



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS  
PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU* EM GEOGRAFIA  
MESTRADO EM GEOGRAFIA**

**ROBSON BRAGA DANTAS**

**ANÁLISE GEOMORFOLÓGICA DO CARSTE DA ÁREA DE  
PROTEÇÃO AMBIENTAL DE SÃO DESIDÉRIO - BA**

**PORTO NACIONAL – TO  
2017**

**ROBSON BRAGA DANTAS**

**ANÁLISE GEOMORFOLÓGICA DO CARSTE DA ÁREA DE  
PROTEÇÃO AMBIENTAL DE SÃO DESIDÉRIO – BA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Geografia da Fundação Universidade Federal do Tocantins - UFT, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Geografia.

**Orientador:** Prof. Dr. Fernando de Moraes

**Linha de pesquisa:** Análise e Gestão Geo -Ambiental

**PORTO NACIONAL – TO  
2017**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**  
**Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins**

---

D192a Dantas, Robson Braga.

Análise geomorfológica do carste da área de proteção ambiental de São Desidério - BA. / Robson Braga Dantas. – Porto Nacional, TO, 2017.

124 f.

Dissertação (Mestrado Acadêmico) - Universidade Federal do Tocantins – Câmpus Universitário de Porto Nacional - Curso de Pós-Graduação (Mestrado) em Geografia, 2017.

Orientador: Fernando de Moraes

1. Geomorfologia. 2. Carste. 3. Meio ambiente. 4. Sustentabilidade. I. Título

**CDD 910**

---

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

**Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFT com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).**

ROBSON BRAGA DANTAS

**ANÁLISE GEOMORFOLÓGICA DO CARSTE NA ÁREA DE PROTEÇÃO  
AMBIENTAL DE SÃO DESIDÉRIO – BA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Tocantins (UFT), Câmpus de Porto Nacional, como requisito para obtenção do título de Mestre em Geografia.

Aprovada em: 23 de junho de 2017.

**BANCA EXAMINADORA**



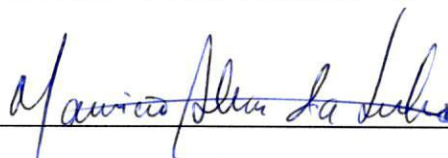
---

Prof. Dr. Fernando de Moraes (Orientador)  
Universidade Federal Tocantins - UFT



---

Prof. Dr. Rodolfo Alves da Luz  
Universidade Federal Tocantins – UFT



---

Prof. Dr. Mauricio Alves da Silva  
Universidade Federal do Tocantins – UFT

Porto Nacional – TO

2017

## DEDICATÓRIA

Aos meus pais José Reinaldo Dantas e Isabel Braga Dantas,  
por todo amor e pela base em mim construída com solidez.

Aos meus maiores tesouros, minhas filhas, Acácia e Eloísa.

À minha ternura, minha esposa, Luísa Lazáro.

Ao meu querido irmão Alexon e família.

Ao meu amado, saudoso e inesquecível irmão por toda  
eternidade, Thiago (Thiaguinho) *in memoriam*.

## AGRADECIMENTOS

A Deus, pela sabedoria, saúde e segurança que me foi concebida;

Ao meu orientador Prof. Dr. Fernando de Moraes, por ter acreditado nesse trabalho e com muita paciência e sabedoria, contribuiu para meu desenvolvimento intelectual de maneira inefável;

À Universidade Federal do Tocantins (UFT), Universidade Federal do Oeste da Bahia (UFOB) e ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia (IFBA) por todo suporte acadêmico concedido;

À Biblioteca da UFT por sua valiosa orientação acerca da organização bibliográfica;

Aos Professores do Mestrado em Geografia da UFT pela experiência e sabedoria professada. Especialmente a Lucas Barbosa, Rodolfo Luz, Sandro Sidnei Vargas de Cristo e Carolina Machado R Busch Pereira;

Aos colegas do mestrado pelos momentos de aprendizagem e companheirismo que “plantamos” juntos;

À BIOMAECOTUR, na representação do grande amigo Juscelino Ferreira pelas diversas e necessárias conduções e apoio técnico durante os trabalhos de campo;

Aos amigos e companheiros de trabalho:

Maria do Socorro Sousa, Cláudia Maria Nascimento, Aurilange Passos, Tatiane Andrade, Erasmo (Bita), Maria Conceição, Dícíola Baqueiro, Lílian Karlla, Luiz Fernando, Janes Lavorati, Leonardo Morato, Luiz Rocha, Evanildo Cardoso, Valney Rifgonato, Paulo Brandão e Ernani Pereira e a todos que contribuíram de maneira direta ou indireta durante a evolução desse trabalho de dissertação, meu fraterno obrigado...

*“ A paisagem do modelado terrestre é o produto de eventos pretéritos e contemporâneos”*

*(Ab'Sáber)*

## RESUMO

As Unidades de Conservação têm finalidade de contribuir para sustentabilidade ambiental, assim, a referida pesquisa objetivou analisar a geomorfologia das feições exocársticas da APA - Área de Proteção Ambiental do município de São Desiderio – BA. Para tal, analisou-se a cartografia dos aspectos geomorfológicos estruturais e morfoesculturais, indo do 1º ao 5º táxon, através de análises cartográficas e morfométricas, servindo de base para o estudo dos elementos cársticos e análise dos fatores de degradação ambiental. A análise cartográfica dos mapas deu-se através de estudos teóricos, trabalhos de campo e georreferenciamento da carta de Angical – BA, na escala 1:100.000, (SD.23-X-A-I). Os trabalhos de laboratório foram realizados com uso do software QGIS 2.16.1. Dessa maneira, foi organizado previamente um banco de dados geográficos e cartográficos, através de arquivos vetoriais extraídos do IBGE; imagens SRTM com resolução de 30m, baixadas do TOPODATA/INPE; imagens LANDSAT 08 com a composição colorida R3G4B5, referentes à órbita 220/ponto 68 e arquivos vetoriais extraídos da base de dados CPRM e EMBRAPA. Concomitantemente, gerou-se mapas de natureza morfométrica tais como: modelo digital de elevação, hipsometria, tipos de formas do terreno, relevo sombreado, perfis topográficos, com ênfase no estudo das características dos tipos de vertentes e densidade de drenagem. A análise dos elementos cársticos tomou como parâmetro os táxons 3º, 4º e 5º através do método de caminhamento livre conforme critérios de observação da paisagem e estudo da área pesquisada através de documentos cartográficos e posterior descrição físico-geográfica em laboratório e gabinete com auxílio de SIG e *in loco* com GPS e Câmera fotográfica. Essa análise foi desenvolvida através de uma abordagem pontual e qualitativa, resultando num esboço geomorfológico da área na escala 1:100.000; além de mapa exploratório de fenômenos cársticos na escala 1:100.000. Por fim, foram levantados fatores de degradação ambiental inerentes à captação hídrica em sumidouros, ressurgências, nascentes cársticas e degradação de maciços cársticos por detonações explosivas. Os resultados confirmam que a ausência de um Plano de Manejo da UC, assim como escassez de estudos científicos sobre a morfologia cárstica e sua fragilidade, contribuindo para que a paisagem estudada, apesar de compor um imensurável potencial natural, encontre-se nitidamente vulnerável às interferências danosas de natureza antrópica.

**Palavras-chave:** Geomorfologia, Carste, São Desidério, Unidade de Conservação.



## ABSTRACT

The Conservation units (UCs) has the purpose to contribute to the environmental sustainability, thus, this research aimed to analyze the geomorphology of the APA - Environmental Protection Area in the city of São Desiderio-BA. For such, the structural and morpho sculptural aspects of the geomorphological cartography were analyzed, starting from the first to the fifth taxon, through cartographic and morphometric analyzes, assisting to the basis of the study on karstic elements and analysis of environmental degradation factors. The cartographic analysis of the maps were done through theoretical studies, field woril and georeferencing of the chart of Angical - BA, in the scale 1: 100,000, (SD.23-X-A-I). The laboratorial study was carried out using the QGIS 2.16.1 software, In where the, a geographic and cartographic database were organized, using vector files extracted from IBGE institute; SRTM images with 30m resolution, downloaded from TOPODATA / INPE; Images LANDSAT 08 with the R3G4B5 color composition, referring to the orbit 220 / point 68 and vector files extracted from the database of CPRM and EMBRAPA. At the same time, maps of morphometric nature were developed such as digital elevation model, hypsometry, types of terrain forms, shaded relief, topographic profiles were generated with emphasis on the study of the characteristics of the types of slopes and density drainage. The analysis of the karst elements were taken as a parameter from the 3<sup>rd</sup>, 4<sup>th</sup> and 5<sup>th</sup> taxon, through the free walring method according to the criteria of observation of the landscape and study of the surveyed area through cartographic documents and subsequent physical and geographic description at laboratory and office as well with GIS and on-site assistance with GPS and Camera. This analysis was developed through a punctual and qualitative approach, resulting in a geomorphological outline of the area in the 1: 100,000 scale; as well as an exploratory map of karst phenomena in the 1: 100,000 scale. Finally, it were identified factors of environmental degradation, related to water supply in swallow sinks, resurgences, karst springs and degradation of karstic massifs made by explosive detonations. The results confirm that the lack of a UC Management Plan, as well as a lack of scientific studies on the karstic morphology and its fragility, contributng to the fact that the studied landscape, despite composing an immeasurable natural potential, is clearly vulnerable to the interference of an anthropic nature.

Keywords: Geomorphology, Karst, São Desidério, Conservation Unit.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Mapa de localização da APA de São Desidério.....	20
Figura 2 – Perfil geológico do Sistema Urucuia, Oeste da Bahia .....	21
Figura 3 – Diversidade vegetal presente no relevo cárstico na APA de São Desidério .....	22
Figura 4 – Mapa geológico regional do embasamento da Bacia Sanfranciscana.....	23
Figura 5 – Coluna estratigráfica da Bacia Sanfranciscana .....	24
Figura 6 – Mapa Geológico simplificado da APA de São Desidério.....	27
Figura 7 – Perfil Convexo – Relevo cárstico intensamente dissecado na APA de São Desidério.....	29
Figura 8 – Perfil tabular fortemente escarpado na APA de São Desidério .....	29
Figura 9 – Mapa de solos na APA de São Desidério .....	31
Figura 10 – Abrangência dos Sistemas Cársticos .....	35
Figura 11 – Distribuição global de rochas carbonáticas.....	36
Figura 12 – Regiões Cársticas no Brasil.....	37
Figura 13 – <i>Karrens</i> alveolares na APA de São Desidério .....	39
Figura 14 – Modelo esquemático de afloramentos de <i>Karrens</i> .....	39
Figura 15 – Esquematização evolutiva de dolinas para uvala .....	41
Figura 16 – Esquematização de tipos de poljés .....	41
Figura 17 – Modelo esquemático simplificado de um endocarste .....	44
Figura 18 – Interferências humanas e implicações ambientais em regiões cársticas .....	47
Figura 19 – Esquema para mapeamento geomorfológico .....	50
Figura 20 – Representação esquemática de análise taxonômica do relevo .....	51
Figura 21 – Mapa recorte da Carta Topográfica de Angical com destaque para APA de São Desidério-BA .....	51

Figura 22 – Esquema representativo de análise de curvatura vertical.....	53
Figura 23 – Esquema representativo de análise de curvatura horizontal .....	54
Figura 24 – Esquema representativo de análise de formas do terreno .....	54
Figura 25 – Esquema de caminhamento livre .....	56
Figura 26 – Perfis Convexo – Relevo cárstico intensamente dissecado na APA de São Desidério.....	59
Figura 27 – Topo Plano – Relevo cárstico intensamente dissecado na APA de São Desidério .....	60
Figura 28 – Perfil Tabular – Relevo cárstico intensamente dissecado na APA de São Desidério.....	60
Figura 29 – Perfil Aguçado – Relevo cárstico intensamente dissecado nas proximidades do Sumidouro João Baio na APA de São Desidério .....	61
Figura 30 – Sumidouro João Baio (A), Trecho da margem esquerda do Rio São Desidério (B), Rio Porto Alegre (C) .....	64
Figura 31 – Mapa Geomorfológico da APA de São Desidério .....	65
Figura 32 – Perfil topográfico (A-A´) Rio São Desidério .....	66
Figura 33 – Perfil topográfico (B-B´) Rio Porto Alegre .....	67
Figura 34 – Perfil topográfico (C-C´) Buraco do Inferno da Lagoa do Cemitério ao Rio Tamanduá.....	68
Figura 35 – Mapa de Formas do Relevo da APA de São Desidério .....	69
Figura 36 – Mapa de Relevo Sombreado com amostras de curvatura horizontal na APA de São Desidério.....	71
Figura 37 – Mapa de Modelo Digital de Elevação da APA de São Desidério.....	72
Figura 38 – Mapa Hipsométrico da APA de São Desidério.....	73
Figura 39 – Mapa Exploratório de Fenômenos Cársticos da APA de São Desidério .....	76

Figura 40 – Mapa ilustrativo de pontos de controle Geomorfológico, Fenômenos Cárstios e de Degradação Ambiental da APA de São Desidério .....	76
Figura 41 – Carta imagem dos pontos de controle do Setor X – APA de São Desidério .....	76
Figura 42 – Trechos da Lagoa Azul, APA de São Desidério .....	78
Figura 43 – Carta imagem da Dolina Lagoa Azul, APA de São Desidério .....	79
Figura 44 – Rersurgência hídrica, paralela às feições de relevo tabulares da Gruta do Catão	80
Figura 45 – Carta imagem do cânion do Catão, APA de São Desidério.....	81
Figura 46 – <i>Karrens</i> do tipo canelura ou rego (A), <i>Karrens</i> canelura e alveolar (B).....	82
Figura 47 – Carta imagem de pontos de controle, Setor Y- APA de São Desidério.....	84
Figura 48 – (A) Vista da Dolina do Buraco do Inferno da Sucupira, (B) Afloramentos de <i>Karrens</i> , (C) Formações de torres na escarpa da Dolina – APA de São Desidério.....	85
Figura 49 – Carta imagem da Dolina do Buraco do Inferno da Sucupira, APA de São Desidério.....	86
Figura 50 – Vista da Dolina do Buraco do Inferno da Lagoa do Cemitério, APA de São Desidério.....	87
Figura 51 – Carta imagem da Dolina do Buraco do Inferno da Lagoa do Cemitério, APA de São Desidério.....	88
Figura 52 – Vista da Dolina Sumidouro João Baio .....	89
Figura 53 – Carta imagem da Dolina Sumidouro João Baio, APA de São Desidério .....	90
Figura 54 – Rersurgência Poço do Surubim, APA de São Desidério .....	91
Figura 55 – Carta imagem de pontos de controle do Setor K, APA de São Desidério .....	96
Figura 56 – (A) Afloramentos cársticos em topos convexos, (B) Maciço cárstico, (C) Topo tabular com feições horizontais de dissolução, (D) Feições de verrugas, (E) Maciço cárstico e (F) Rio Porto Alegre .....	97

Figura 57 – Esquema demonstrativo sobre abatimento e vibrações do relevo pelo uso de detonações explosivas.....	100
Figura 58 – Fatores de degradação ambiental. Destruição de maciços de <i>karrens</i> , margem direita da BA-135, APA (A); Nascente do Capim Branco, (próxima à APA)(B); Destruição de maciços de <i>karrens</i> na borda da escarpa do Buraco da Sucupira (C); Nascente João Rodrigues, captação hídrica através de sistema de bombeamento (D) .....	101
Figura 59 – Sumidouro João Baio, APA de São Desidério. As vistas (A), (B) e (C) mostram a progressão do processo de captação hídrica .....	106

## **ISTA DE TABELAS**

Tabela 1 – População residente por situação de domicílio e sexo.....	32
Tabela 2 – Classes de declividade do relevo em percentual.....	53
Tabela 3 – Padrões Semelhantes de relevo na APA de São Desidério.....	58
Tabela 4 – Índices de dissecação do relevo.....	58
Tabela 5 – Índices de dissecação do relevo na APA de São Desidério.....	62
Tabela 6 – Classes de parâmetro de valores de densidade de drenagem.....	63
Tabela 7 – Síntese morfométrica de elementos exocársticos na APA de São Desidério .....	97

## **LISTA DE QUADROS**

Quadro 1 – Levantamento (pontual) de fatores de degradação ambiental na APA de São Desidério .....	103
--	-----

## SUMÁRIO

<b>1.INTRODUÇÃO .....</b>	<b>16</b>
1.1 Objetivos.....	18
<b>1.1.1 Objetivo Geral .....</b>	<b>18</b>
<b>1.1.2 Objetivos Específicos.....</b>	<b>18</b>
<b>1.2.1 Localização da área de estudo .....</b>	<b>18</b>
1.2.2 Clima e Hidrogeologia .....	21
1.2.3 Paisagem vegetal .....	22
1.2.4 Geologia .....	22
1.2.5 Geomorfologia.....	28
1.2.6 Pedologia .....	30
1.2.7 Aspectos do uso e ocupação do solo .....	32
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>33</b>
2.1 Geomorfologia Cárstica .....	33
2.1.1 O Exocarste .....	38
2.1.2 O Endocarste .....	42
2.1.3 Unidades de Conservação e Plano de Manejo em Regiões Cársticas.....	45
<b>3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS .....</b>	<b>48</b>
3.1 Elaboração de mapas de variáveis morfométricas .....	48
3.1.2 Análise Cartográfica .....	50
3.1.3 Análise Morfométrica .....	52
3.1.4 Análise de elementos cársticos .....	55
3.1.5 Levantamento de fatores de degradação ambiental .....	56
<b>4. RESULTADOS .....</b>	<b>57</b>
4.1 Mapeamento Geomorfológico .....	57

4.2 Taxonomia das Unidades das feições cársticas da área de estudo.....	75
4.3 Levantamento pontual de fatores de degradação ambiental na APA de São Desidério.....	101
<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>108</b>
5.1 Sugestões para futuras pesquisas .....	109
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>110</b>
<b>7. ANEXOS .....</b>	<b>118</b>



## 1. INTRODUÇÃO

O estudo das feições do relevo, sobretudo no que se refere a sua geomorfologia, desde o princípio da civilização humana, vem sendo essencial à compreensão e resolução de conflitos geoambientais. A Geomorfologia contribui para o coerente uso do solo, tendo em vista sua composição geocológica primordial ao desenvolvimento socioeconômico do homem (CASSETI, 2005).

Assim, justifica-se a análise geomorfológica desenvolvida nas feições exocársticas da APA - Área de Proteção Ambiental de São Desidério – BA, criada através do Decreto Estadual nº 10.020 de 05 de junho de 2006, com dimensão em 10.961,14 hectares (Anexo 1). As APAs constituem-se UCs – Unidades de Conservação cuja finalidade é promover o turismo com sustentabilidade ambiental e, conforme o Art. 2º do referido decreto, tem em linhas gerais o objetivo de garantir o ordenamento e gestão dos seus potenciais socioambientais. Além disso, segundo a Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Turismo local, dentro de tal APA insere-se o Parque Municipal Lagoa Azul, criado através do Decreto Municipal nº 07/2005, de 11 de janeiro de 2005, perfazendo uma área de 16 hectares.

Nessa lógica, percebe-se nitidamente que a referida APA apresenta a problemática de não possuir um plano de manejo e, além disso, visualizam-se consideráveis quantidades de comunidades nativas, que ocupam e fazem uso de grande parcela desses espaços, principalmente próximo aos rios São Desidério, Porto Alegre, Tamanduá e à nascente cárstica do rio subterrâneo João Rodrigues.

Nesta área tem-se uma ocupação e uso que induzem à captação hídrica de maneira não planejada na Nascente Cárstica do Rio João Rodrigues (NCJR), bem como turismo e atividades agropecuárias de pequeno porte sobre o embasamento geomorfológico cárstico, que apresenta como feições mais chamativas a Gruta Manoel Lopes, Buraco do Inferno da Sucupira, Sumidouro João Baio, Buraco do Inferno da Lagoa do Cemitério, Gruta da Beleza e Gruta da Sopradeira.

Neste viés, também vale frisar que no entorno da APA de São Desidério, a noroeste do Poço do Surubim numa distância de 4,5km, há uma mineradora que explora o calcário que compõe o SCJR – Sistema Cárstico João Rodrigues. A extração dessa rocha ocorre através de detonações explosivas, o que pode provocar vibrações em boa parte dos complexos de cavernas, comprometendo suas estruturas físicas e espeleotemas.

Salienta-se também que o DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, iniciou as obras de construção da BR – 135 no ano de 2007; obras estas que foram embargadas, provisoriamente, em 2010 pelo IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, após apresentação de parecer técnico do CECAV – Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas. O Grupo Bambuí de Espeleologia constatou que a compactação do solo e pavimentação resultaram no abatimento de sete cavernas, e partes do Buraco do Inferno da Lagoa do Cruzeiro desagregaram em consequência das detonações de explosivos (OEKO, 2011).

Tais conflitos colocam a APA de São Desidério em situação vulnerável às obras de infraestrutura que negligenciam as questões ambientais, principalmente pelo fato da mesma não possuir um PM – Plano de Manejo. Dentro da supracitada APA, conforme Rubbioli (2004), existe o maior lago em ambiente subterrâneo do Brasil, com uma área de 12.000 m<sup>2</sup>, denominado BILC - Buraco do Inferno da Lagoa do Cruzeiro. Tal fato se alinha à formação de rios perenes a exemplo do João Rodrigues e São Desidério, ambos com drenagem essencial ao desenvolvimento do SCJR – Sistema Cárstico João Rodrigues e subsistência socioeconômica das populações locais.

É importante esclarecer também que o Decreto Federal 6.640/2008 compromete a proteção das cavernas brasileiras, visto que ao longo dos anos retroagiu, pois determina que uma cavidade só poderá ser protegida quando comprovado máximo nível de relevância espeleológica, diferentemente do antecessor Decreto Federal nº 99.556/199 Resolução nº 005/1987, que protegia integralmente tais ambientes e da Resolução do CONAMA (347/2004), que analisava todos os níveis de relevância de uma caverna: máxima, alta, média e baixa. Tais desdobramentos reforçam ainda mais a necessidade em se desenvolver estudos referentes à geomorfologia em regiões cársticas.

Vale ressaltar que o Plano de Manejo deveria ter sido elaborado num prazo de no mínimo cinco anos a partir da criação de uma Unidade de Conservação e tem sua validação na lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000 e em seu Art.27, que propõe sustentabilidade socioeconômica e natural (SNUC, 2015). Levando-se em conta que a UC de São Desidério – BA foi criada em junho de 2006, o problema se acentua há mais de uma década, dificultando o enfrentamento de tensões socioambientais, referentes ao ordenamento territorial, atribuídas à ausência de normas e mecanismos de gestão.

