasil**. Brasília: CNPq/Coordenação Editorial. 305p.; 1983.

ENGEVIX. Engenharia S/A. **Estudo de Impacto Ambiental da UHE Santa Isabel: relatório de campanha**. 53 p. Junho de 2004;

JORGE, M. C. O; GUERRA, A. T. **Geodiversidade, Geoturismo e Geoconservação: Conceitos Teorias e Métodos**. Rio de Janeiro: Revista Espaço Aberto, p 151-174. ISSN 2237-3071. Ano 2016.

KARMANN, I. **Ciclo da água: água subterrânea e sua ação geológica**. In: TEIXEIRA, W.; TOLEDO, M.C.M.; FAIRCHILD, T.R.; TAIOLI, F. Decifrando a Terra. São Paulo: Oficina de textos, 2000. Reimpressão, 2001. p. 113-138.
<https://doi.org/10.36403/espacoaberto.2016.5241>

MASSUQUETO, L. L.; GUIMARÃES, G. B.; PONTES, H. S. Geossítio do Sumidouro do Rio-Quebra_Perna (Ponta Grossa/PR, Brasil); relevante exemplo de sistema cárstico nos arenitos Furnas. **Espeleo-Tema**, v. 22, n. 1, p. 99-110.

MOREIRA, J. C. **Patrimônio geológico em Unidades de Conservação: atividades interpretativas, educativas e geoturísticas**. Tese (Doutorado em Geografia) — Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

MONTENEGRO, R. **A Destruição de Um Patrimônio**. ISTOÉ. São Paulo, 24 jul. 2015. Disponível em: https://istoe.com.br/429019_A+DESTRUICAO+DE+UM+PATRIMONIO/. Acesso em: 26 ago. 2020.

OLIVEIRA, A. A. G. A Utilização de anaglifos aplicado ao mapeamento geomorfológico: o caso do relevo residual "Serra do Corpo Seco". 2019. 92 f. **Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia)** – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2019; Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/28586> Acessado em: junho de 2020;

OLIVEIRA, P.C.A. de; RODRIGUES, S.C. **Proposta de avaliação do patrimônio geomorfológico de vazante-MG**. 2014. Disponível em: <http://www.unifal->

mg.edu.br/simgeo/system/files/anexos/Paula%20Cristina%20Almeida%20de%20Oliveira.pdf
 . Acesso em 25 de outubro de 2020.

PANIZZA, M; PIACENTE, S. **Geomorphosites and geotourism**. Revista Geografica Academica, v. 2, n. 1, p. 5-9, 2008.

PARÁ, Lei Estadual nº 5.982, de 25 de julho de 1996, **Cria o Parque Estadual da Serra dos Martírios/Andorinhas e dá outras providências**. Disponível em: <http://ideflorbio.pa.gov.br/wp-content/uploads/2015/10/Lei-Estadual-N%C2%BA-5982-Cria%C3%A7%C3%A3o-PESAM.pdf>. 1996. Acesso em: 27 nov. 2018.

PARÁ, **Lei Estadual nº 5982, 25 de julho de 2006**; Disponível em: https://documentacao.socioambiental.org/ato_normativo/UC/5154_20201012_132118.pdf?_ga=2.171325605.469001473.1636548249-1365101255.1636457902. Acessado em: 05/2020;

PARÁ. **Plano de Manejo do Parque Estadual da Serra dos Martírios/Andorinhas – PESAM, Termo de Compromisso ELETRONORTE/SECTAM (Compensação Ambiental)**. Disponível em: [http://www.ideflor.pa.gov.br/wp-content/uploads/2015/10/PESAM%20Plano%20de%20Gest%C3%A3o%20Completo%20\(pdf%20unico\).pdf](http://www.ideflor.pa.gov.br/wp-content/uploads/2015/10/PESAM%20Plano%20de%20Gest%C3%A3o%20Completo%20(pdf%20unico).pdf). 2006. Acesso em: 27 nov. 2018.

PEDRO MIYAZAKI, L. C. **Dinâmica de Apropriação e Ocupação em Diferentes Formas de Relevo: Análise dos Impactos e da Vulnerabilidade nas Cidades de Presidente Prudente/Sp e Marília/Sp**. 265 p. tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista. Presidente Prudente-SP. 2014.