Dessa forma, a caracterização geomorfológica do ambiente cárstico da APA em estudo buscou compreender a compartimentação geomorfológica e dinâmica da paisagem nesta UC.

Para tanto, este trabalho de dissertação estrutura-se da seguinte maneira: Capítulo 1, Caracterização da Área de Estudo, abordando sua localização, clima, hidrogeologia, paisagem vegetal, geologia, geomorfologia, pedologia e aspectos de uso e ocupação do solo; Capítulo 2, Referencial Teórico, discorre sobre os principais conceitos concernente à Geomorfologia Cárstica, bem como Unidades de Conservação em Regiões Cársticas; Capítulo 3, Procedimentos Metodológicos, mediante à compartimentação geomorfológica, elaboração de mapas de variáveis morfométricas e de fenômenos exocársticos e levantamento de fatores ambientais, faz-se uma análise geográfica da área de estudo; Capítulo 4, apresenta os resultados do mapeamento geomorfológico, com taxonomia das unidades do relevo da área de estudo e mapas temáticos e de feições exocársticas, além de fatores de degradação ambiental na referida APA.

Acredita-se que o estudo das feições do relevo, mediante à cartografia de paisagens e degradação ambiental de fisionomias cársticas e compartimentação geomorfológica relacionada à dinâmica da paisagem na UC, possam contribuir de maneira significativa para o ordenamento territorial, possibilitando elementos científicos essenciais à resolução do problema exposto, inclusive podendo servir de subsídios à elaboração de um plano de manejo local, com significativa contribuição para Geomorfologia Cárstica e Ambiental.

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1 Objetivo Geral**

Analisar a geomorfologia das feições exocársticas da Área de Proteção Ambiental do município de São Desidério – BA.

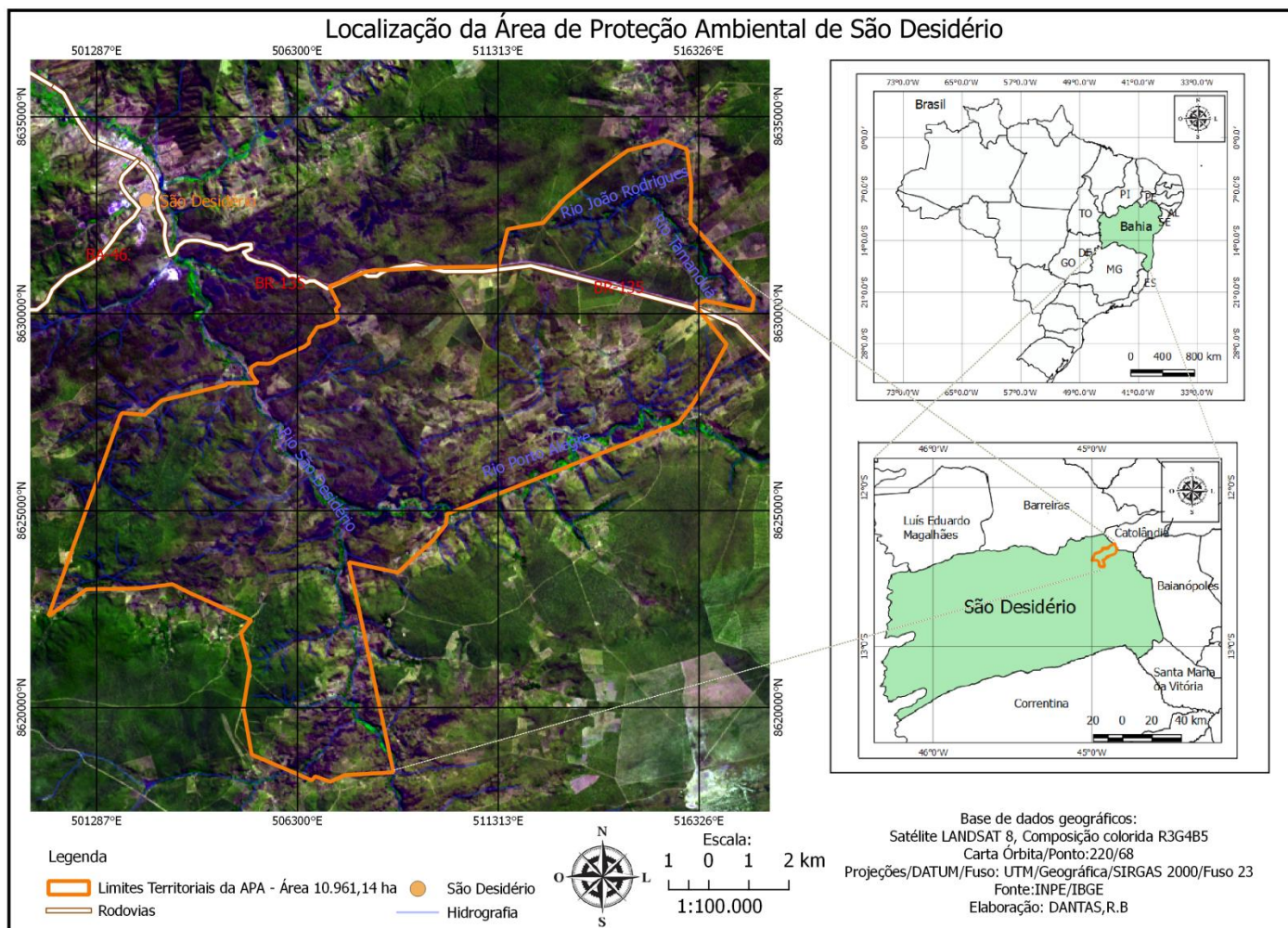
### **1.1.2 Objetivos Específicos**

- Realizar o mapeamento geomorfológico na APA de São Desidério;
- Elaborar mapeamento de fenômenos cársticos da APA de São Desidério;
- Realizar um levantamento de fatores de degradação ambiental das feições cársticas observadas.

### **1.2.1 Localização da área de estudo**

A APA de São Desidério – BA (Figura 1) está situada a 905 km da capital baiana, no Chapadão Ocidental do São Francisco e territorialmente estabelece limites entre os

municípios de Barreiras (norte), Catolândia (nordeste), Correntina (sul), Baianópolis (leste), Santa Maria da Vitória (sudeste) e Luís Eduardo Magalhães (noroeste). As principais vias de acesso ao município de São Desidério se dão através da BR 242, BA 463, BR 020 e BR 135.



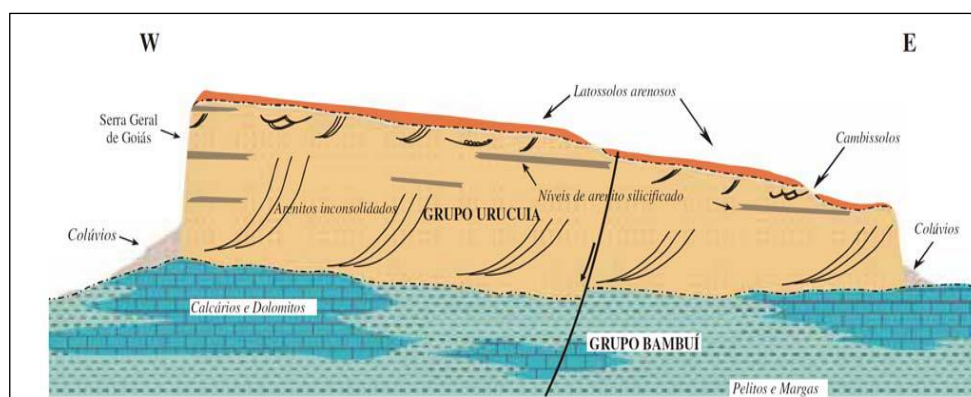
**Figura 1** – Mapa de localização da APA de São Desidério-BA.  
 Fonte: Elaborado pelo autor.

### 1.2.2 - Clima e Hidrogeologia

A APA de São Desidério, e todo seu município, são influenciados pelo clima do tipo Aw, apresentando médias térmicas anuais de 24°C, com estação chuvosa de outubro a abril e notória estação seca de maio a setembro, com média pluviométrica anual de 1.150mm (INMET, 1992). Mesmo tendo uma característica climática que implica em moderados regimes de chuva, sua hidrografia compõe diversos rios perenes dos quais o rio João Rodrigues e rio São Desidério constituem-se nas principais drenagens na área desta pesquisa.

Conforme Lobo *et al.* (2013), a chuva exerce considerável interferência na composição do relevo cárstico, principalmente no que tange à sua relação com os regimes hidrológicos, sobretudo nas porções leste-sul do SCJR. Neste contexto, segundo Dantas *et al.* (2013), o sistema hidrogeológico do rio João Rodrigues tem sua recomposição hídrica principalmente através das chuvas, aflorando na lagoa Azul, tida como uma dolina de abatimento. Nessa dinâmica, especificamente na Formação São Desidério e na Formação Serra da Mamona, o referido rio tem sua provável e principal nascente cárstica dentro da APA estudada, e seu fluxo de drenagem migra predominantemente de modo subterrâneo.

Para Godinho e Pereira (2013), a hidrogeologia da Formação São Desidério caracteriza-se como sendo um aquífero cárstico, sobretudo por compor uma estrutura repleta de acessos subterrâneos resultantes da dissolução do maciço rochoso, cuja porosidade secundária implica em rupturas. Tal fato favorece a formação da nascente João Rodrigues, que mantém controle de vazões superficiais, além da gênese do sumidouro João Baio, retroalimentando seu ciclo hidrológico. Conforme Gaspar e Campos (2007), o Sistema Aquífero Urucua (Figura 2) exerce significativa influência na vazão da Bacia Sanfranciscana que abrange o oeste da Bahia.



**Figura 2** – Perfil geológico do Sistema Aquífero Urucua, oeste da Bahia.  
Fonte: Gaspar (2006)

### 1.2.3 - Paisagem vegetal

A APA de São Desidério tem sua paisagem vegetal (Figura 3) formada por Cerrado relativamente preservado, composto por vegetação arbórea (em menor proporção), arbustiva (mais abrangente), cactáceas entre os afloramentos cársticos, veredas e matas ciliares nas adjacências das planícies fluviais do Sistema Cárstico João Rodrigues.



**Figura 3** – Diversidade vegetal presente no relevo cárstico na APA de São Desidério-BA.  
Foto: Robson Braga Dantas.

### 1.2.4 - Geologia

Geologicamente a Bacia Sanfranciscana (Figura 4) compõe-se de sedimentos correspondentes ao Fanerozóico e seu arcabouço rochoso estrutura-se exclusivamente em regiões continentais e rochas ígneas fragmentadas em decorrência de erupções vulcânicas pretéritas (CAMPOS e DARDENNE, 1997). Os referidos autores propõem a coluna estratigráfica da Bacia Sanfranciscana destacada na Figura 5, através das unidades: Grupo Santa Fé, Paleozóico inferior; Grupo Areado, Cretáceo inferior; grupos Mata da Corda e Urucuia, ambos do Cretáceo superior.

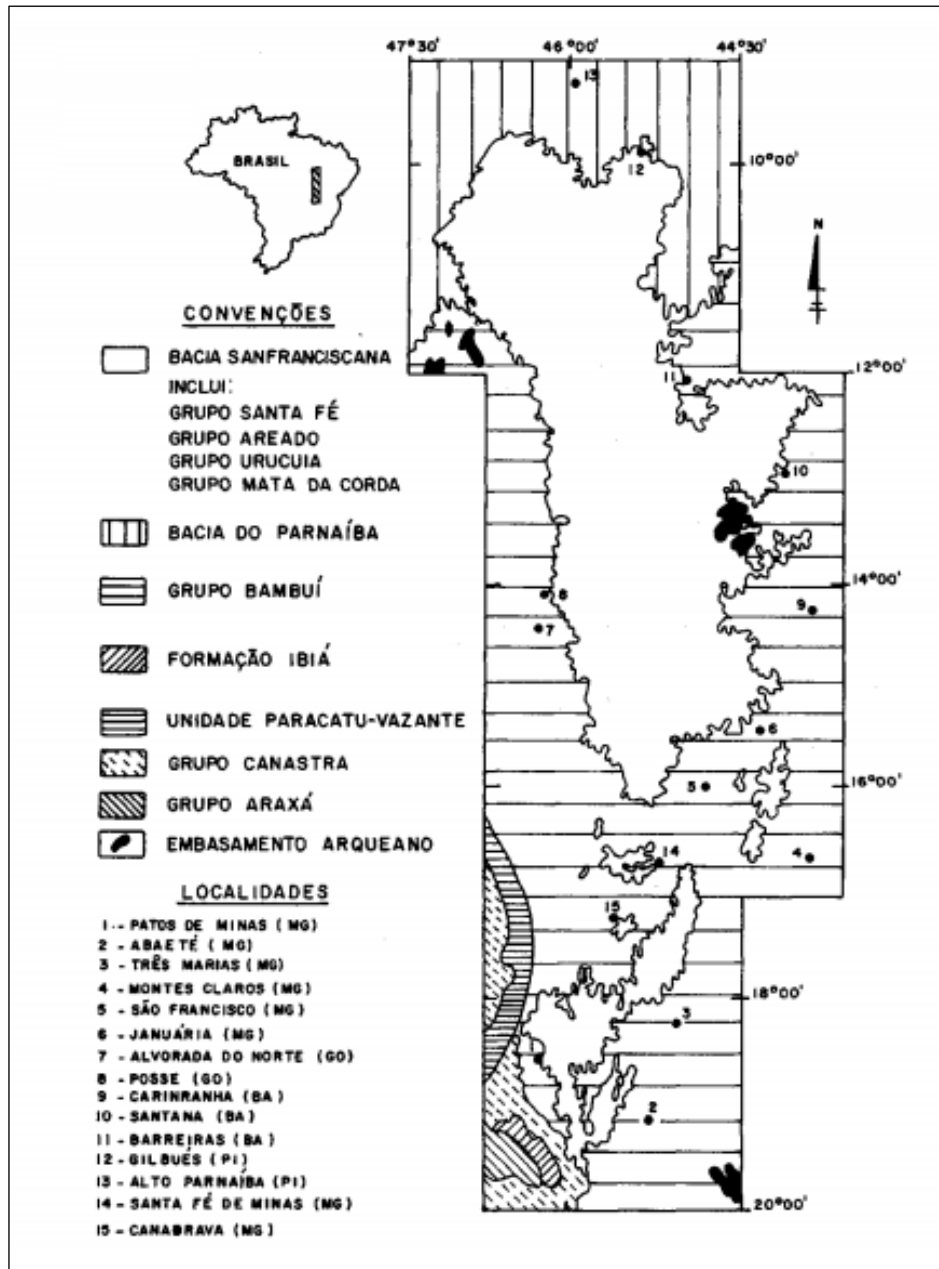


Figura 4 – Mapa geológico regional do embasamento da Bacia Sanfranciscana.  
Fonte: Campos e Dardenne (1997).



GEOCRONOLOGIA		LITOESTRATIGRAFIA				
PERÍODO	IDADE	GRUPO	FORMAÇÃO	MEMBRO	LITOLOGIA	
					SUL	CENTRO-NORTE
QUATERNÁRIO		CHAPADÃO				
TERCIÁRIO						
CRETÁCEO	Maastrichtiano	MATA DA CORDA LURUCUIDA	PATOS			
	Campaniano		CAPACETE			
	Santoniano		SERRA DAS ARARAS			
	Coniaciano		POSSE			
	Turoniano					
	Cenomaniano					
	Albiano	AREADO	TRÊS BARRAS			
	Aptiano		Quiricó			
	Barremiano		ABAETÊ			
JURÁSSICO						
TRIÁSSICO						
PERMIANO		SANTA FÉ	TABULEIRO			
CARBONÍFERO			FLORESTA			

**Figura 5**–Coluna estratigráfica da Bacia Sanfranciscana. (Adaptado de CAMPOS e DARDENNE, 1997).

O Grupo Santa Fé – Integra as Formações Floresta e Tabuleiro, ambas têm sua gênese atribuída a eventos glaciais, caracterizando-se pela expressiva abrangência de paleo-depressões no decorrer das porções norte-sul da bacia do Rio São Francisco (CAMPOS e DARDENNE, 1997). Tais morfologias se consolidaram através da sedimentação, tendo em vista as mudanças climáticas passadas, imprimindo vestígios e registros fósseis essenciais aos estudos científicos.

O Grupo Areado – Compõe as formações Abaeté, Quiricó e Três Barras (SGARBI, 1991; CAMPOS e DARDENNE, 1997). A Formação Abaeté interliga sistemas aluviais e fluviais entrelaçados e conglomerados acrescidos de rochas areníticas; e a Formação Quiricó,

sedimentos essencialmente lacustres e estratificados (GASPAR e CAMPOS, 2012). A Formação Três Barras estrutura interligações hídras fluviais, preenchidos por arenitos amarelos e rosados (CAMPOS e DARDENNE, 1997). Dessa maneira, o referido grupo teve em tempos pretéritos a influência intensa e constante de sucessivos processos de litificação e compactação, estimulados principalmente por fluxos hídras que, em contato com o embasamento do relevo, propiciam significativos intemperismos capazes de suscitar a gênese de diversos depósitos paleontológicos.

O Grupo Mata da Corda – É constituído pelas Formações Patos e Capacete. Conforme Leonardos *et al.* (1991), a Formação Patos compartimenta-se em rochas efusivas e piroclásticas. Para Campos e Dardenne (1997), tais rochas apresentam, sobretudo, sequências minerais carbonáticas e zeólitas.

O Grupo Urucuia, conforme Kiang e Silva (2015), origina-se durante o período Neocretáceo e se caracteriza por compor uma camada de rocha relativamente espessa e arenítica, abrangendo Bahia, Goiás, Tocantins, Minas Gerais, Piauí e Maranhão. De acordo com Campos e Dardenne (1997), o Grupo Urucuia tem maior relevância regional em relação aos demais de toda a Bacia Sanfranciscana. O grupo é subdividido em Formação Posse (com duas litofácies), Formação Serra das Araras e Formação Chapadão.

Para Campos e Dardenne (1997), a Formação de Posse em sua (litofácies1), comporta arenitos com granulometria na escala de acentuada a média, resultando em quartzo e feldspato, enquanto que sua litofácies 2 comporta arenitos brancos pouco espessos, quase sempre argilosos. Ambas as litofácies têm sedimentação formada por processos diagenéticos de maneira que a primeira se relaciona principalmente a processos eólicos e a segunda a sistemas de fluxos hídras.

Segundo Gaspar e Campos (2007), a Formação Serra das Araras é constituída por arenitos e argilitos de cores avermelhadas e intercaladas paralelamente. A Formação Chapadão tem sua origem atribuída à deposição de conglomerados recentes, categorizados em aluvionar, coluvionar e eluvionar (CAMPOS e DARDENNE, 1997). Dessa maneira, apresentam extensas formações sedimentares inconsolidadas ao longo da Bacia Sanfranciscana.

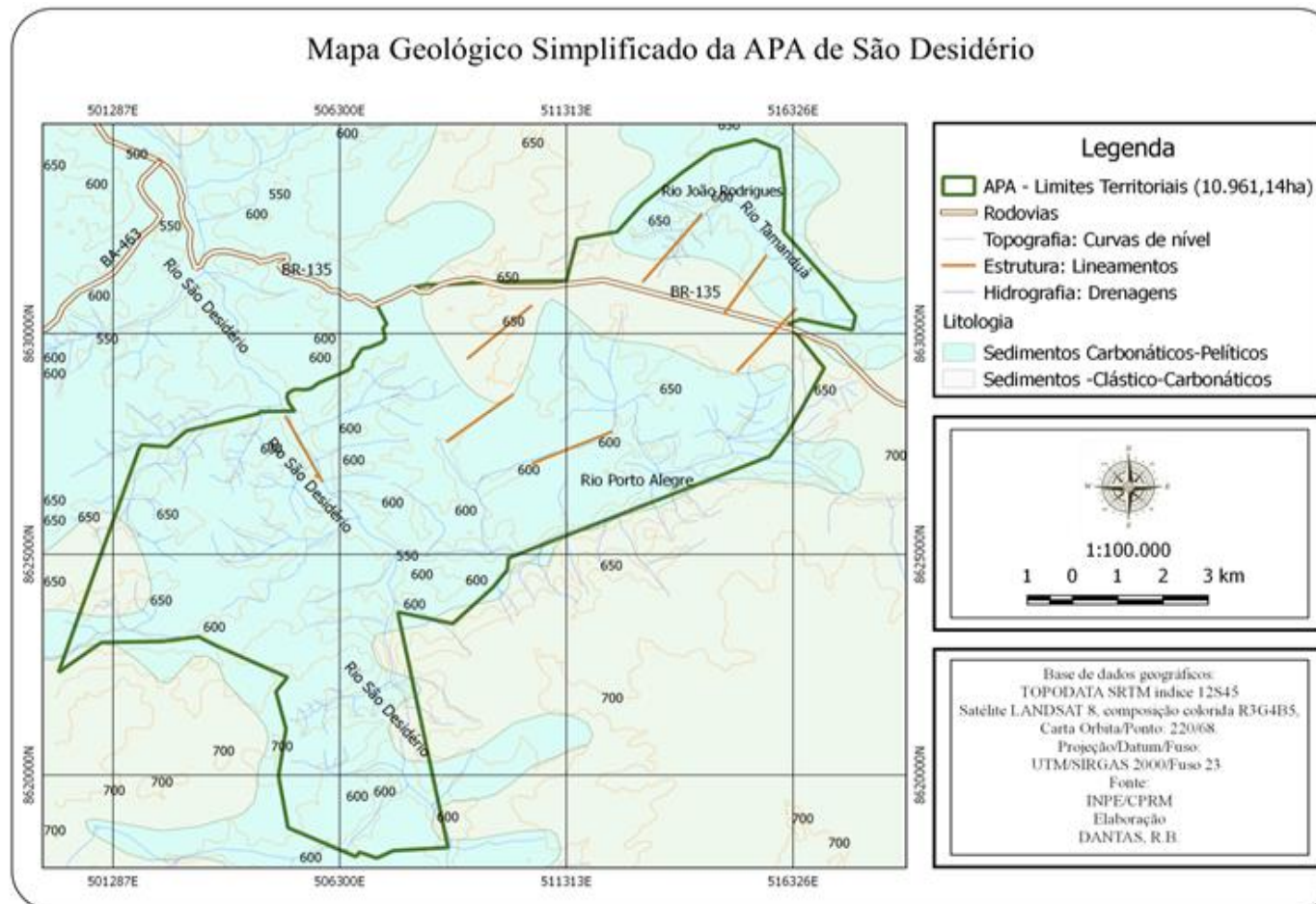
Ainda no contexto da Bacia Sanfranciscana, salienta-se a constituição do Grupo Bambuí, que é detalhado por seis formações, da base para o topo: Jequitaí, Sete Lagoas, Serra de Santa Helena, Lagoa do Jacaré, Serra da Saudade e Três Marias (DARDENNE, 1978). No Grupo Bambuí são identificados diversos sedimentos oceânicos de idade neoproterozóica,

concentrados em finas camadas carbonáticas siliciclásticas acumuladas em bacias epicontinentais (IGLESIAS e UHLEIN, 2009).

No oeste da Bahia, foram identificadas três unidades: as formações São Desidério, Serra da Mamona e Riachão das Neves, ambas correlacionadas, respectivamente, às formações Lagoa do Jacaré, Serra da Saudade e Três Marias (EGYDIO-SILVA, 1987). A Formação São Desidério apresenta metacalcários de cor azulada-acinzentada, com composição filiada e textura pouco espessa em estrutura de dobras onduladas em pequenas e grandes proporções (GODINHO e PEREIRA, 2013). Tal característica litológica está diretamente relacionada ao desenvolvimento estrutural e evolutivo do embasamento endocárstico e exocárstico local.

A geologia local tem seu embasamento formado por maciços dos Grupos Bambuí e Urucua, que se intercalam estruturalmente. Sua localização coincide com a Formação São Desidério (EGYDIO-SILVA, 1987; DARDENNE, 1997). A respectiva litologia expõe acúmulos de sedimentos neoproterozóicos, sobretudo de origem calcária, sobrepostos entre rochas fraturadas, comuns em paisagens cársticas, a exemplo da APA de São Desidério.

Conforme a figura 6, a APA adensa em maior proporção, correspondendo a uma área de 90,8Km<sup>2</sup> e percentual de 82,84%, uma litologia composta por sedimentos carbonato-pelíticos, depositados principalmente em suas planícies fluviais em proporções menores, numa área de 18,8km<sup>2</sup> e percentual de 17,15%, notam-se sedimentos clásticos-carbonáticos. No que tange à sua estrutura, verificam-se lineamentos orientados em sentidos SO-NE/NO-SE, ambos concordantes com os fluxos das drenagens dos rios São Desidério e Porto Alegre.



**Figura 6** –Mapa Geológico simplificado da APA de São Desidério-BA  
 Fonte: Elaborado pelo autor.

### **1.2.5– Geomorfologia**

Regionalmente, a geomorfologia da Bacia Sanfranciscana é composta pela Depressão Sertaneja e do São Francisco, com feições de relevos aplainados, vales rasos e morros residuais aplainados (ROSS, 2009). De maneira geral, tal território apresenta relevos deprimidos, com topografias relativamente rebaixadas e compartimentadas entre formações de chapadas intensamente erodidas.

Segundo Ross (1992), a geomorfologia é classificada com base numa escala taxonômica composta por seis níveis. Tendo em vista a escala utilizada nesta pesquisa, não se caracterizou o 6º táxon, o que requereria mais detalhes cartográficos.

O primeiro táxon corresponde às Unidades Morfoestruturais e os demais às Unidades Morfoesculturais. Dessa maneira o autor propõe a cartografia do relevo conforme o nível de detalhamento da paisagem. Nesse sentido, no que tange à referida área de estudo, a Bacia Sanfranciscana (já ilustrada na figura 4) enquadra-se no táxon 1º, pois se apresenta como macroestrutura em relação às demais feições morfoesculturais de relevo. Tal bacia tem sua gênese em atividades tectônicas pretéritas e contém em seus compartimentos, tanto regiões geomorfológicas quanto unidades de relevo.

No que se refere ao segundo táxon, cujos padrões são morfoesculturais, a área insere-se nas depressões Sertaneja e do São Francisco, ambas possíveis de serem observadas na APA de São Desidério, e correspondendo ao Planalto Divisor do São Francisco-Tocantins. As referidas depressões se prolongam numa área fortemente rebaixada e aplanada, abarcando uma diversidade litológica e arranjos estruturais intensamente erodidos (ROSS, 1989).

No terceiro táxon, apresentam-se as Unidades Morfológicas em padrões de colinas, ondulações e tabular, intensamente controlados por processos de denudação e agradação. Tais padrões de formas semelhantes esboçam feições aparentes tanto em sua rugosidade topográfica, quanto em dissecação do relevo (ROSS, 1992).

O quarto táxon expõe feições de relevos cársticos denudacionais do tipo: superfícies planas, topos convexos (Figura 7), tabulares, escarpados (Figura 8) e aguçados com elevados índices de dissecação e padrões agradacionais, constituídos, sobretudo, entre as drenagens dos rios São Desidério, Porto Alegre, Tamanduá e João Rodrigues, bem como na Lagoa Azul (dolina alagada), BILC - Buraco do Inferno da Lagoa do Cemitério, BIS - Buraco do Inferno da Sucupira e Sumidouro João Baio.



**Figura 7** – Perfil Convexo – Relevo cárstico intensamente dissecado na APA de São Desidério  
Foto: Juscelino Ferreira.



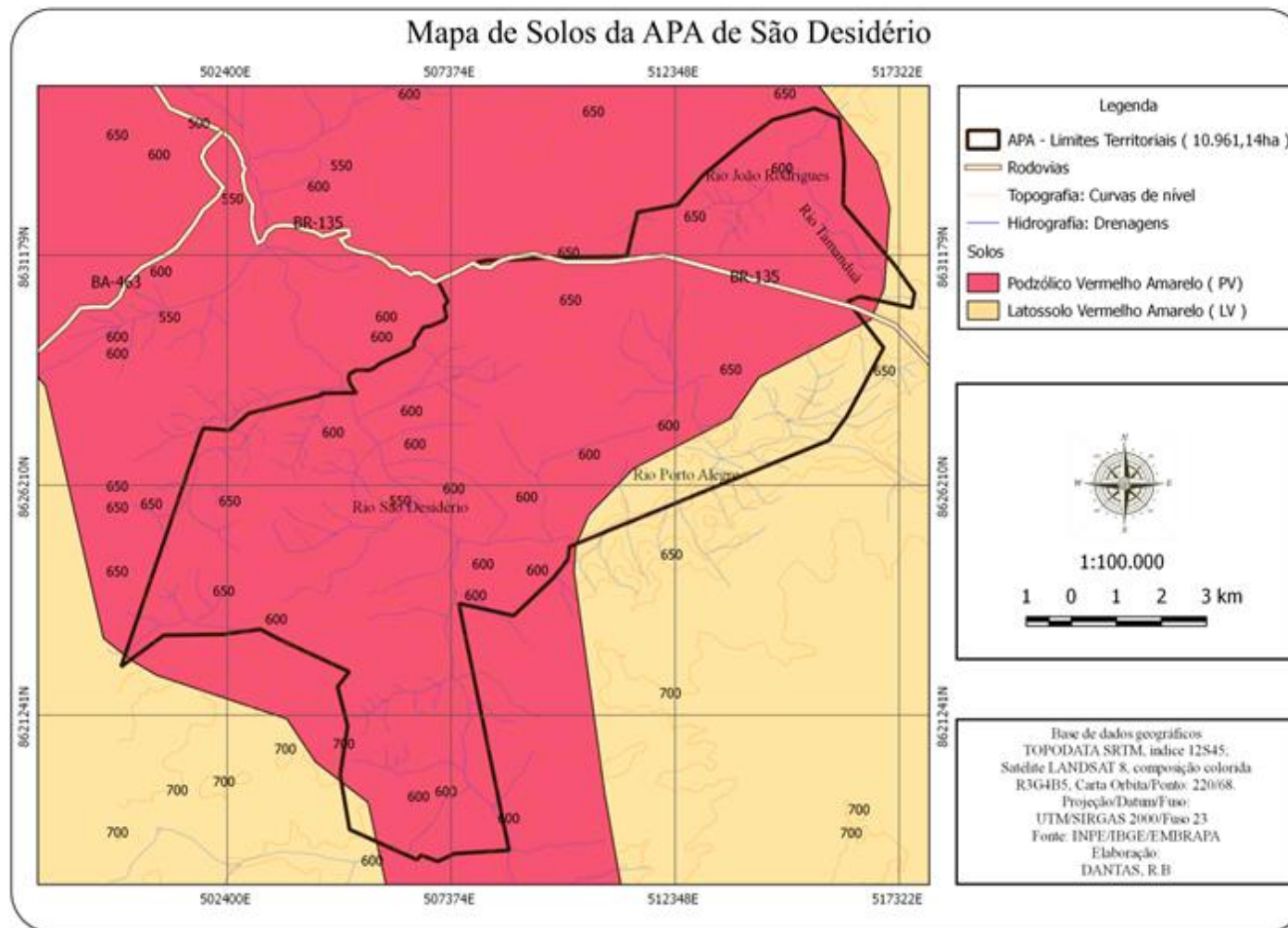
**Figura 8** – Perfil tabular fortemente escarpado na APA de São Desidério  
Foto: Juscelino Ferreira.

O quinto táxon diz respeito aos tipos de vertentes que, segundo Ross (1992), têm sua origem e idade mais recentes e são o produto da morfogênese contemporânea, podendo ser convexa, côncava, retilínea e abrupta. As vertentes ou escarpas são morfologias bastante acidentadas em bordas de planaltos, serras e relevos testemunhos (SUERTEGARAY, 2008). Na APA de São Desidério, predominam as vertentes côncavas, convexas e retilíneas, principalmente nos fluxos de drenagens principais dos rios São Desidério e Porto Alegre, bem como nos extremos topográficos que ligam o BILC à Lagoa Azul, suscitadas por processos denudacionais e agradacionais, controlados por dimensões interfluviais pequenas.

### **1.2.6 – Pedologia**

Os solos da APA de São Desidério constituem-se de Latossolo Vermelho Amarelo (LV) e Podzólico Vermelho Amarelo Eutrófico (PV) (EMBRAPA, 2015) (Figura 9). Os solos (LV) abrangem um percentual de 19,34% da área sendo que os (PV) representam 80,6% desta. Ambos fortemente controlados em sua gênese e características pela múltipla e perene rede de drenagem fluvial, aflorada dos rios que integram essa unidade de conservação.

Os Podzólicos Vermelho Amarelo Eutrófico concentram-se entre os elementos exocársticos do Buraco do Inferno da Lagoa do Cemitério, Sumidouro João Baio, Buraco do Inferno da Sucupira, Cânion do Catão e Dolina Lagoa Azul. Os entornos das Grutas Manoel Lopes, Buraco da Sopradeira, e considerável porção dos rios São Desidério, Porto Alegre e Tamanduá, são influenciados pelos Latossolos Vermelhos Amarelos.



**Figura 9** – Mapa de solos da APA de São Desidério – BA  
 Fonte: Elaborado pelo autor.



### 1.2.7 Aspectos do uso e ocupação do solo

O município de São Desidério, historicamente, segundo o IBGE (2015), iniciou seu povoamento ainda na segunda metade do século XIX, a princípio na fazenda do Sr. Desidério José de Souza, que contribuiu para a constituição dos primeiros adensamentos populacionais.

A partir da década de 1960, a população local articulou um movimento com objetivo de conquistar a emancipação política de São Desidério, e no dia 22 de fevereiro de 1962, através do decreto lei estadual de nº 1.621 do governador Lomanto Júnior, torna-se município autônomo (IBGE, 2015).

Conforme o IBGE (2010), São Desidério tem uma população de 27.669 habitantes e densidade demográfica de 1,82 hab./km<sup>2</sup>, num território de 15.174 km<sup>2</sup>. Sendo assim, percebe-se que tal município tem baixa densidade demográfica e sua população rural supera a urbana (Tabela1).

**Tabela 1** - População residente por situação de domicílio e distribuição por gênero

	<b>Urbana</b>	<b>Rural</b>
<b>Total</b>	8633	19026
<b>Homens</b>	4318	10212
<b>Mulheres</b>	4315	8814

**Fonte:** IBGE (2016).

Atualmente, a base econômica do referido município se concentra principalmente na agropecuária mecanizada, agricultura de pequeno porte e extrativismo mineral. No que tange a expansão agrícola, desenvolve-se na agricultura intensiva ainda na segunda metade da década de 1980. Tal fato quebra o paradigma de agricultura direcionada apenas à subsistência, típica do Nordeste, especificamente sertão, para se tornar nos dias de hoje uma das cidades que mais produz soja e milho no Nordeste. Além disso, segundo o IBGE (2015), São Desidério foi considerada como maior produtor de algodão do Brasil, com 12,4% do cultivo nacional.

Parte da subsistência das populações locais, sobretudo ribeirinhas e nativas que habitam na APA de São Desidério, advém da agropecuária e da pesca. Além disso, o município movimenta atividade econômica de exploração mineral de calcário.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

O desenvolvimento da ciência geográfica no Brasil traz consigo desde sua gênese, uma nítida complexidade no que se refere ao seu objeto de estudo no espaço. Para Ross (2009), parte considerável dos geógrafos trabalha com maior ênfase nos aspectos da natureza do que nos aspectos da sociedade, entretanto sem menosprezar sua realidade e significância.

Sendo assim, a análise geomorfológica em paisagens, sobretudo cársticas em UC - Unidades de Conservação colabora para uma compreensão mais robusta e segura acerca das inter-relações de atividades geo-fisiográficas e geo-humanas. Para Cavalcanti (2014), a paisagem além de compor elementos naturais, também se constitui como representação de cultura, pois a mesma sofre interferências humanas em âmbito físico e político, a exemplo das UCs.

Segundo Garcia-Ruiz (2015), conceituar a paisagem é muito difícil, isto pelo fato da mesma constituir-se no resultado de intensos processos geomórficos suscitados no arcabouço geológico ao longo do tempo. A paisagem ganha forma através dos componentes geomorfológicos, pois os mesmos são indispensáveis à composição do estrato vegetal e dinâmica humana, dando origem a múltiplas paisagens cársticas, constituídas em sistemas ambientais (VIEIRA e CUNHA, 2002). Dessa maneira, percebe-se que no que diz respeito à paisagem geomorfológica, deve-se levar em conta a sua relação teórico-metodológica, com a geoeologia, pois a mesma procura desenvolver suas dinâmicas de análise e funcionamento sob a visão ambiental e espacial.

### **2.1 Geomorfologia Cárstica**

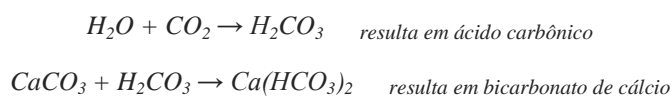
O estudo da Geomorfologia em regiões cársticas pode ser desenvolvido tanto na ênfase de sistema quanto paisagem, ambos distintos, porém se relacionam no que tange à dinâmica de seus processos, fatores, causas e efeitos. Assim, frisa-se que esta pesquisa teve como foco a análise da geomorfologia cárstica especificamente através da ótica da paisagem, o que não torna menos relevante a compreensão acerca do funcionamento de um sistema cárstico, pois o mesmo tem a capacidade de construir e modelar diversas paisagens em ambientes cársticos. Para tanto, tal discussão teórica versará em linhas gerais sobre o carste desde suas raízes gênicas, geomorfológicas, dinâmica sistêmica e em sua paisagem endocárstica e, sobretudo exocárstica relacionada a Unidades de Conservação.

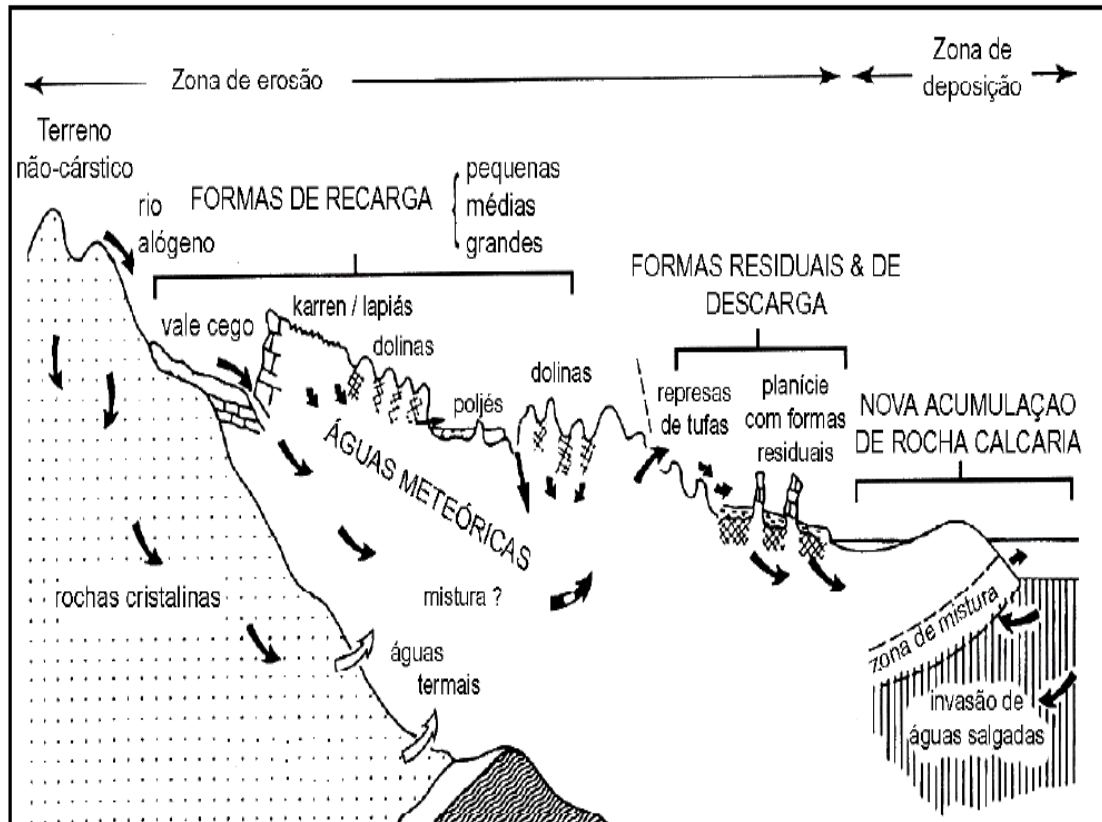
O cognome carste (*karst*) de origem alemã ou (*Kras*) eslovena, geomorfologicamente corresponde a um padrão inerente a maciços calcários (GAMS, 1993). Segundo Morais (2011), nas adjacências da Eslovênia e Itália tem-se a composição da primeira região cárstica pesquisada com rigor, denominada karst. O relevo cárstico tem enorme propensão a fisionomias geométricas quase sempre complexas em escala micro-macro, a exemplo de cavernas e seus espeleotemas e lapiás, dolinas, uvalas, poljés, entre outros.

Conforme Gams (1993), Jovan Cvijić foi o primeiro pesquisador no século XIX a estudar cientificamente as regiões castiças e, para Hardt *et al.* (2010), Alfred Grund foi precursor na associação entre fluxo hídrico subterrâneo e feições cársticas, com base na compartimentação das zonas de aquíferos. Os trabalhos dos referidos pesquisadores têm servido como norte ainda nos dias atuais, principalmente no que se refere à caracterização para fins de planejamento e gestão geoambiental em sistemas cársticos, incluindo a relação de gênese, evolução e dinâmica.

Para Tricart (1977) e Christofolletti (1980), sistema é um conjunto de atributos inerentes a fluxos de matéria e energia, onde se origina uma interdependência entre ambos. Conforme Karmann (2008), um sistema cárstico (Figura 10) se constitui mediante a dissolução de rochas carstificáveis em águas confinadas em ambientes subterrâneos.

O modelado das feições cársticas tem sua origem na intensa atuação do processo de dissolução química no embasamento rochoso (WHITE, 1988). Segundo Kohler (2009), na origem destes sistemas cársticos, o elemento água é protagonista, levando em conta que esta acumula gás carbônico, que reage em contato com o calcário, gerando o bicarbonato de cálcio solúvel, como demonstrado pela expressão abaixo:





**Figura 10** – Abrangências dos Sistemas Cársticos

Fonte: (FORD e WILLIAMS, 2007, p.3)

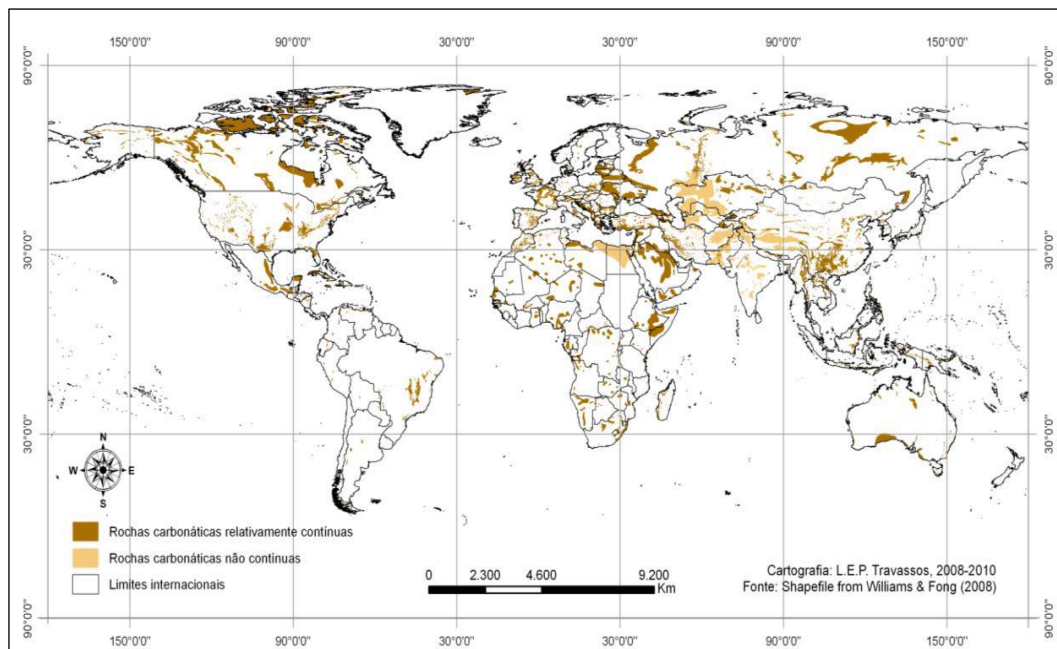
Conforme Popp (2009), a química de meteorização é possível quando a qual se tem uma dinâmica interrelacionada entre água e  $\text{CO}_2$  dissolvidos e, em alguns casos, dos ácidos biológicos ocasionados por resíduos florísticos. A partir de então, processa-se a dissolução calcária, que é diretamente condicionada pela água, funciona como vetor de modelagem das mais variadas feições geomorfológicas cársticas, tendo em vista a ocorrência principalmente do intemperismo químico e biológico.