PEDRO MIYAZAKI, L. C. Espacialização dos compartimentos geomorfológicos de parte da área urbana de Ituiutaba-MG. In XVIII Encontro Nacional de Geógrafos. São Luís. A construção do Brasil: geografia, ação política e democracia (p.1-13). São Luís: UFMA. **Anais**, 1.2016;

PEDRO MIYAZAKI, L. C. Elaboração da carta de compartimentação geomorfológica para estudo do relevo na área urbana de Ituiutaba (MG). **Espaço em Revista**, vol. 19, nº 2, p. 1-17. 2017; Disponível em://www.revistas.ufg.br/espaco/article/download/49966/25238; Acessado em: 03/2020;

PEDRO MIYAZAKI, L. C.; OLIVEIRA, A. A. G. de. Anáglifo, fotointerpretação e imagens do Google Earth como alternativa para elaboração do mapeamento geomorfológico da Serra do Corpo Seco – Ituiutaba-MG (Brasil). **Revista Physis Terrae**. Vol. 2, nº 2; 2020;

Disponível em: <https://revistas.uminho.pt/index.php/physisterrae/article/view/2978> Acessado em: 12/2020; <https://doi.org/10.21814/physisterrae.2978>

PEREIRA, P. **Patrimônio Geomorfológico: Concepção, Avaliação e Divulgação. Aplicação ao Parque Nacional de Montesinho.** 2006. 395 p. tese (Doutorado em Geociências) – Universidade de Minho. Portugal, 2006.

PETRI, N.; RICCO, A.S.; PEREIRA JUNIOR, M. **A Geodiversidade Da Chapada Diamantina (Ba) E O Potencial De Desenvolvimento Do Geoturismo: Desafios E Possibilidades.** *In.* SINAGEO, PAISAGEM E GEODIVERSIDADE, XII. 2018. Anais Eletrônico [...] Crato-CE. Disponível em: <https://www.sinageo.org.br/2018/trabalhos/5/index.html>. Acessado em 22 de agosto de 2020. <https://doi.org/10.20502/rbg.v1i1.73>

PILÓ, L. B. **Geomorfologia Cárstica.** Revista Brasileira de Geomorfologia, v.1, n.1, 2000.

ProGEO, **Conserving our shared geoheritage** – a protocol on geoconservation principles, sustainable site use, management, fieldwork, fossil and mineral collecting. 10 p. 2011. Disponível em: <http://www.progeo.se/progeo-protocol-definitions-20110915.pdf>. 2011. Acesso em: out. 2020.

QUEIROGA, G. N.; SUITA, M. T. de F., PEDROSA-SOARES, A. C., MARTINS, M. de S., PINHEIRO, M. A. P. Síntese sobre ofiolitos: evolução dos conceitos. **Revista Geociências**, n. 65, vol 1, p. 47-58, 2012; Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rem/a/NTb9YThSGnrm8cG5xGvYd5L/?lang=pt&format=pdf> Acessado: 02/2021 <https://doi.org/10.1590/S0370-44672012000100007>

RENAULT, R.; LOBO, H.A.S. **Proposta de Zoneamento de Cavidades, elaborada por IC Ambiental Ltda.** e Grupo de Pesquisas DemandaTur/UFSCar [mensagem pessoal].

RESOLUÇÃO RESOLUÇÃO Nº 04/2015 DO COLEGIADO DO PROGRAMA DE PÓSGRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA DO PONTAL - Estabelece critérios para realização das defesas de projeto de pesquisa do PPGEP.

Disponível em: http://www.ppgep.facip.ufu.br/sites/ppgep.facip.ufu.br/files/media/arquivo/res_4_2015_ppgep_defesas_projetos_0.pdf. 2013.

ROSS, J. L. S. **Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados**. In: Revista do Departamento de Geografia, nº 8. FFLCH. USP. São Paulo, 1994. <https://doi.org/10.7154/RDG.1994.0008.0006>

SALES, V. **Morfopatrimônio, Morfodiversidade: Pela Afirmação do Patrimônio Geomorfológico *Stricto Sensu***. Revista Casa da Geografia de Sobral, Sobral/CE, v 20, n 3, p. 3-12, 2018. <https://doi.org/10.35701/rcgs.v20n3.409>

SÃO PAULO. Decreto nº 32.283, de 19 de maio de 1958. **Cria o Parque Estadual do Alto Ribeira**. Disponível em: <http://www.jusbrasil.com.br/topicos/13396306/decreto-n-32283-de-19-de-maio-de-1958-de-sao-paulo>>. 1958. Acesso em: 27 out. 2018.

SECTAM. **Plano de Manejo do PESAM e APA Araguaia**. Secretaria Executiva de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente do Estado do Pará – SECTAM. 2006;

SHARPLES, C. **Concepts and Principles of Geoconservation**. Tasmanian Parks & Wildlife Service. Disponível em: <http://www.parks.tas.gov.au/geo/conprin/define.html>. 2020. Acessado em: 14 de janeiro de 2020.