A morfologia cárstica subdivide-se em exocárstica (superficial) ou endocárstica (interna), ambas compõem processos de gênese, efeitos e fisionomias diferentes, porém relacionadas. Segundo Jennings (1971) e Sweeting (1973), a geomorfologia em regiões cársticas sofre processos de dissolução em virtude da absorção de drenagem de  $\text{H}_2\text{O}$  tanto em zona endocárstica como exocárstica. As feições superficiais têm sua gênese na zona de absorção hídrica advinda de sistemas cársticos, conforme ilustrado na figura 10 (BIGARELLA *et al.*, 1994).

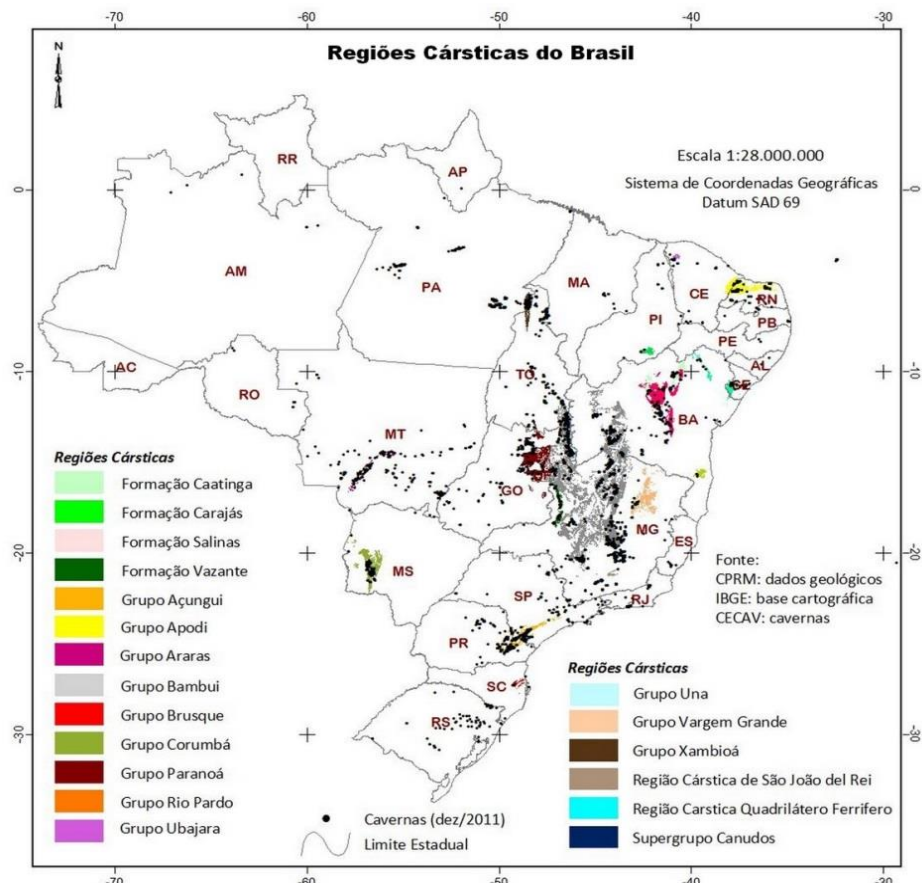
Na dinâmica dos sistemas cársticos, deve-se levar em conta a atuação do intemperismo. Para Wicander e Monroe (2009), o intemperismo é um desgaste primordial à consolidação dos sedimentos e das rochas sedimentares, bem como à dinâmica mecânica,

gerada por movimentos de fragmentos rochosos, além das transformações químicas. A atuação de tal fenômeno estimula a formação e alargamento de fraturas nos maciços rochosos, permitindo a percolação da água em subsuperfície. Conforme Ford e Williams (2007), a infiltração hídrica se processa em zonas de drenagem, contribuindo para decomposição e transformação do carste.

De acordo com Bigarella *et al.* (1994), as feições cársticas têm seu desenvolvimento proveniente da litologia, estratigrafia, paleoclima, clima atual e composição vegetal. As regiões cársticas, conforme ilustra a figura 11, abrangem entre 10% a 15% das formações de relevo no mundo e são especialmente desenvolvidas em rochas calcárias, dolomíticas e até salinas (FORD e WILLIAMS, 2007). As regiões cársticas (Figura 12), perfazem de 5% a 7% do território brasileiro e compõem o carste carbonático (KARMANN, 2008).



**Figura 11** – Distribuição global de rochas carbonáticas, modificado de Ford e Williams (2007)  
Fonte: Travassos (2008-2010).



**Figura 12** – Regiões Cársticas no Brasil. Fonte: ICMBIO (2006)

As paisagens cársticas, conforme Kohler (2009), têm concepção e evolução diretamente ligada ao nível de dissolução da rocha em parâmetro de qualidade e vazão hídrica, associadas às características ambientais da biosfera. Na construção das feições cársticas, o maciço rochoso exerce grande influência, tendo em vista as propriedades petrográficas, intensamente ligadas à decomposição química (PILÓ, 2000). Nesse contexto, exemplifica-se a rocha calcária, por ser essencialmente branda, onde seu processo de desgaste, modelagem e colapso torna-se mais favorável e acelerado tanto no endocarste como no exocarste.

Na concepção de Piló (2000), é consenso inserir as rochas compostas em silício, oxigênio e hidrogênio, sobretudo os quartzitos e arenitos, no grupo de rochas carstificáveis. Segundo Bigarella *et al.* (1994), o fenômeno da dissolução intensifica-se em temperaturas mais elevadas, porém decresce a incidência de CO<sub>2</sub> dissolvido, tendo em vista a reduzida capacidade da água em absorvê-lo em solução. Para Lino (2001), a formação do carste, além do fator litológico, também se atribui ao climático a depender de sua zona de influência. A temperatura exerce significativa influência na dissolução química do carste (FORD e WILLIAMS, 2007). Para Klimchouk *et al.* (2000), a carstificação ocorre mediante a

dissolução da rocha, originando canáliculos na estrutura do relevo por onde a água percola independente da litologia. De acordo com Huggett (2007), o fenômeno da carstificação pode suscitar em qualquer tipo de rochas, isso a depender das condições de interferências naturais. Dessa maneira, verifica-se que a formação do carste consolida-se por sua essência litológica não restrita às rochas calcárias, bem como especificidades climáticas em diversas regiões do mundo.

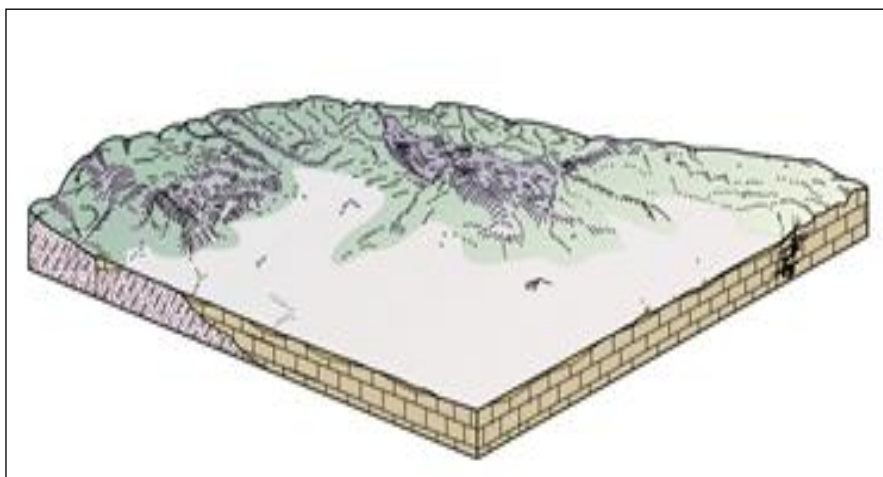
### 2.1.1 O Exocarste

A paisagem exocárstica, segundo Kohler (2009), é composta por *karren*, dolinas, uvalas, poljés, maciços, mogotes, torres, verrugas e feições fluviocársticas, dentre outras tantas feições dependentes do contexto em que estão inseridas estas paisagens.

Os *karrens* (Figuras 13 e 14) são pequenas morfologias em modelos geométricos de caneluras ou regos, furos e saliências em tamanhos milimétricos a centimétricos em superfícies de dissolução em rochas calcárias (CHRISTOFOLETTI, 1980; BIGARELLA *et al.*, 1994; PILÓ, 2000; KOHLER, 2009). Conforme Ginés *et al.* (2009), os *karrens* são feições exocársticas com características peculiares, na aparência de sulcos ou ranhuras em dimensões que variam de milímetros a dezenas de metros, podendo se estender por quilômetros. De acordo com Viles (2009), os microorganismos, flora e fauna, ao se concentrarem na superfície da rocha calcária, criam uma camada de biofilme (fungos e cianobactérias) que envolve o exocarste, contribuindo para maior dissolução da rocha e, conseqüente, formação dos *karrens*.



**Figura – 13** *Karrens* alveolares na APA de São Desidério.  
Foto: Robson Braga Dantas.



**Figura 14** – Modelo esquemático de afloramentos de *karrens*.  
Fonte: IBGE, 1995.

Os *karrens* têm gênese em condições exaustivas de intemperismo, onde o contato hídrico fluente produz micro-desgastes na superfície das rochas calcárias e conforme seu percurso originam-se as morfologias em regos nos sentidos paralelos verticais, horizontais circulares, bem como a ação eólica na locomoção de pequenas partículas de sedimentos e influência de ácidos húmicos em decomposição. O maior desafio em relação à compreensão acerca do relevo em *karren* é o de estabelecer um parâmetro de modelagem para obter um conhecimento correto sobre suas características morfométricas, tendo em vista os variados fatores litológicos e climáticos (GINÉS *et al.*, 2009).

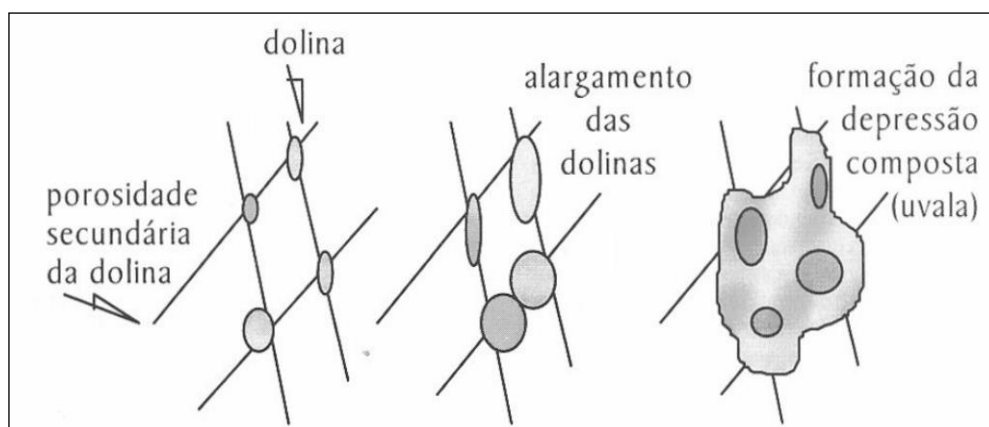
Para Bögli (1980), os *karrens* caracterizam-se em: superfícies exposta, cobertas ou intermediárias e endocársticas. Tal distinção de fisionomias ocorre pelo fato dos maciços cársticos que servem como base, estarem consolidados quase sempre em ambientes aquosos, onde sua relação com a topografia do relevo contribui com seus padrões de modelagem. Na concepção de Kohler (2009), a importância do estudo dos *karrens* diz respeito às recentes dinâmicas de atrito de uma superfície cárstica. Sendo assim, a morfologia dos *karrens* traz consigo um registro essencial ao entendimento dos eventos climáticos passados e contemporâneos.

Salienta-se que com base nos estudos de Bondesan *et al.*, (1992), as dolinas em sua maioria encontram-se em superfícies de paisagens cársticas, as quais possibilita sua distinção de outros padrões comuns de erosão específica da água em superfície. Uma dolina primeiramente tem sua evolução em pequenos rebaixamentos do relevo, onde a dinâmica hídrica começa a percolar, impondo as rochas a uma excessiva absorção de água, culminando no fenômeno do desgaste (BIGARELLA *et al.*, 1994). Dessa maneira, a excessiva e constante



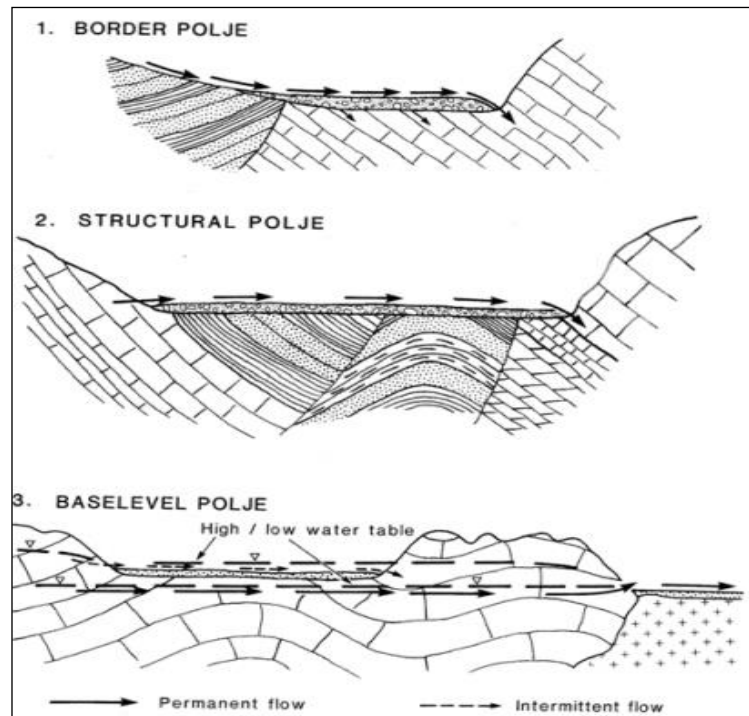
intensidade do intemperismo químico pode fragilizar o carste, resultando na exposição de um ou mais condutos cavernosos, através do colapso súbito ou gradual de sua estrutura superior, dando origem às dolinas.

Para Ford e Williams (2007), dolinas são composições em aspectos geométricos circulares, além de semicircular planas e suas bordas variam entre algumas a várias centenas de metros de profundidade (Figura 15). De acordo com Suguio (2010), as dolinas constituem morfologias cilíndricas ou relativamente côncavas, frisando que as dolinas em fisionomias de funil e tigelas são comumente encontradas em relação às demais. Com base em Kohler (2009), uvalas e dolinas são o produto do rebaixamento do relevo mais acentuado que os poliés; sendo assim, o autor sugere que as uvalas têm sua gênese através da junção entre duas ou mais dolinas.



**Figura15** – Esquemática evolutiva de dolinas para uma uvala, modificado de WHITE (1988).  
Fonte: Piló (2000)

Conforme Piló (2000), poljés são largos rebaixamentos do relevo, fechados, com dimensões de comprimento e larguras que chegam a dezenas de quilômetros de largura, com entornos abruptos, e parte inferior em planícies maciças ou através do preenchimento de materiais argilosos, biológicos ou formação de lagos. De acordo com Bigarella *et al.*(1994), os poljés (Figura 16) são produto da dissolução imponente de áreas calcárias, pela ação das águas, tendo como consequência uma morfologia em planície, controlada pelos seus limites geomorfológicos. Jennings (1985) atribui a gênese dos poljés à dinâmica tectônica e aos parâmetros de desgastes intempéricos.



**Figura 16** – Esquemática de tipos de poljês, modificada de Gams (1978).  
 Fonte: (FORD e WILLIAMS, 2007)

Maciços, mogotes, torres e verrugas, conforme Kohler (2009), são feições rochosas protuberantes cujo seu desenvolvimento geomorfológico gera inúmeras interrogações. Tais morfologias têm sua dinâmica de construção e modelagem relacionadas aos processos de fluxos de drenagens exocarsticos e endocársticos. Na concepção Kohler (2009), os maciços são enormes planaltos cársticos, podendo compor conjuntos de agrupamentos rochosos esculpidos por *karrens* entre as bordas desgastadas e preenchidas em meio a vales cegos drenados por rios que desaguam em sumidouros.

Os mogotes têm sua formação em regiões de baixas latitudes, com aspectos em morros testemunhos de algumas dezenas de metros de altitudes, onde tais saliências dão origem às torres, que diferentemente dos morros, têm morfogênese fluvial (LINO, 2001 e KOHLER, 2009). A origem das feições positivas ou salientes denominadas mogotes é consequência de intensa ação erosiva do carste em regiões influenciadas por climas com temperaturas relativamente elevadas e grandes regimes pluviométricos ao longo do ano, onde tal desgaste e modelagem são possíveis, ganhando destaque diante da paisagem topográfica do seu entorno.

As torres são saliências circulares e de pequeno porte normalmente situadas entre dolinas minúsculas (MOURA,1990). As Torres correspondem às feições abruptas isoladas (TRAVASSOS *et al.*, 2015). Embora semelhantes aos mogotes, as torres têm sua gênese em relevos sedimentares sob a atuação erosiva da ação de drenagem dos rios, os quais contribuem

para a construção daquelas, em que os "elementos" são principalmente: solos, detritos e rochas, além das condições de intemperismo.

As verrugas ou banquetas são emersões geomorfológicas muito notórias na escala de decímetros a um metro de diâmetro de altura (KOHLENER, 2009). De acordo com Travassos (2010), as verrugas são o produto de uma morfologia particular.

Formas fluviocársticas, segundo Kohler (2009), têm sua minúcia na fluência hídrica, seja exocárstica ou endocárstica, elaborando vales cegos, sumidouros, ressurgências e desfiladeiros. As condições de porosidade em condutos com estruturas de relevos calcários propiciam a elevada infiltração hídrica de forma que os fluxos de drenagens afloram e somem facilmente por entre a morfologia cárstica fraturada, conforme seus padrões topográficos.

Para Karmann (2008), os vales cegos têm maior incidência no percurso topográfico mais rebaixado do exocarste, contribuindo para um fluxo fluvial na direção de feições carbonáticas e os sumidouros assinalam o limite entre as litologias. Sumidouros são feições geomorfológicas em que as águas se direcionam ao subsolo cárstico (BIGARELLA *et al.*, 1994) os sumidouros podem ter a função de recarga de aquíferos e rios subterrâneos através da ação das águas pluviais. Kohler (2009) enfatiza que os vales cegos, encaixados se caracterizam pela liberação de corpos hídricos, correntes no rumo das vazões mais volumosas, desaguando em sumidouros. Assim, sumidouros correspondem a acessos de fluxos hídricos superficiais em direção a condutos subterrâneos, diferentemente dos vales cegos que contribuem com a dinâmica dos mesmos.

Na ótica de Bigarella *et al.* (1994), as ressurgências são o retorno dos fluxos aquáticos ao exocarste. Vale frisar que tal retorno é possível quando somente o fluxo de água subterrâneo se aproxima da superfície com vazão permanente, graças à porosidade permeável da rocha calcária.

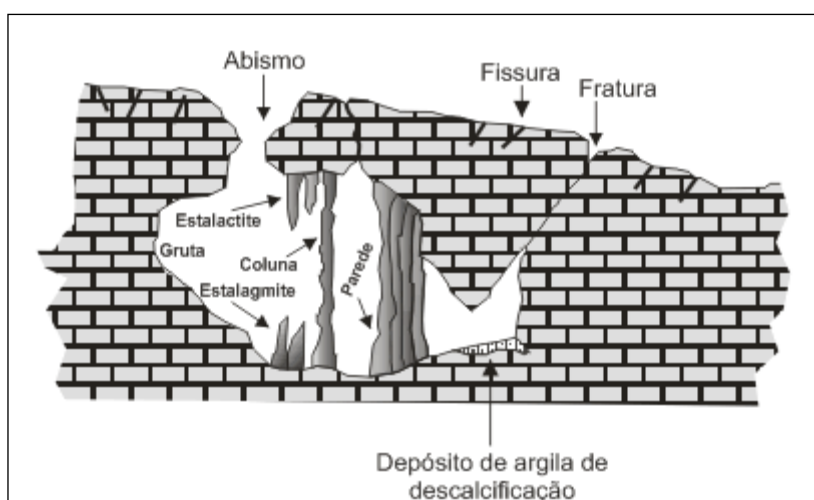
Os desfiladeiros ou *canyons* são combas ou baixadas com fisionomias abruptas comuns, sobretudo em regiões cársticas, atribuídas quase sempre aos desmoronamentos endocársticos (PILÓ, 2000). Tal morfologia em *canyons* pode ter sua origem quando o fluxo hídrico endógeno excede sua vazão, acelerando o fenômeno da dissolução química da rocha, podendo inclusive moldar uvalas ou dolinas.

### **2.1.2 O Endocarste**

A morfoestrutura do endocarste tem sua essência na litologia da rocha através da porosidade secundária, associada ao tectonismo facilitando a dinâmica da água em direção ao subterrâneo (HARDT, 2004). Além de fatores geológicos, geomorfológicos e hidrológicos,

também é preciso levar em consideração as oscilações de temperatura e umidade relacionadas às mudanças climáticas pretéritas, indispensáveis ao processo de dissolução química e erosão do pacote rochoso.

Segundo Elorza (2003), o carste interno é o ambiente onde os desgastes geológicos são acentuados, em virtude da composição rochosa permeável, propiciando sua modelagem (Figura 17). No interior de tais condutos endocársticos, tem-se a deposição de espeleotemas na forma de estalagmites, estalactites, colunas, cortinas, travertinos, coraloides entre outros, alimentados e retro-alimentados por um sistema de dissolução e deposição.



**Figura 17** – Modelo esquemático simplificado de um endocarste  
Fonte: Casseti (1990)

Em seu interior as cavernas podem acumular registros paleontológicos e arqueológicos em consequência de processos de deposição sedimentar relevantes aos estudos paleoambientais (FORD e WILLIAMS, 2007). As cavernas são internacionalmente definidas como sendo uma cavidade de relevo desenvolvida naturalmente e acessível ao homem (LINO, 2001). Tal definição gera discussão, pois o critério antrópico sobressai-se em relação à dimensão e estruturadas cavernas.

O sistema cárstico subterrâneo evolui gradativamente mediante a abertura de fraturas na rocha, progredindo na formação de condutos, originando sistemas cársticos condicionando a espeleogênese (FORD e WILLIAMS, 2007; DE WAELE *et al.*, 2009). Para Bigarella *et al.* (1985) e Klimchouk (2000), as cavernas são abrigos que se estendem horizontalmente e verticalmente, apresentando fluxos de drenagens hídricas ou não. Independentemente de sua geomorfologia, os referidos fluxos podem elevar seu nível de vasão a ponto de submergir o interior de uma caverna ou gruta, isto a depender da dinâmica e intensidade de recarga de rios subterrâneos.

Na concepção de Palmer (2016), as cavernas com morfologia uniforme em seus extremos têm gênese em ácidos carbônicos, diferentemente das cavidades com origem na influência de ácido sulfúrico, cujo desenvolvimento é mais lento e potencial de oxidação mais eficiente. Klimchouk e Frumkin (2016) atribuem o fenômeno de espeleogênese a processos de hipogênes e epigênese, ora distintos através de padrões estruturais, hidrogeológicos, geodinâmicos e geomorfológicos regionais. Os autores enfatizam a relevante diferença entre cavernas epigênicas e hipogênicas, considerando que tal distinção pode colaborar na identificação de diferentes padrões estruturais, visto que a atuação de CO<sub>2</sub> ocorre na percolação hídrica subterrânea e o H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> fluindo em água na direção às fissuras do embasamento freático.

O carste subterrâneo evolui gradativamente mediante a abertura de fraturas na rocha, progredindo na formação de condutos, originando sistemas cársticos condicionando a espeleogênese (JENNINGS, 1985; WHITE, 1988; FORD e WILLIAMS, 2007 e DE WAELE *et al.*, 2009).

De acordo com Palmer e Audra (2006) e De Waele *et al.* (2009), as cavernas constituem padrões conforme descrições abaixo:

- Branchwork, confere o tipo de caverna mais comum, superior a 60% das cavidades em dissolução. Sua geomorfologia apresenta-se em labirintos de condutos circulares e encaixados, bem como labirintos anastomóticas e tubos sinuosos, com gênese em recargas subterrâneas;
- Spongework labirínticos são cavernas com padrões irregulares e abertura alargada em poros primários, conectando-se tridimensionalmente seus condutos;
- Ramiform labirínticos, prolongam-se na direção oposta aos centros irregulares da cavidade.

Sistemas de cavernas de dissolução induzem uma compreensão muito dúbia pelo fato de se constituírem em condutos múltiplos e dimensões variadas (FORD e WILLIAMS, 2007). Dessa maneira, visualiza-se um grande desafio em estudar tais ambientes endocársticos e seus espeleotemas, isso dada a sua dificuldade de acesso. Neste sentido, Suguio (2012) salienta que quase sempre, a definição de caverna está atrelada à presença humana. Conforme Wicander e Monroe (2009), as grutas e cavernas têm sua formação à medida que a água subterrânea percola através do maciço rochoso, dissolvendo e alargando as fraturas e fendas na rocha hospedeira.

A compreensão relativamente segura acerca da dinâmica dos fluxos hídricos subterrâneos pode ser obtida através do ciclo hidrológico, largamente abordado na literatura mundial. Tal fenômeno se processa em função das águas nos estados sólido, líquido e gasoso.

Conforme Ford e Williams, (2007) os aquíferos se caracterizam através de sua permeabilidade hídrica. Dessa maneira, podem-se relacionar os estados de circulação hídrica ao clima, composição e morfologia do relevo e cobertura vegetal. Nesse contexto, o uso, manejo e gerenciamento do endocarste requer conhecimento científico, pois tais condutos podem confinar grandes aquíferos. Esses recursos hídricos compõem o principal elemento na gênese dos sistemas cársticos, essenciais à sustentabilidade natural e socioeconômica destes terrenos cársticos.

### **2.1.3 Unidades de Conservação e Plano de Manejo em Regiões Cásticas**

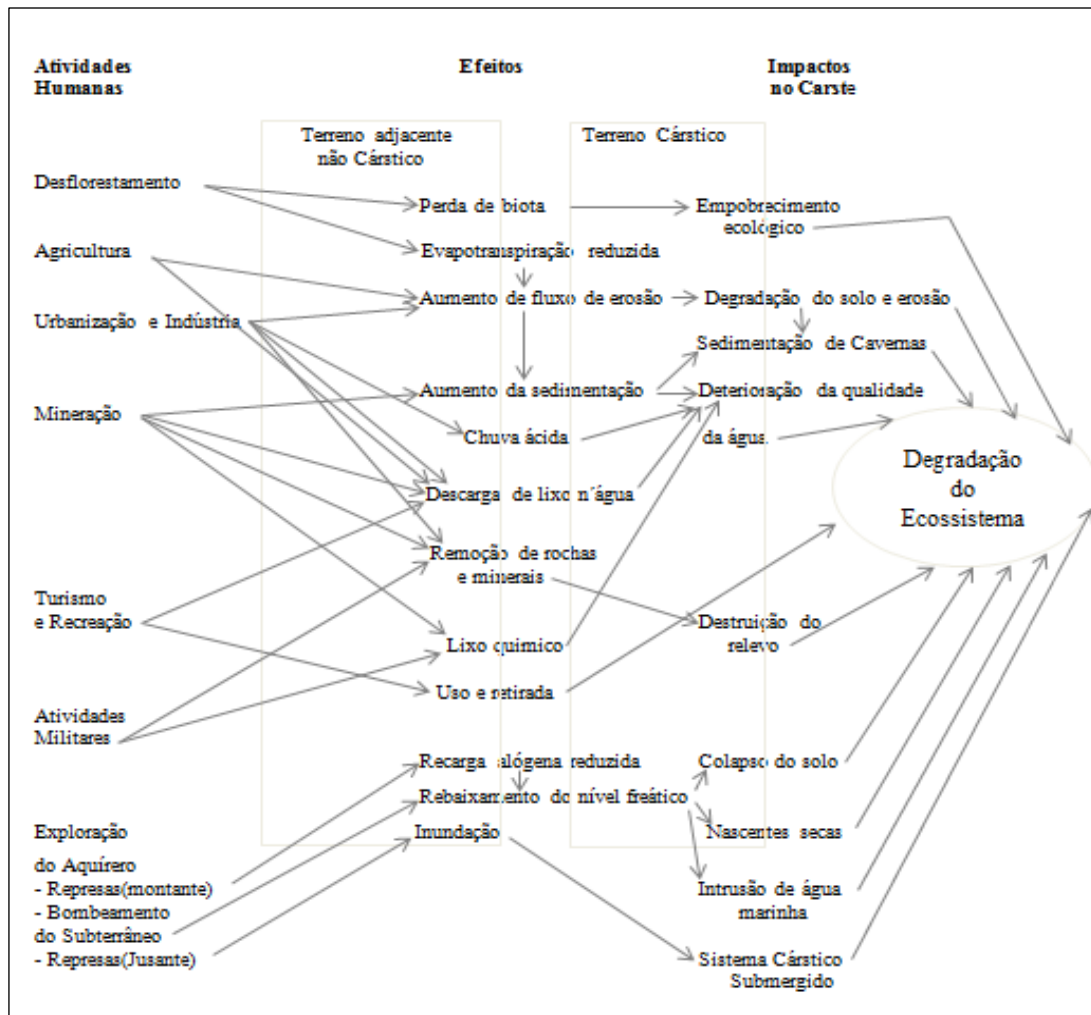
Tendo em vista a exacerbada busca pela ampliação de ganhos econômicos e bem-estar social, a sociedade humana vem suprimindo progressivamente os recursos naturais que lhes estão disponíveis. Tal dinâmica está relacionada à expansão de fronteiras do capital, sobretudo turística, industrial, agricultura mecanizada e atividades de extração mineral e vegetal, o que favorece a degradação ambiental.

Dessa forma, verifica-se a necessidade de se estabelecer territórios ecologicamente protegidos das ações predatórias humanas mediante a criação de Unidades de Conservação. As APAs são naturalmente Unidades de Conservação amparando-se na lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000 e devem conferir sustentabilidade e caracterizar-se por abranger uma área normalmente grande e composta por comunidades nativas e atributos naturais (SNUC, 2015). O referido amparo legal também contribui para normatizar regiões cársticas em seus mais diversos elementos geoambientais, uso e ocupação humana. Ainda com base no SNUC (2015), as UCs encontram base legal na lei citada nos Art. 1º e 2º parágrafo VI, que recomenda a proteção total de seus recursos naturais, permitindo apenas o uso indireto e sustentável pela sociedade.

Segundo Moura e Costa (2009), o Decreto nº 84.017, 21 de setembro de 1979, que valida a criação dos PN - Parques Nacionais tem como propósito o fortalecimento inicial do SNUC – Sistema Nacional de Unidades de Conservação. Na concepção de Guerra e Marçal (2006), as UCs incluem uma grande variedade de áreas protegidas no Brasil e devem ser beneficiadas pelos conhecimentos geomorfológicos, no que diz respeito não só ao Zoneamento Ambiental como também à execução de Plano de Manejo, Recuperação de Áreas Degradadas entre outros. Porém, na prática, grande percentual das UCs no Brasil não consegue lograr as prerrogativas legais que as protegem.

Para Alt (2008), as APAs não conseguem atingir seu principal propósito que é o de conservar a biodiversidade e garantir sustentabilidade monetária e social, pois são limitadas à

condição de UCs, quando poderiam tratá-las como parâmetro de gestão territorial. Tal fato implica em conflitos socioambientais, condicionando populações que vivem nessas áreas protegidas, visto que as mesmas suprem suas necessidades de subsistências e até capitalista sem nenhum manejo adequado, o que sugere a ausência de gestão ambiental. Em regiões cársticas (Figura 18) tais tensões humanas tornam-se mais agravantes em virtude da fragilidade e vulnerabilidade de seus complexos sistemas cársticos (FORD e WILLIAMS, 2007).



**Figura 18** – Interferências humanas e implicações ambientais em regiões cársticas (FORD; WILLIAMS, 1993 *apud* HARDT, 2006)

Regiões cársticas abrangem consideráveis mananciais hídricos confinados ou livres em seus aquíferos e condutos cavernosos, alimentando e retroalimentando nascentes, sumidouros, dolinas e ressurgências. De acordo com Hirata (2008), a captação insustentável de água em ambientes subterrâneos pode gerar alguns desequilíbrios como: decréscimo de potencial hídrico; subsidência do relevo e mudança no fluxo de base de rios. Tamanhas

implicações podem se refletir em colapso socioambiental, impondo subtração de nascentes e contaminação de reservatórios potáveis, levando em conta sua exposição direta.

O Plano de Manejo é o resultado de uma análise diagnóstica acerca de aspectos fisiográficos, ecológicos e sociais onde se propõe a maneira mais correta de uso em Unidades de Conservação e inclusive próximo a seus limites territoriais (SNUC, 2015). O mesmo sugere que se faça uso e ocupação dos potenciais naturais no sentido de propiciar sua sustentabilidade, seja a partir das relações de subsistências entre as populações que habitam em UCs ou através da prática do turismo ecológico de maneira planejada e bem gerenciada.

Segundo Silva (2012), o Plano de Manejo espeleológico em UCs é de competência de instituições e secretarias ambientais estaduais ou municipais. Sendo assim, percebe-se que pesquisa científica de cunho geomorfológico pode apontar e estruturar um rumo adequado ao uso e ocupação humana em UCs, porém o gerenciamento nesses ambientes continua sendo um significativo “divisor de águas”. O gerenciamento assertivo em regiões cársticas só será possível quando conduzido por saberes interdisciplinares sobre o funcionamento nesses ambientes (KOHLENER, 2009).



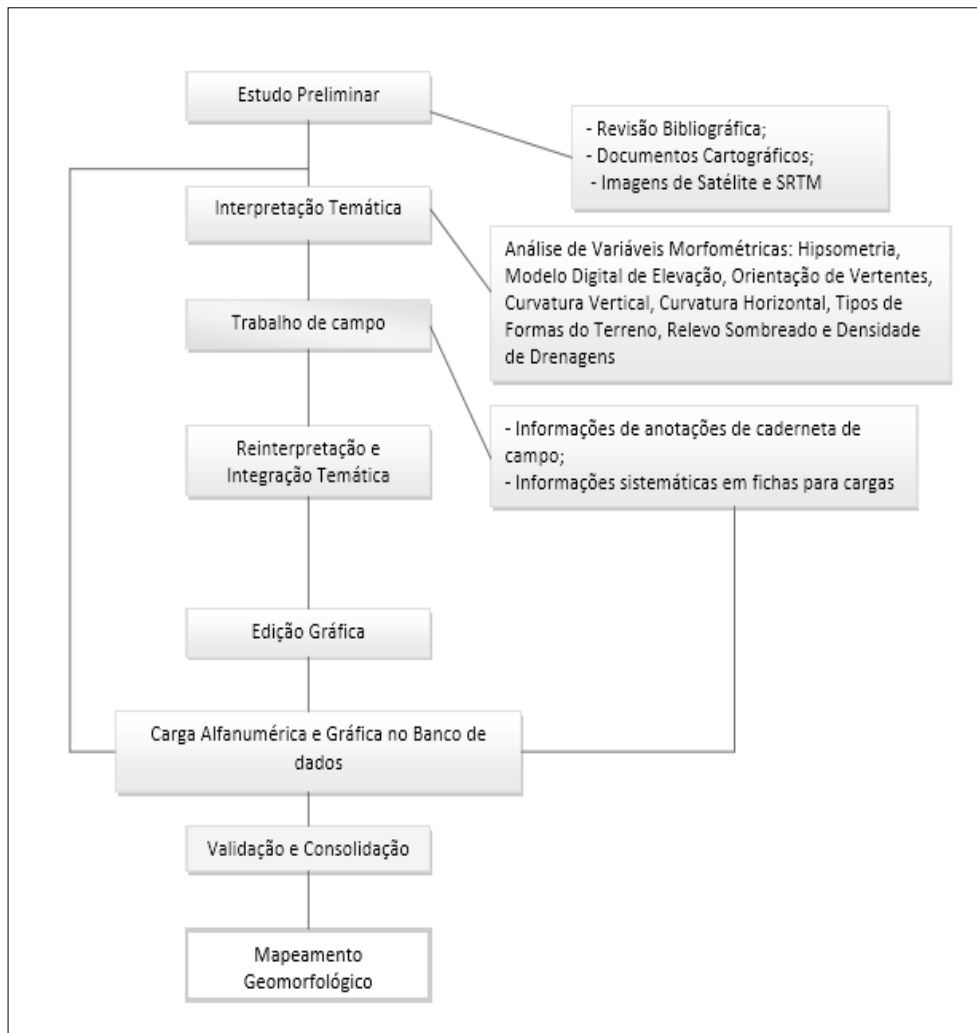
### **3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

Os procedimentos metodológicos adotados para esta pesquisa tomaram como norte os trabalhos de Kohler (1989); Moura (1990); Ross (1992); Mcharg (1971 apud Nucci, 2001); Ross e Fiertz (2005); Florenzano (2008); Kohler e Castro (2009) Travassos (2010); Isachenko, (1998 apud Cavalcanti, 2014). De maneira geral, realizou-se uma revisão bibliográfica, através de estudos geomorfológicos em paisagens cársticas morfoestruturais e morfoesculturais, sistemas cársticos relacionando feições exocársticas e fatores de degradação ambiental, bem como geotecnologias, tendo como fontes: livros, artigos científicos, dissertações, teses e relatório de órgãos e instituições competentes.

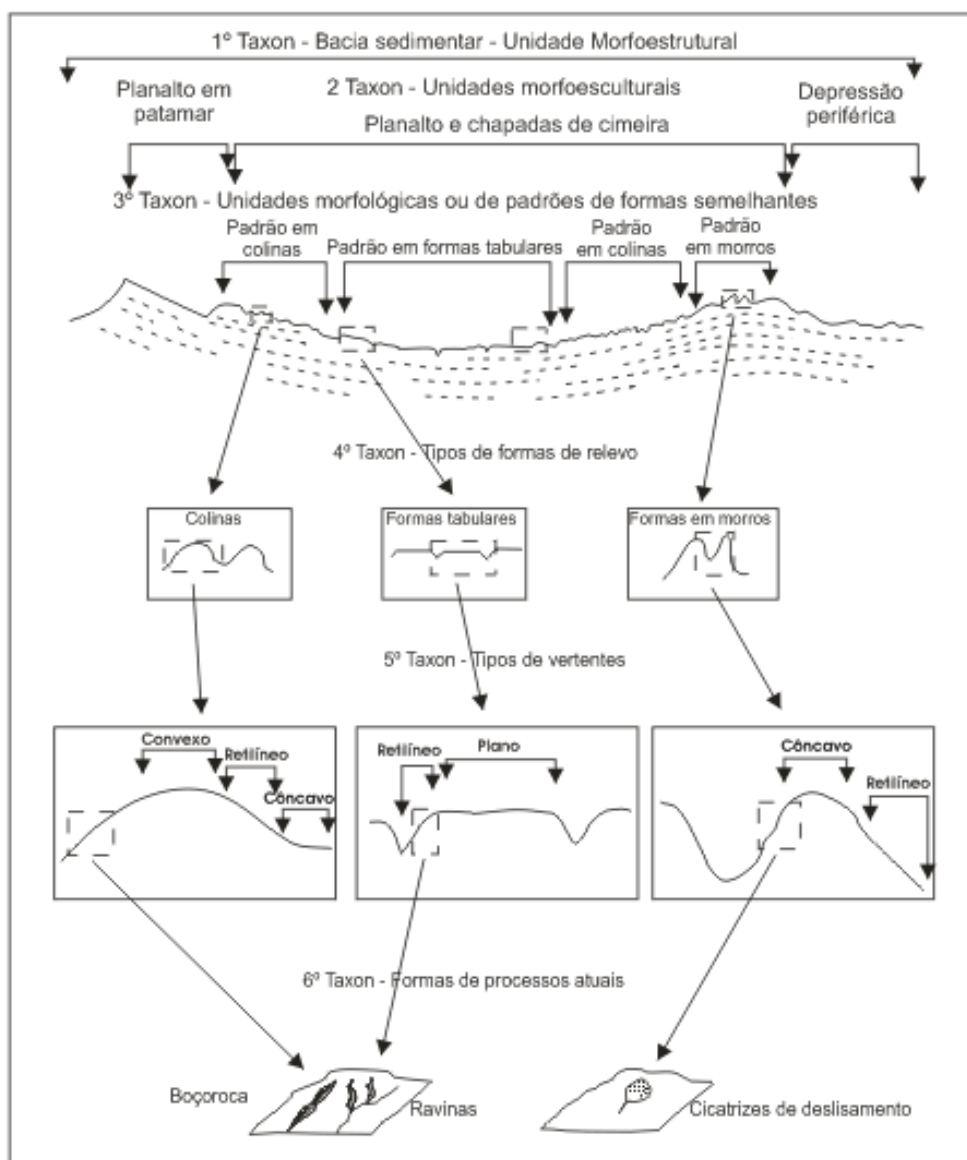
#### **3.1 Compartimentação geomorfológica e elaboração de mapas de variáveis morfométricas**

A referida pesquisa apresenta a análise de elementos do relevo cárstico, visualizados na superfície da paisagem da APA de São Desidério. Para tanto, foi executado o mapeamento geomorfológico (Figura 19), direcionado por variáveis morfométricas, essenciais ao estudo de unidades do relevo, gerando produtos tais como: modelo digital de elevação, hipsometria, tipos de formas do terreno, relevo sombreado, perfis topográficos com ênfase no estudo das características dos tipos de vertentes e densidade de drenagem.

Conforme Ab´Sáber (1969), o mapeamento geomorfológico não constitui o produto final do estudo do relevo, mas sim o alicerce para sua compreensão. Tal mapeamento referenciou-se na taxonomia do relevo servindo de base para o estudo da geomorfologia cárstica na referida APA, e seguiu os parâmetros metodológicos de Ross (1992) e Ross e Fiertz (2005), conforme ilustrado na figura 20. A taxonomia visa compreender as variadas fisionomias do relevo, dando enfoque em sua gênese e evolução (ROSS, 1992). Para tal, analisaram-se os aspectos geomorfológicos estruturais e morfoesculturais, indo do 1º ao 5º táxons, através de análises cartográficas e morfométricas. O 6º táxon não foi contemplado em virtude da escala aplicada e dos objetivos propostos.



**Figura 19** – Esquema para Mapeamento Geomorfológico  
Adaptado por Dantas (2016).  
Fonte: IBGE (1995)

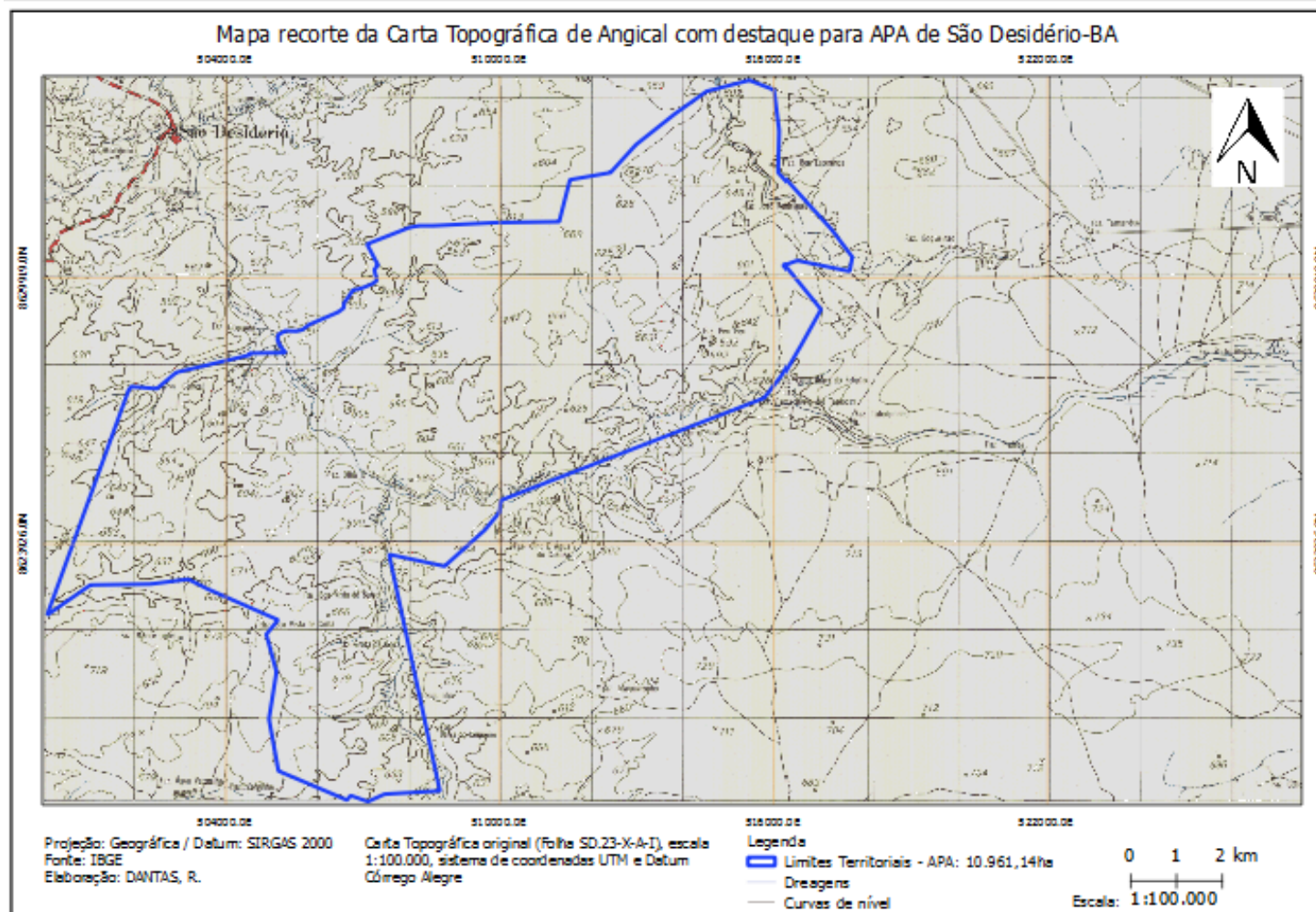


**Figura 20** – Representação esquemática de análise taxonômica do relevo conforme Ross (1992).

### 3.1.2 Análise Cartográfica

Na confecção dos mapas foram executados trabalhos de campo e georreferenciamento da carta de Angical – BA (Folha SD.23-X-A-I) conforme Figura 21. A referida carta topográfica corresponde a escala 1:100 000, sistema de coordenadas UTM e Datum Córrego Alegre. A escolha da referida carta topográfica se justifica pelo fato desta também abranger os limites territoriais absolutos da APA de São Desidério – BA. Assim, foi feito um recorte e inserido o polígono reprojeto de tal unidade de conservação, situada na UTM fuso 23, Datum SIRGAS 2000.