SILVA, J.C.; ROCHA, T. B. Geodiversidade Geomorfológica E Identificação De Possíveis Geomorfofóssitos No Núcleo Atalaia-Dama Branca Do Parque Estadual Da Costa Do Sol (PECSOL) – RJ *In*. SINAGEO, PAISAGEM E GEODIVERSIDADE, XII. 2018. **Anais Eletrônico** [...] Crato-CE. Disponível em: <https://www.sinageo.org.br/2018/trabalhos/5/index.html>. Acessado em 22 de agosto de 2020.

SILVEIRA, E. L. D. **Paisagem: um conceito chave em Geografia**. In: EGAL- 12º Encontro de Geógrafos da América Latina, 2009, Montevideo. EGAL2009, 2009.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE ESPELEOLOGIA -SBE. **Cadastro Nacional de Cavernas do Brasil**. Disponível em: <http://cnc.cavernas.org.br/cnc/Stats.aspx>. Acesso em: 30 nov. 2016.

STANLEY, M. **Geodiversity**. Earth Heritage, v. 14, p.15-18, 2000. <https://doi.org/10.5465/ame.2000.4468059>

TRICART, J. L. F. **Paisagem e Ecologia**: Igeo/USP. São Paulo. 1981

TRICART, J. O. **Karst das vizinhanças setentrionais de Belo Horizonte**. In: Revista Brasileira de Geografia, ano XVIII, n04, Rio de Janeiro, 1956,

TRICARD, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro. IBGE, SUPREN, 1977.

ANEXOS

Anexo 1 – Ficha Descritiva da Caverna Serra das Andorinhas

| FICHA DE AVALIAÇÃO DE POTENCIAIS LOCAIS | | | | | | | |
|---|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|---|--------------------------|
| DE INTERESSE GEOMORFOLÓGICO | | | | | | | |
| Autor: <u>DIEMISON LADISLAU DE ALENCAR</u> | | Data: <u>25 / 02 / 2021</u> | | | | | |
| Nome: <u>CAVERNA SERRA DAS ANDORINHAS</u> | | | | | | | |
| Tipo de Local: <u>EM ÁREA</u> X: <u>6°5'25" S</u> Y: <u>48°30'37" O</u> | | | | | | | |
| Categoria Temática: <u>RELEVO CARSTICO NÃO TRADICIONAL</u> | | | | | | | |
| A - AVALIAÇÃO | | | | | | | |
| A. Valor: | | | | | | | |
| Científico: | baixo | <input type="checkbox"/> | médio | <input type="checkbox"/> | elevado | <input type="checkbox"/> m. elev. <input checked="" type="checkbox"/> | |
| Ecológico: | baixo | <input type="checkbox"/> | médio | <input type="checkbox"/> | elevado | <input type="checkbox"/> m. elev. <input checked="" type="checkbox"/> | |
| Cultural: | baixo | <input checked="" type="checkbox"/> | médio | <input type="checkbox"/> | elevado | <input type="checkbox"/> m. elev. <input type="checkbox"/> | |
| Estético: | baixo | <input type="checkbox"/> | médio | <input type="checkbox"/> | elevado | <input type="checkbox"/> m. elev. <input checked="" type="checkbox"/> | |
| B - POTENCIAL DE USO | | | | | | | |
| Acessibilidade: | | | | | | | |
| muito difícil | <input checked="" type="checkbox"/> | difícil | <input type="checkbox"/> | médio | <input type="checkbox"/> | fácil | <input type="checkbox"/> |
| Viabilidade: | | | | | | | |
| muito difícil | <input type="checkbox"/> | difícil | <input type="checkbox"/> | médio | <input checked="" type="checkbox"/> | fácil | <input type="checkbox"/> |
| Outros valores (naturais e/ou culturais) e uso atual: | | | | | | | |
| sem valor e sem uso | <input type="checkbox"/> | com valor e sem uso | <input type="checkbox"/> | com valor e com uso | <input checked="" type="checkbox"/> | | |
| C - NECESSIDADE DE PROTEÇÃO | | | | | | | |
| Deteriorização: | | | | | | | |
| fraca | <input type="checkbox"/> | média | <input type="checkbox"/> | avançada | <input checked="" type="checkbox"/> | | |
| Proteção: | | | | | | | |
| adequada | <input type="checkbox"/> | média | <input type="checkbox"/> | insuficiente | <input checked="" type="checkbox"/> | | |

Elaboração: Autor, 2021.