A base de interpretação e análise geológica se referenciou no CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, mediante os parâmetros de estrutura e litologia, estabelecidos pelo mapa geológico do Estado da Bahia, carta índice SD23.



**Figura 21** – Mapa recorte da Carta Topográfica de Angical com destaque para APA de São Desidério-BA

Os trabalhos de laboratório, responsáveis pela confecção de todos os mapas, foram feitos com uso do software (livre) QGIS 2.16.1. Dessa maneira, foram organizados previamente dados geográficos e cartográficos, através de arquivos vetoriais extraídos do IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística; imagens SRTM - *Shuttle Radar Topography Mission* com resolução de 30m, localizadas no índice 12S45, baixadas do TOPODATA/INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais; imagens LANDSAT 08 com a composição colorida R3G4B5, referentes à órbita/ponto 220/68 e arquivos vetoriais extraídos da base de dados CPRM e EMBRAPA.

Utilizou-se de chaves de interpretação de imagens SRTM e Landsat recomendada por Florenzano (2008), além disso, foram desenvolvidos trabalhos de campo com uso de receptores de sinal de GPS para identificação das coordenadas, e máquina fotográfica para registros da paisagem cárstica.

### **3.1.3 Análise Morfométrica**

De acordo com Christofletti (1999), o estudo da morfometria do relevo se faz indispensável à compreensão acerca das fisionomias e arcabouço estrutural, bem como a relação entre vertentes e redes de drenagens de uma bacia, pois fornecem informações ligadas à geomorfologia.

Pata tanto se colocou em prática o estudo das variáveis: Hipsometria; Modelo Digital de Elevação; Curvatura Vertical (Perfis Topográficos); Curvatura Horizontal; Relevo Sombreado; Tipos de Forma do Terreno e Densidade de Drenagens (detalhado no Capítulo 4). O desenvolvimento e análise morfométrica resultou no mapeamento geomorfológico da APA de São Desidério, mediante trabalhos de campo e geoprocessamento, contribuindo para a concretização da análise dos fenômenos cársticos.

#### *Hipsometria*

Conforme Kohler (1989), a representação matemática das curvas de nível, facilita a identificação e análise correta de distintos compartimentos do relevo, bem como padrões de tipologia da paisagem. Esta representação condicionou o estudo dos diferentes elementos exocársticos visualizados e pesquisados na APA.

#### *Declividade*

A declividade, de acordo com Valeriano (2008), torna-se indispensável no entendimento da relação escoamento superficial e infiltração, pois mostra a inclinação do terreno em relação ao plano. Portanto, tal variável se fez muito eficiente nos estudos,

sobretudo cartográficos e morfogenéticos, pelo fato de estabelecer parâmetros morfométricos (Tabela 2).

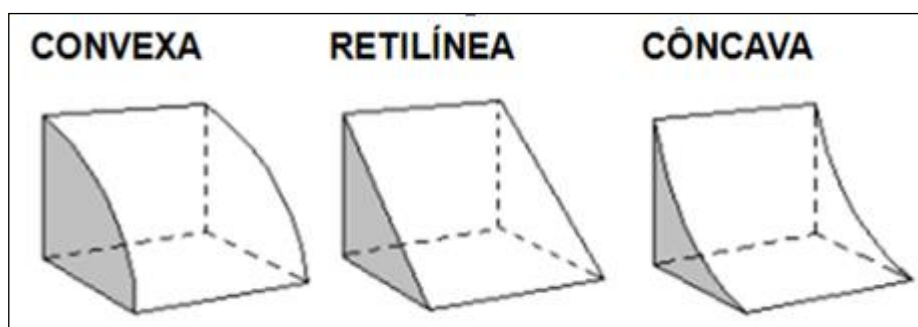
**Tabela 2** – Classes de declividade do relevo em percentual

Declividade %	Discriminação
0 - 3	Relevo plano
3 - 8	Relevo suavemente ondulado
8 - 20	Relevo ondulado
20 - 45	Relevo fortemente ondulado
45 - 75	Relevo montanhoso
>75	Relevo fortemente montanhoso

Fonte: EMBRAPA, 1978

### *Curvatura Vertical /Perfis Topográficos*

Na concepção de Valeriano (2008b), o estudo da curvatura do relevo é indispensável à compreensão acerca dos processos de transporte e agradação, além de contribuir na identificação de vertentes côncavas e convexas. Na ótica do autor, seria complexa a análise de vertentes sem tal método, frente à dificuldade de distingui-las entre si no terreno (Figura 22). Tendo em vista a disponibilidade da escala aplicada os perfis topográficos nortearam-se pelos parâmetros de (ROSS, 1992) através de taxonomia de 5º táxon mediante análise de imagens de satélite de alta resolução.

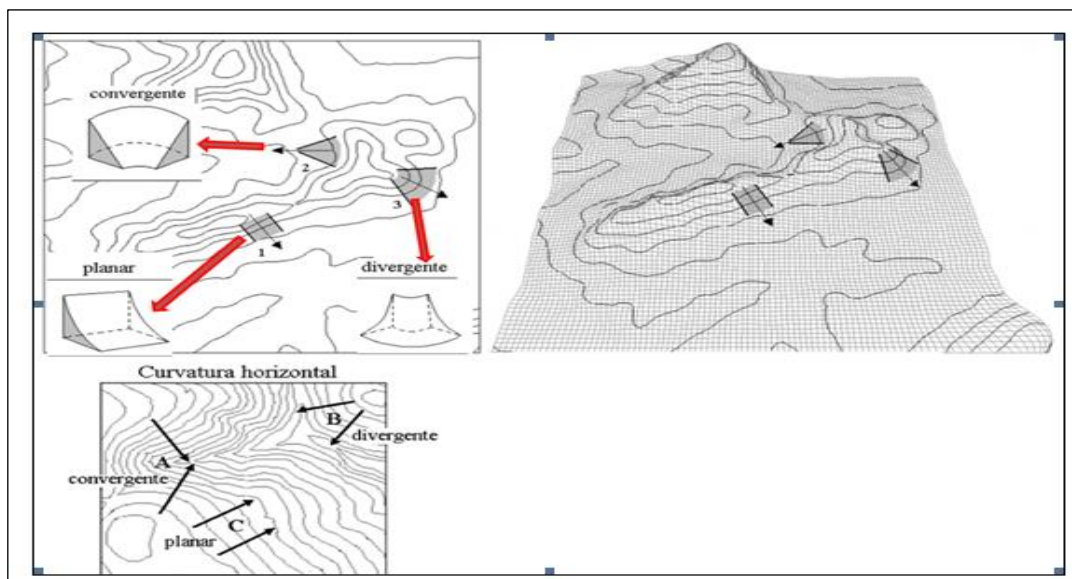


**Figura 22**–Esquema representativo de análise de curvatura vertical  
Fonte: Valeriano (2008a).

### *Curvatura Horizontal*

Segundo Bigarella (2003), compreender a dinâmica de funcionamento das vertentes horizontais favorece o êxito no estudo de escoamento superficial, tendo em vista seus pontos de convergência, propensos ao acúmulo de sedimentos e divergência, bem como ao escoamento laminar (Figura 23). Percebe-se que as setas apontam para o direcionamento do escoamento superficial, controlado pela topografia do terreno. Assim sendo, tomou-se como

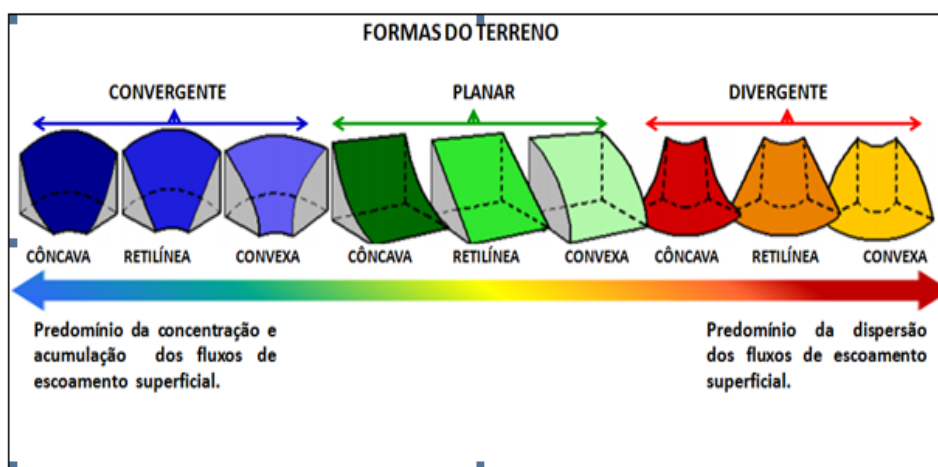
procedimento a análise da forma, declividade do relevo e sombreamento bem como o seu direcionamento.



**Figura 23** – Esquema representativo de análise de curvatura horizontal  
 Fonte: Valeriano e Albuquerque (2010).

### *Tipos de Forma do Terreno*

De acordo com Valeriano (2008a) a análise das formas do terreno expressa o resultado de estudos de curvatura vertical e horizontal do relevo (Figura 24). Tal resultado impõe maior confiabilidade no mapeamento de unidades geomorfológicas, sobretudo em regiões cársticas, levando em consideração sua fragilidade, por exemplo, hidrogeológica. As formas do terreno foram identificadas e analisadas através do cruzamento das escalas de curvatura horizontal e vertical, representadas em cores distintas entre as formas de relevo: convergente, planar e divergente.



**Figura 24** – Esquema representativo de análise de formas do terreno.  
 Fonte: Silva Neto (2013).

### 3.1.4 Análise de elementos cársticos:

Kohler e Castro (2009) enfatizam que a compartimentação topográfica revela a geomorfologia do relevo através de uma análise esclarecedora acerca de seu cenário. A compartimentação geomorfológica aqui desenvolvida teve como rumo uma abordagem sistêmica direcionada aos elementos superficiais da paisagem cárstica tropical na APA de São Desidério, com ênfase específica nos táxons 3°, 4° e 5°.

O método de observação da paisagem em campo direcionou-se de acordo com Isachenko, (1998 apud Cavalcanti, 2014), onde tal contemplação pode ocorrer na forma de caminhamento livre (Figura 25). Sendo para tanto, uma análise aleatória, porém coerente com os trabalhos de Kohler (1989), Moura (1990) e Travassos (2010).

Assim, o procedimento metodológico executado em campo adaptou-se conforme recomenda Cavalcanti (2014), seguindo os critérios de observação da paisagem e estudo da área pesquisada através de documentos cartográficos e posterior descrição físico-geográfica em laboratório e gabinete com auxílio de SIG e *in loco* com GPS e câmera fotográfica. Para tanto, seguiu as etapas e critérios, a saber:

#### Etapas

I – Determinação da área a ser pesquisada bem como reunião de materiais a serem utilizados (imagens de satélite, SRTM, dados temáticos e cartas topográficas);

II – Descrição físico-geográfica mediante pontos de controle, roteiro de campo, ida a campo e cobertura de pontos da carta topográfica de referência. Após tais procedimentos, houve uma revisitação para minimizar margens de erros;

III – Elaboração da tipologia de sítios e análises através de tratamento de dados e organização da legenda do mapeamento;

IV – Confecção dos mapeamentos da paisagem com plotagem de pontos sobre imagens de satélite, SRTM, fotografias, curvas de nível e vetorização.

#### Critérios

I – Organização do cabeçalho através de dados temporais e geográficos (UTM e *Data*);

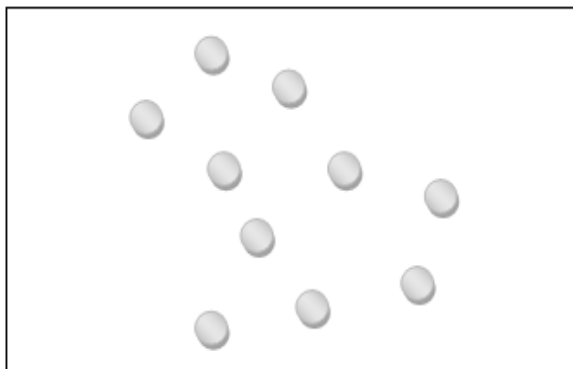
II – Análise de padrões, formas e tipos de vertentes, assim como morfometria para o mapeamento geomorfológico;

III – Análise das características geomorfológicas das drenagens.

O referido caminhamento deu-se em direção relativamente concordante aos fluxos de drenagens e elementos cársticos em distâncias proporcionais ao grau de relevância e acessibilidade, levando em consideração que a APA abrange uma grande dimensão territorial



(10.961,14 hectares), o que equivale a aproximadamente 1.100.000m<sup>2</sup>. Dessa maneira, as distâncias de observação da paisagem em campo foram controladas por meio de carta topográfica e imagens de satélite.



**Figura 25** – Esquema de caminhada livre.  
Fonte: adaptado de Cavalcanti (2014)

### **3.1.5 Levantamento de fatores de degradação ambiental**

Para realizar o levantamento de fatores de degradação ambiental das feições cársticas pesquisadas, realizaram-se observações de campo, tomando como base o mapeamento geomorfológico, além do mapa de fenômenos cársticos. A análise de fatores de degradação ambiental norteou-se pela concepção de Mcharg (1971 apud Nucci, 2001), que relaciona o equilíbrio ambiental às interferências acerca do uso da terra, tendo em vista suas variáveis naturais ora apresentadas pela fisiologia da paisagem. Assim, tal análise foi desenvolvida através de uma abordagem qualitativa, resultando num levantamento pontual de fatores de degradação ambiental da paisagem cárstica da APA.

Segundo Ford e Williams (2007), as regiões cársticas, e até mesmo áreas adjacentes, sofrem impactos negativos em seu ecossistema quando ações humanas, sem planejamento, desenvolvem agricultura, mineração e captação hídrica em aquíferos. Esses estudos darão maior visibilidade aos principais pontos de fragilidade e vulnerabilidade da UC analisada.

## **4 RESULTADOS**

### **4.1 Mapeamento Geomorfológico**

O mapeamento geomorfológico, como mencionado no capítulo 3, foi elaborado na escala 1:100.000, tendo como base os parâmetros metodológicos utilizados pelo Projeto Radambrasil na década de 1980 e a proposta de refinamento desta metodologia feita por Ross (1992), que propõe a análise taxonômica que caracteriza o relevo em diferentes níveis, indo do morfoestrutural ao morfoescultural. Para tanto, os critérios de análise morfológica foram norteados por Florenzano (2008), com análise das variáveis de hipsometria, declividade, densidade de drenagem, feições de vertentes (verticais e horizontais), orientação de vertentes e feições de topos.

O carste da APA de São Desidério, no que tange ao aspecto morfoestrutural, situa-se embutido no 1º táxon, correspondente à Bacia Sedimentar Sanfranciscana, condizente ao Éon Fanerozóico e Proterozóico. Seu pacote estrutural estende-se consolidando num arcabouço continental e maciços vulcânicos piroclásticos em sua porção meridional (CAMPOS e DARDENNE, 1997).

Compartimentada na referida morfoestrutura, passa-se à Unidade Morfoescultural, 2º táxon, do Planalto Divisor São Francisco/Tocantins. O mesmo divide-se em duas subunidades: Patamares do Chapadão nos limites goiano e Chapadão Central, denominado Serra Geral de Goiás, formando a escarpa abrupta do Chapadão Central no estado da Bahia, que em relação à APA pesquisada, corresponde ao Chapadão Ocidental da margem esquerda do São Francisco.

No que tange aos padrões semelhantes, 3º táxon, identificam-se unidades morfológicas dissecadas pela denudação (D), resultantes de intensos processos erosivos, tais como: planar, tabular, convexa, escarpada e aguçada, conforme tabela 3. Além disso, verifica-se a concentração de formas de agradação (A), do tipo planície fluvial. Nessa fase, é possível perceber a ação dos processos morfoclimáticos contemporâneos, atuando de maneira distinta entre as feições de relevo, além de sugerir vestígios de interferências tectônicas pretéritas. A intensidade de dissecação morfométrica das feições de relevo norteou-se pela tabela matriz de índice de dissecação (Tabela 4).

**Tabela 3**– Padrões semelhantes de relevo na APA de São Desidério

Padrões semelhantes de relevo	Área (Km <sup>2</sup> )	Área (%)	Altitude (m)		
			Máx.	Mín.	Média
Dt-Denudação Tabular	22,1Km <sup>2</sup>	20,16	564	542	553
Dp-Denudação Plana	8,1Km <sup>2</sup>	7,4	681	662	671
Dc-Denudação Convexa	77,88Km <sup>2</sup>	71,05	545	515	530
Da- Denudação Aguçada	1,52Km <sup>2</sup>	1,38	655	645	650
<b>Total</b>	<b>109,6 Km<sup>2</sup></b>	<b>100%</b>			

Fonte: Elaborado pelo autor.

**Tabela 4**– Índices de dissecação do relevo

Grau de Entalhamento dos Vales	Muito Grande (1)>1500m	Dimensão Interfluvial Média			Muito Pequena (5) 100 m
		Grande (2) 1500 a 700 m	Média (3) 700 a 300 m	Pequena (4) 300 a 100 m	
Muito fraco (1) < 20 m	11	12	13	14	15
Fraco (2) 20 -40 m	21	22	23	24	25
Médio (3) 40 - 80 m	31	32	33	34	35
Forte (4) 40 - 160 m	41	42	43	44	45
Muito forte (3) >160 m	51	52	53	54	55

Fonte: Ross (1992)

No que se refere às feições de tipos de relevo, 4<sup>o</sup>táxon (Figura 31), identifica-se em maior proporção, tanto na porção central como extremas da área pesquisada, as feições com topos convexos, perfazendo uma área de 77,88Km<sup>2</sup> e percentual de 71,05% (Figura 26). Como pode ser visto na tabela 5, tais feições apresentam intenso grau de dissecação (Dc24; Dc34; Dc44 e Dc54), com dimensão interfluvial pequena (300 a 100m), e entalhamento médio dos vales: (Fraco, 20 a 40m; médio, 40 a 80m; forte, 80 a160m e muito forte>160m) no entorno das drenagens dos rios São Desidério e Porto Alegre e Dc35, Dc45, com densidade

interfluvial muito pequena (<100m) entre os rebordos das drenagens dos rios Tamanduá e João Rodrigues.



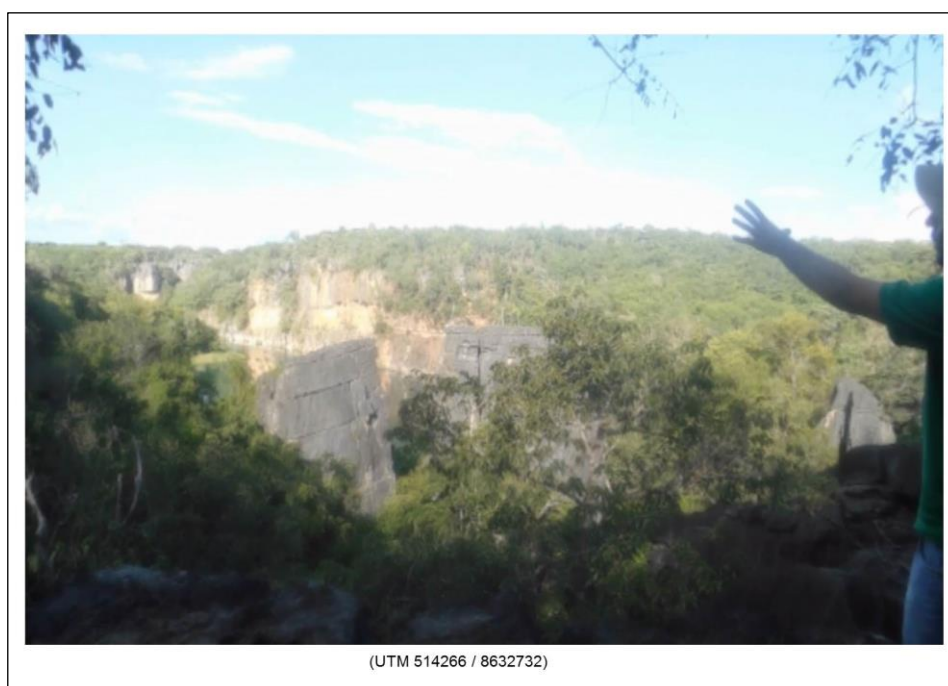
**Figura26** – Perfis convexos – Relevo cárstico intensamente dissecado na APA de São Desidério-BA. Localidades: (A) Próximo ao Poço do Surubim, (B) Manoel Lopes e (C) Próximo à margem esquerda do Rio São Desidério. Fotos: (A) e (C) Robson Braga Dantas e (B) Juscelino Ferreira

As feições com topos planos (Figura 27) prolongam-se entre as margens direita e esquerda da BR-135, totalizando uma área de 8,1km<sup>2</sup> e percentual 7,4%. O índice de dissecação limita-se entre Dp14 e Dp15. O primeiro com dimensão interfluvial média pequena (300 a 100m) e o segundo muito pequena (<100m), ambas com entalhamento médio dos vales (> de 20m).



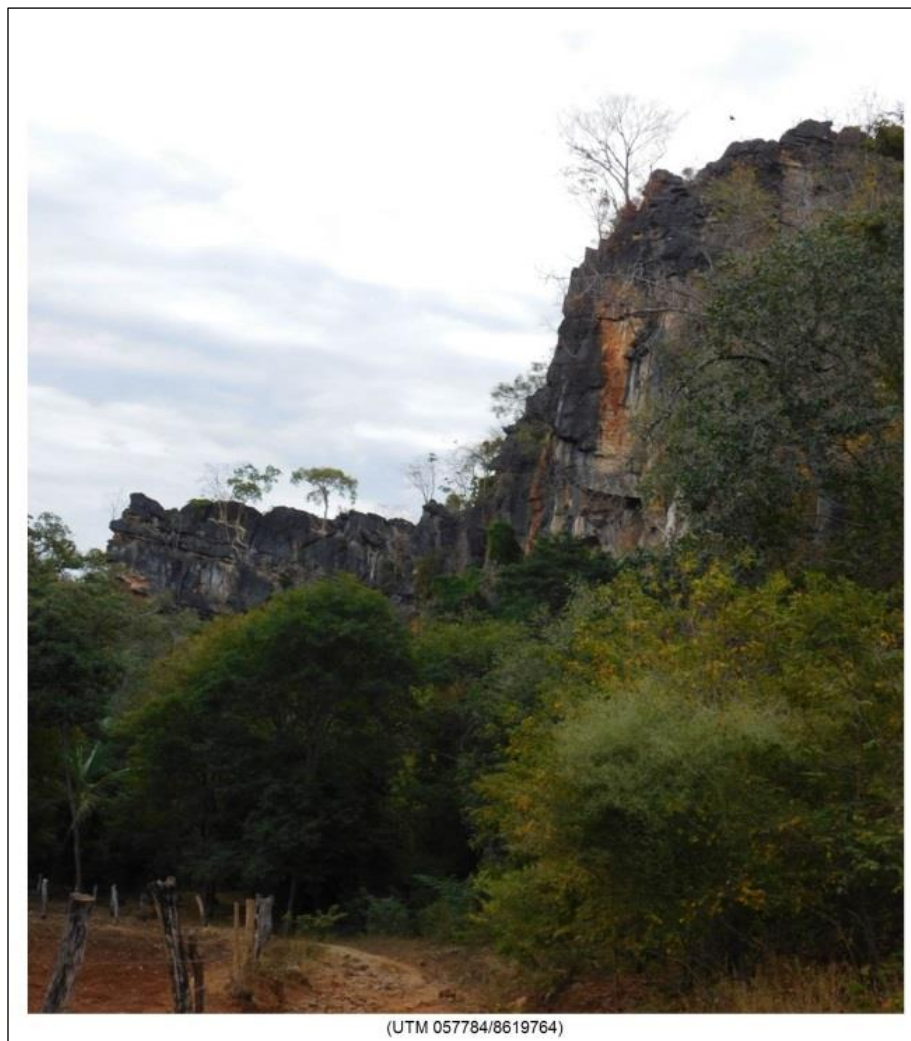
**Figura 27** – Topos planos na BR-135, Localidade de Sucupira – APA de São Desidério.  
Foto: Robson Braga Dantas

As fisionomias tabulares e intensamente escarpadas compõem uma área de 22,1km<sup>2</sup> e percentual 20,16% (Figura 28). A NW e SW visualizam-se feições do tipo Dt44 e 54 com vales entalhados à margem esquerda do rio São Desidério entre Forte (80 a 160m) e Muito Forte >160m) e densidade interfluvial média pequena (300 a 100m). Também, concentram-se a NE, sobretudo margeando o rebordo da dolina alagada denominada Lagoa Azul, Gruta do Catão e Dolina alagada (Buraco do Inferno da Sucupira), as Dt55 com vales entalhados muito fortes (>160m) com densidade interfluvial muito pequena (<100m).



**Figura 28** –Perfil Tabular - Relevo cárstico intensamente dissecado na APA de São Desidério. Foto: Erasmo Barbosa.

As feições de topos aguçados perfazem uma área de 1,52 km<sup>2</sup> e percentual de 1,38% (Figura 29), distribuem-se de maneira pontual entre os extremos e porção central da APA, principalmente no entorno dos relevos convexos e tabulares. Seus índices de dissecação oscilam entre Da34; Da44; Da54 e Da55 com entalhamento de vales Médio 40 a 80m; Forte, (80 a160m) e Muito Forte (>160m) e densidade interfluvial pequena (300 a 100m) e muito pequena (<100m) para Da55.



**Figura 29** – Perfil Aguçado - Relevo cárstico, intensamente dissecado nas proximidades da Faz Salonguinho, APA de São Desidério.  
Foto: Robson Braga Dantas.

**Tabela 5**– Índices de dissecação do relevo na APA de São Desidério

Grau de entalhamento dos vales	Denudação (D) /Tipo	Densidade interfluvial média	
		média pequena (4)(300 a 100m)	muito pequena (5)(≤100m)
Muito Fraco (1) (> de 20m)	Dp	14	15
Fraco (2), 20 a 40m	Dc	24	-
Médio (3), 40 a 80m	Dc	34	35
	Dt	34	-
	Da	34	-
Forte (4), 80 a 160m	Dc	44	45
	Dt	44	-
	Da	44	-
Muito Forte (5)>160m)	Dc	54	-
	Dt	54	-
	Da	54	55

**Fonte:** Elaborado pelo autor.

No que se refere às áreas de agradação de planícies fluvio cársticas (Apfls), as mesmas seguem um padrão geomorfológico do tipo dentrítico, isto pelo fato de seus tributários se dirigirem para direções sequenciais e variadas. Seus fluxos hídricos percorrem principalmente em relevos com altitudes entre 536 a 596m, com declividades planas e suaves onduladas, propiciando a deposição de sedimentos aluviais.

De acordo com Christofolletti (1980), formações de relevo sedimentar influenciadas por fluxos hídricos subterrâneos, tendem a apresentar baixos níveis de densidade de drenagens, tendo em vista a sua maior capacidade de infiltração. Assim, o autor propõe a classificação das densidades de drenagens em três níveis (Tabela 6).

**Tabela 6** - Classes de parâmetros de valores de densidades de drenagens

<b>Classes de valores (Km<sup>2</sup>)</b>	<b>Interpretação</b>
Menor que 7,5	Baixa densidade de drenagem
Entre 7,5 e 10,0	Média densidade de drenagem
Maior que 10,0	Alta densidade de drenagem

Fonte: Christofolletti (1980)

Foi constatado que a densidade de drenagem média geral na referida APA é 0,338Km/Km<sup>2</sup>, o que sugere uma densidade de drenagem pequena (300 a 100m) atribuída aos rios: São Desidério (Figura 30) e Porto Alegre, muito pequena (<100m) a exemplo das drenagens dos rios: Tamanduá e João Rodrigues, além de seus respectivos sumidouros. Para tal, foi calculada a densidade de drenagem média de todos os fluxos fluviais através da Equação 1 de Horton (1945):

$$Dd = Lt / A \quad \text{(Eq. 1)}$$

Onde:

Dd = densidade de drenagem  
Lt = comprimento total dos canais  
A = Área da bacia

$$Dd = 59,3\text{Km} / 175,15\text{Km}^2$$

$$Dd = 0,338\text{Km} / \text{Km}^2$$

No que se refere à relação entre a baixa densidade de drenagem identificada na Apfl e sua característica geomorfológica, percebe-se que os processos atuais de modelagem do relevo são menos atuantes, isto em virtude dos baixos escoamentos superficiais e litologia de natureza sedimentar em carbonatos pelíticos e clástico-carbonáticos, ambas propícias à porosidade secundária na forma de relevo estruturado em condutos, falhas e estratificação.





(UTM 511789 / 8632003)



(UTM 0505875 / 8627271)

**Figura 30** – Sumidouro João Baio, a seta aponta para o fluxo hídrico (A) Trecho da margem esquerda do Rio São Desidério (B). Fotos: Robson Braga Dantas.

### Mapa Geomorfológico da APA de São Desidério-BA

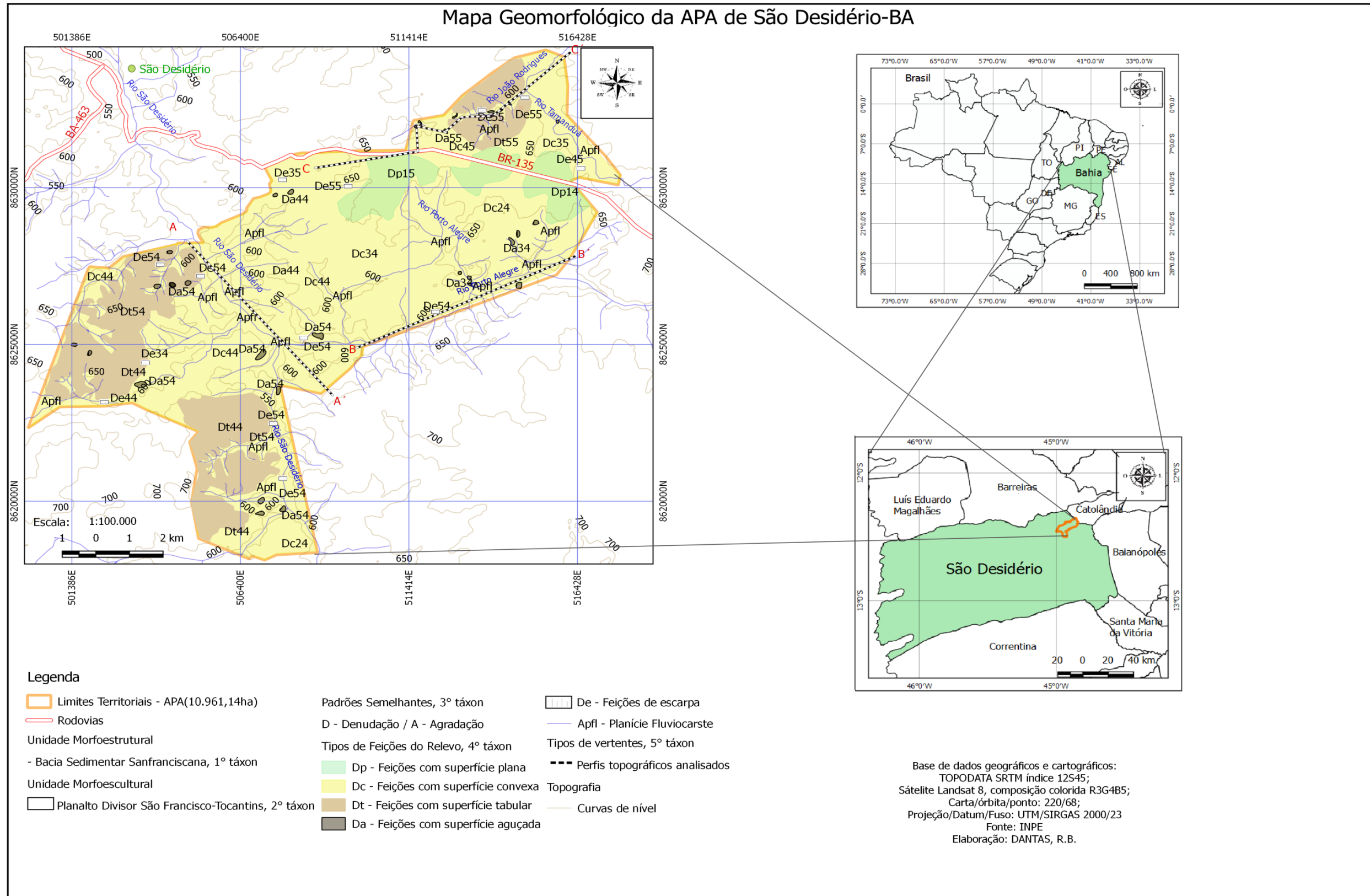
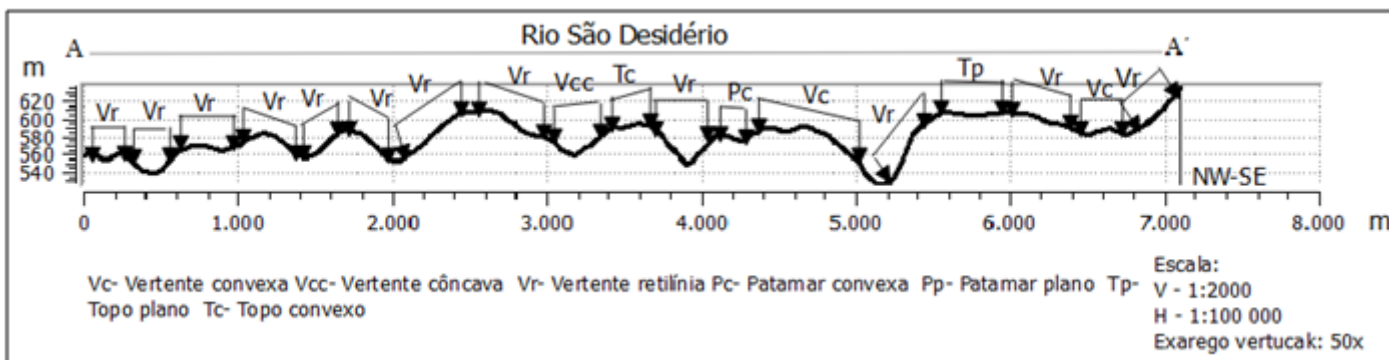
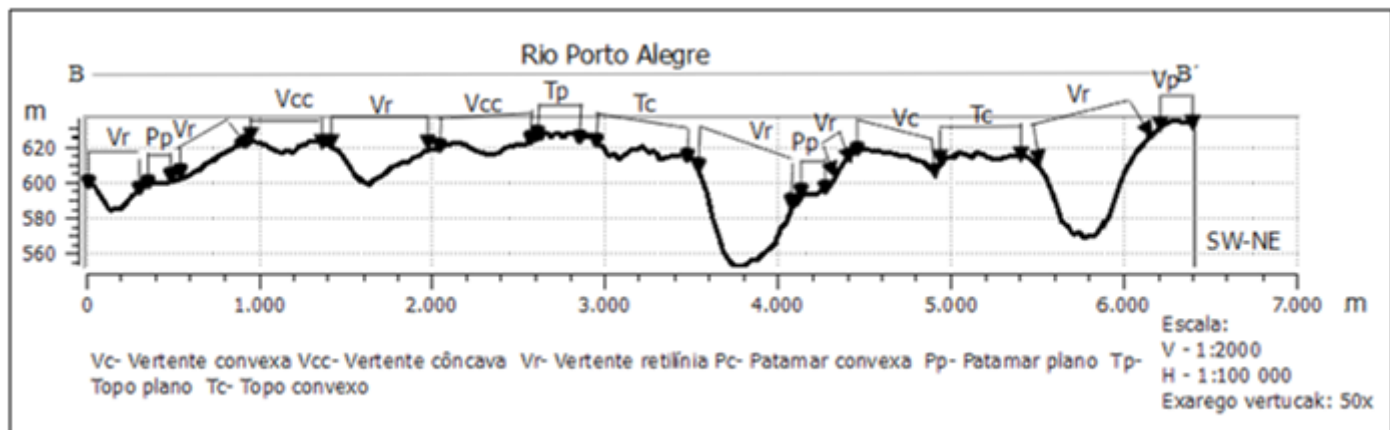


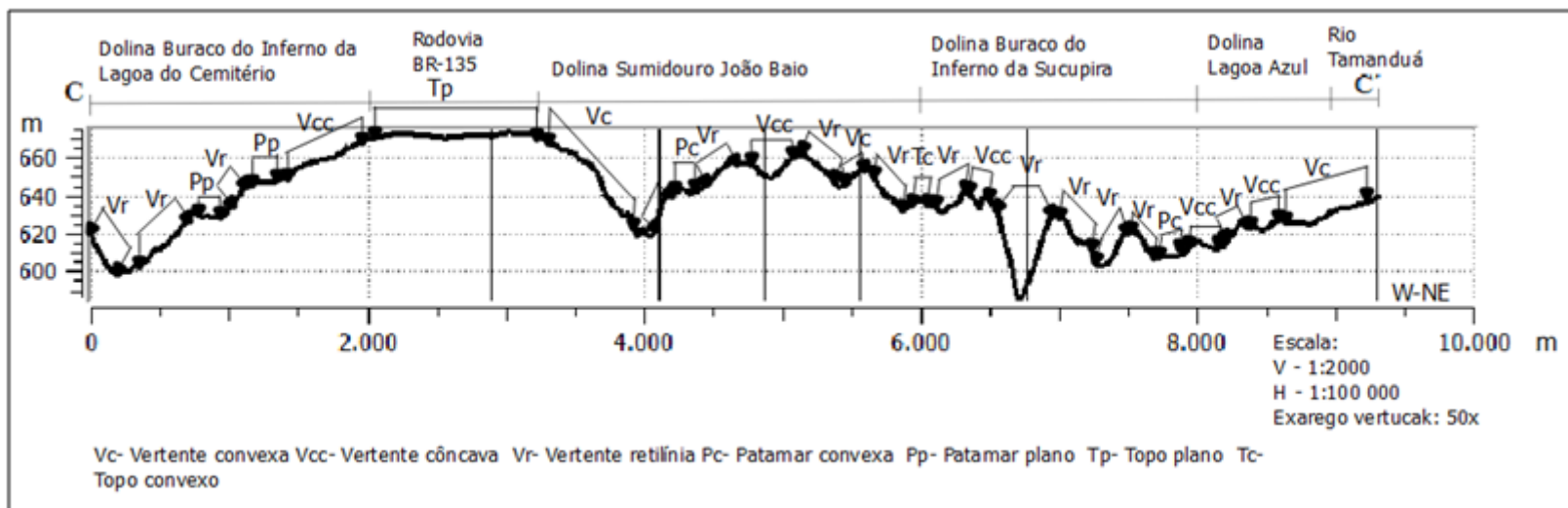
Figura 31 – Mapa Geomorfológico da APA de São Desidério-BA. Fonte: Elaborado pelo autor



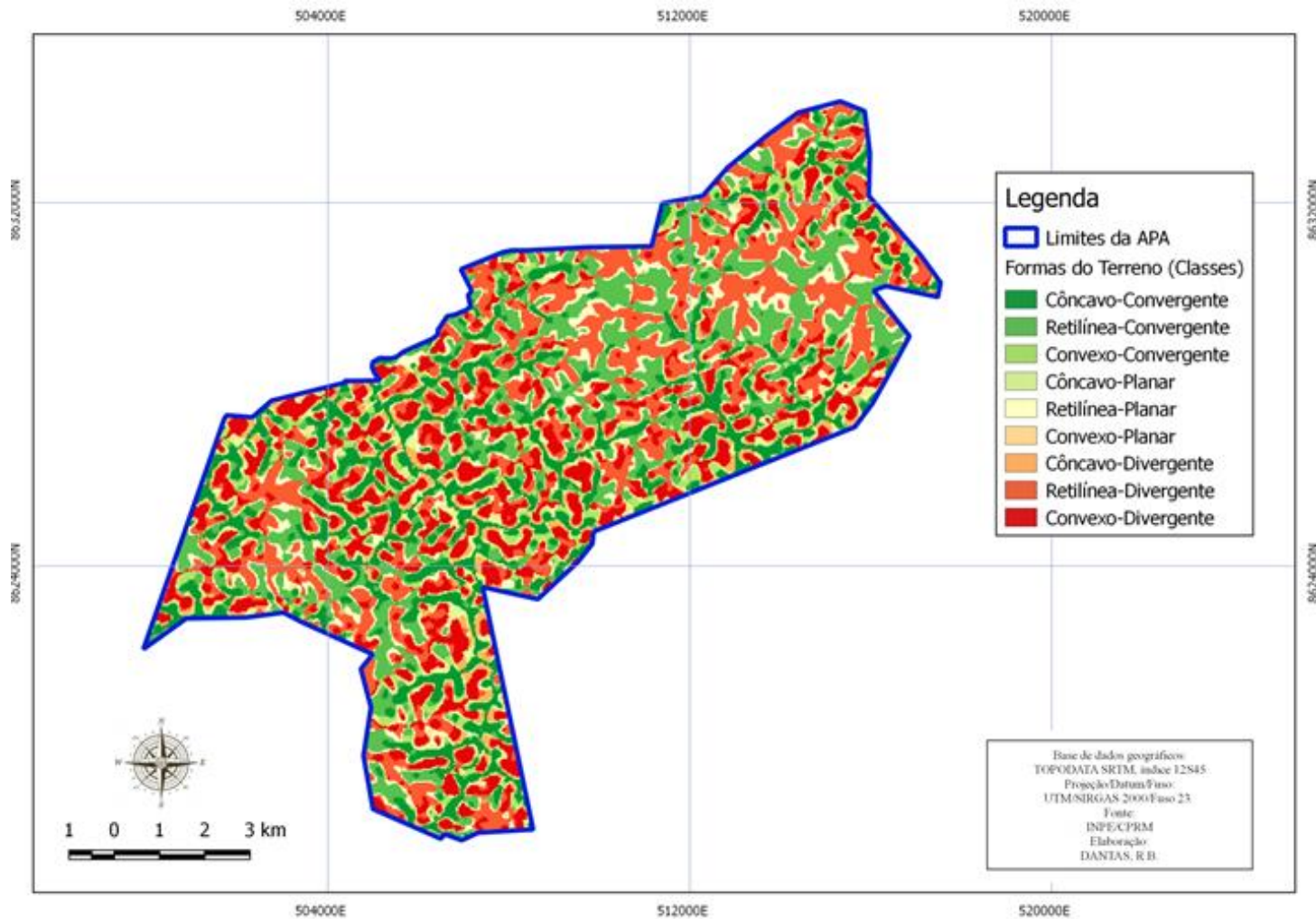
**Figura 32** – Perfil topográfico (A-A') Rio São Desidério  
 Fonte: Elaborado pelo autor.



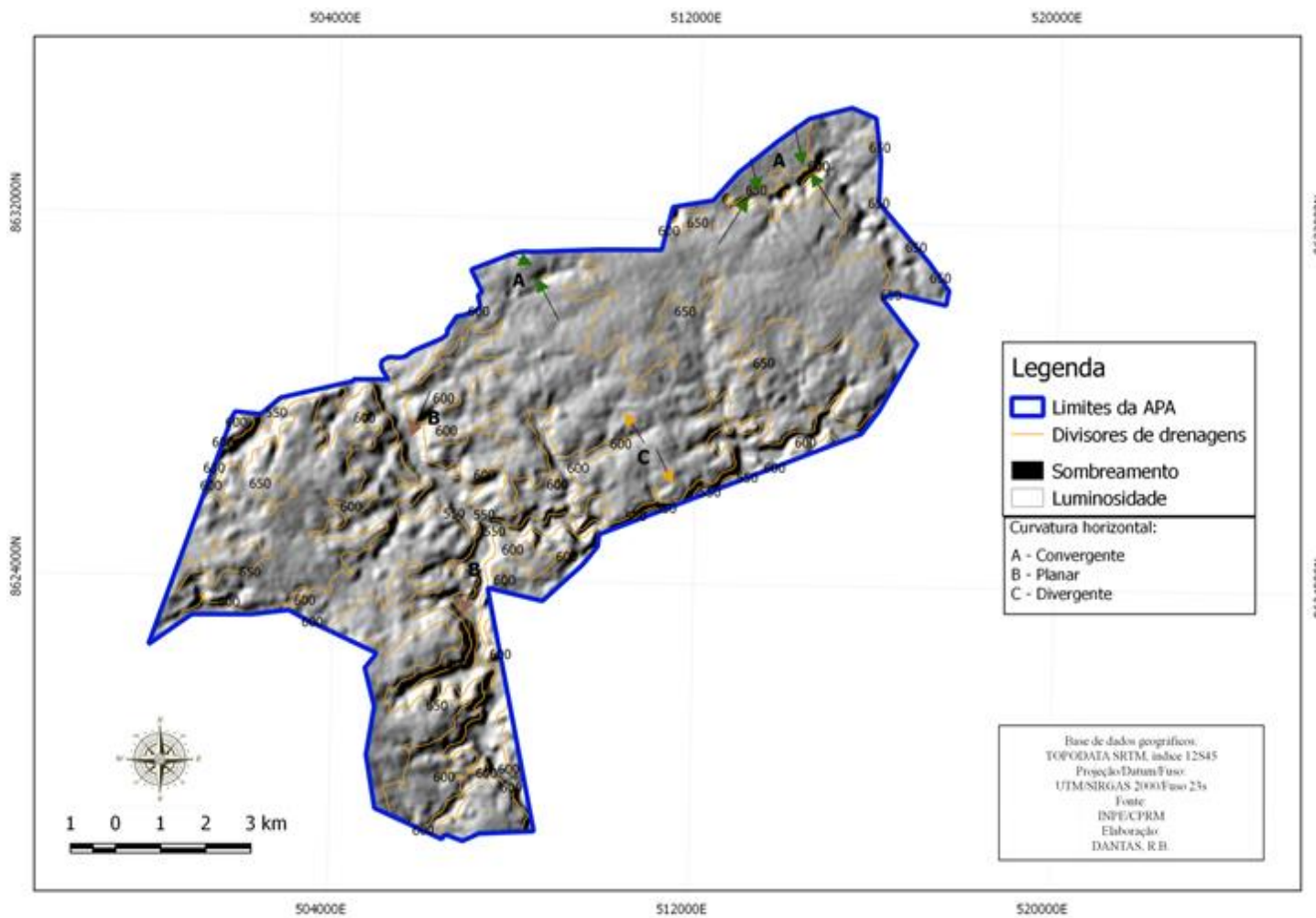
**Figura 33** – Perfil topográfico (B -B') Rio Porto Alegre  
Fonte: Elaborado pelo autor.



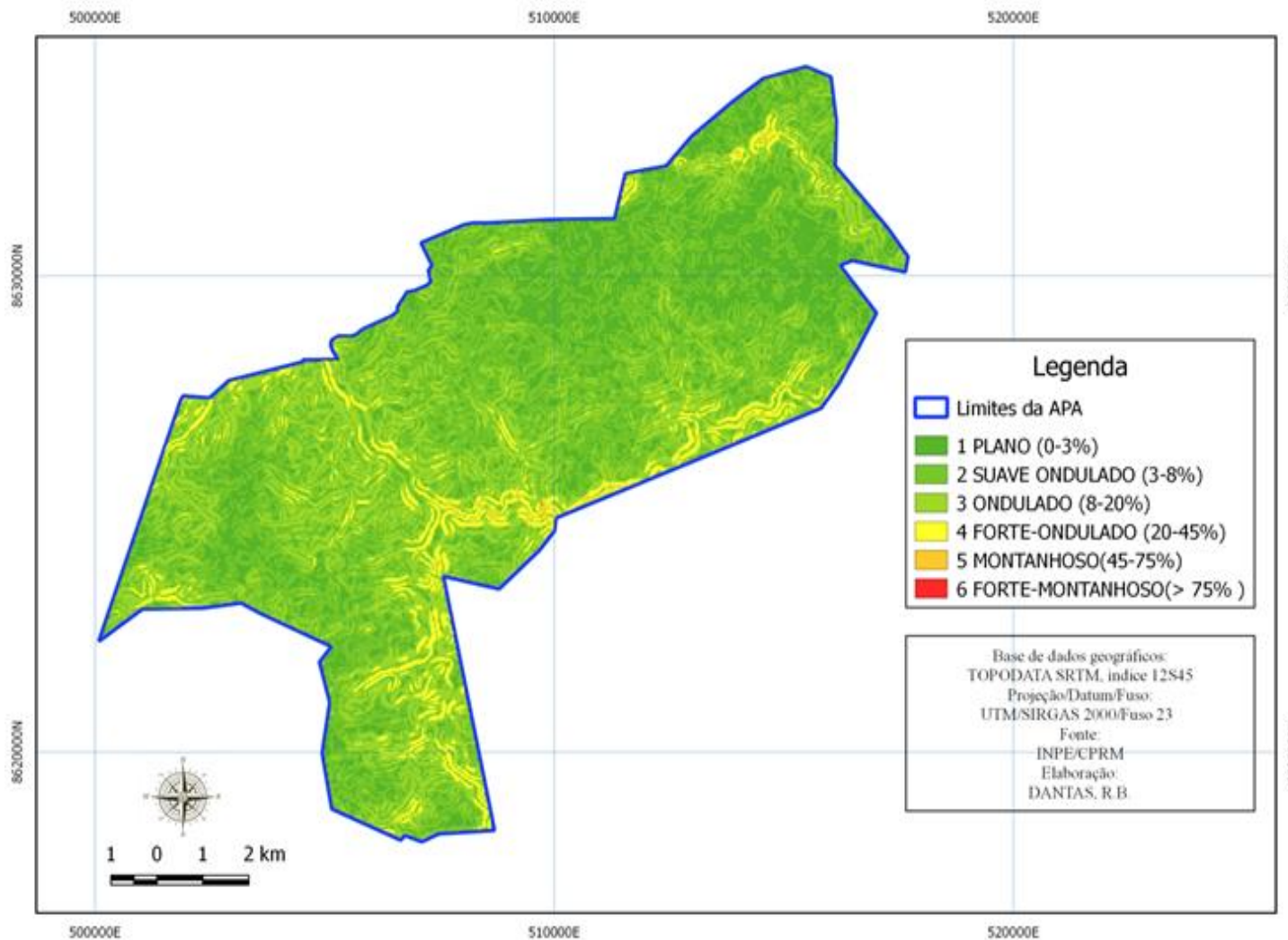
**Figura 34** – Perfil topográfico (C -C') Buraco do Inferno da Lagoa do Cemitério ao Rio Tamanduá  
 Fonte: Elaborado pelo autor.



**Figura 35**–Mapa de Formas do Relevo da APA de São Desidério – BA.  
 Fonte: Elaborado pelo autor.

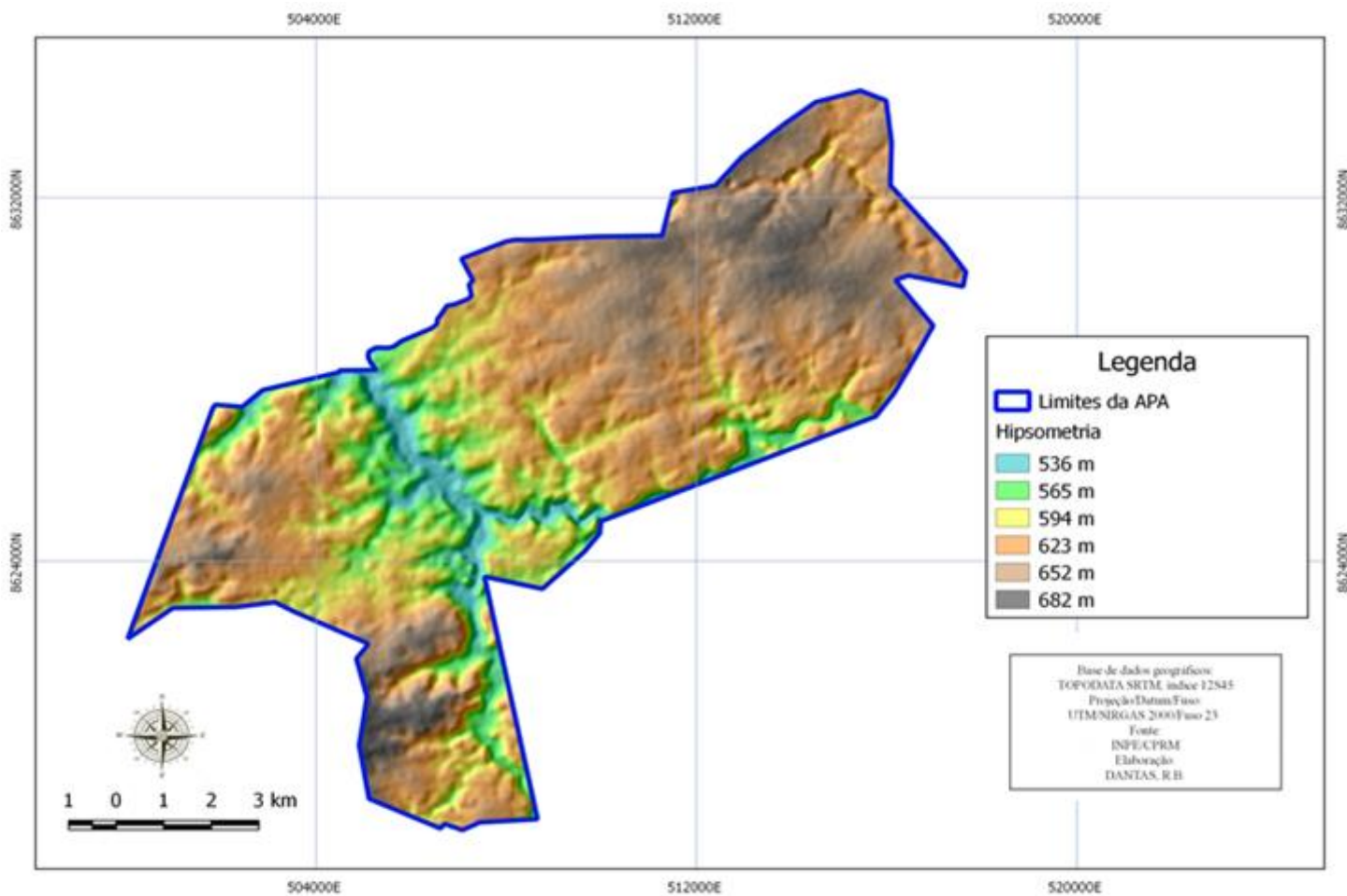


**Figura 36** – Mapa de relevo sombreado com amostras de curvatura horizontal na APA de São Desidério-BA.  
 Fonte: Elaborado pelo autor.



**Figura 37** – Mapa de modelo digital de elevação da APA de São Desidério-BA.  
 Fonte: Elaborado pelo autor.





**Figura 38** – Mapa hipsométrico da APA de São Desidério-BA.  
 Fonte: Elaborado pelo autor.

A identificação dos tipos de vertentes, 5º táxon, se deu através do estudo e traçado de perfis topográficos e análise de imagem de satélite de alta resolução, isto tendo em vista a escala utilizada para tal.

Referente ao rio São Desidério e compartimentos adjacentes, sentido SW-SE, perfil A-A' (Figura 32). Verifica-se uma maior proporção em vertentes do tipo: côncava, convexa e retilínea e, menor incidência de topos convexos e patamares convexos. Tal configuração do relevo é atribuída a processos denudacionais recentes e, sugere maior convergência de águas e acúmulo de sedimentos em direção às áreas de planície fluvial do referido rio.

O perfil topográfico B - B' (Figura 33) rio Porto Alegre, sentido NW-NE, esboça um nítido predomínio de sequências de vertentes côncavas e convexas e vertentes abruptas (complexas), tendo em vista as sequências de patamares convexos, além de topos convexos em menor proporção. Essa característica sinaliza maior velocidade no escoamento superficial, comparando-se ao perfil A - A', potencializando sua dinâmica de agentes erosivos e maior acúmulo agradacional e balanço hídrico nas porções mais rebaixadas da referida bacia.

O perfil topográfico C - C' sentido W-NE (Figura 34) identifica o traçado de vertentes do BILC - Buraco do Inferno da Lagoa do Cemitério, BR-135, Sumidouro João Baio, Buraco do Inferno da Sucupira, Lagoa Azul e rio Tamanduá. O BILC apresenta vertentes do tipo: retilínea, côncava e retilínea com patamar plano; a BR-135 apresenta topos convexos; o Sumidouro João Baio, esboça vertentes convexas, côncava e retilínea; o BIS - Buraco do Inferno da Sucupira expõe vertentes retilíneas e convexas com patamar plano; a Lagoa Azul apresenta vertentes retilíneas e côncavas com patamar plano; rio Tamanduá, patamar plano.

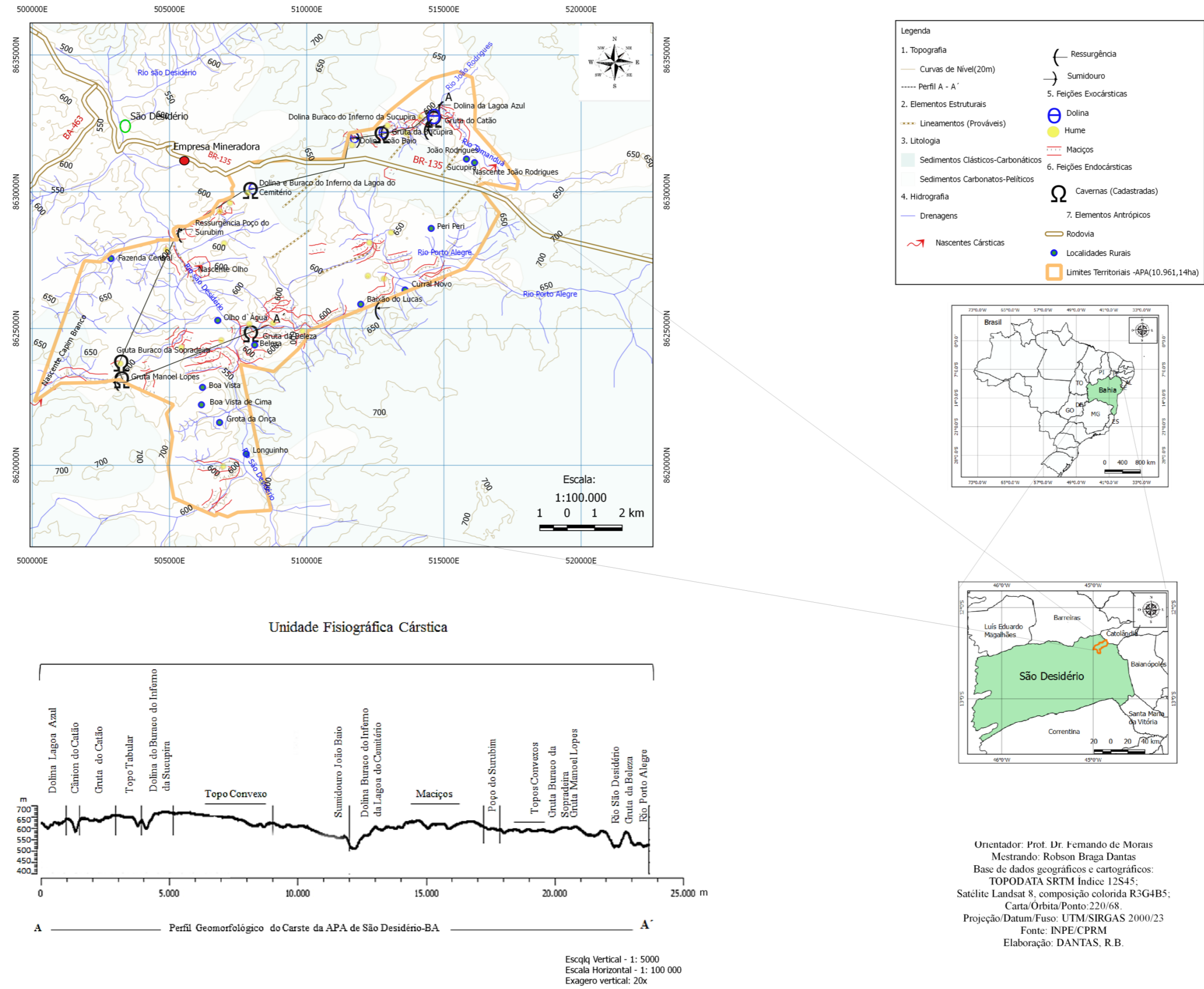
As formas de relevo (Figuras 35 e 36) esboçam as curvaturas horizontais convergentes, planares e divergentes, bem como as curvaturas verticais côncavas, retilíneas e convexas. Tanto nas curvaturas verticais quanto horizontais, os processos de balizamento dos processos pedogenéticos e morfogenéticos são marcantes e esboçam sobretudo os direcionamentos dos lineamentos estruturais identificados no mapeamento de litologia, apresentado no capítulo 2. Tal condição também denuncia interferências na disposição morfoestrutural das vertentes, além de processos exógenos recentes.

#### **4.2 Taxonomia das unidades das feições cársticas da área de estudo**

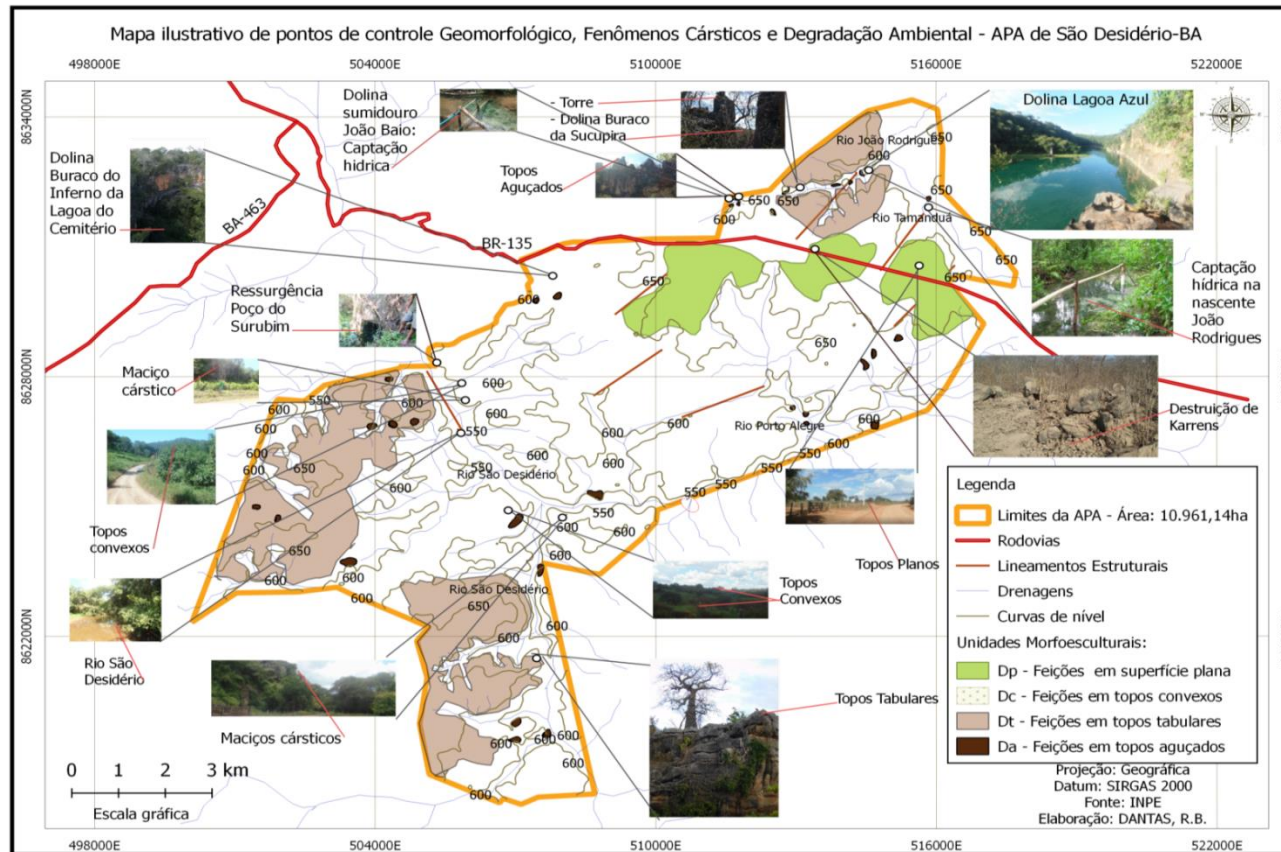
O mapeamento geomorfológico (Figuras 31 a 38) da APA de São Desidério, executados através do uso de geotecnologias e trabalhos de campo, serviram de base para a análise da cartografia das unidades geomorfológicas nos mais diversos domínios, tendo em vista as relações inerentes ao relevo cárstico, buscando-se o entendimento de sua origem, dinâmica, evolução e fisionomias.

A partir desse embasamento geomorfológico, foi elaborado o Mapa Exploratório de Fenômenos Cársticos da APA de São Desidério na escala 1:100 000 (Figura 39), no qual se verificou microformas de dissolução e Verrugas, Torres, *Karrens e Humes*, grandes depressões (dolinas), formas fluviocársticas (sumidouros, ressurgências e nascentes), bem como formas endocársticas (cavernas e abrigos). O estudo tomou como base a execução de pontos de controle (Figura 40).

## Mapa Exploratório de Fenômenos Cársticos da APA de São Desidério-BA



**Figura 39** - Mapa Exploratório de Fenômenos Cársticos da APA de São Desidério  
Fonte: Elaborado pelo autor.

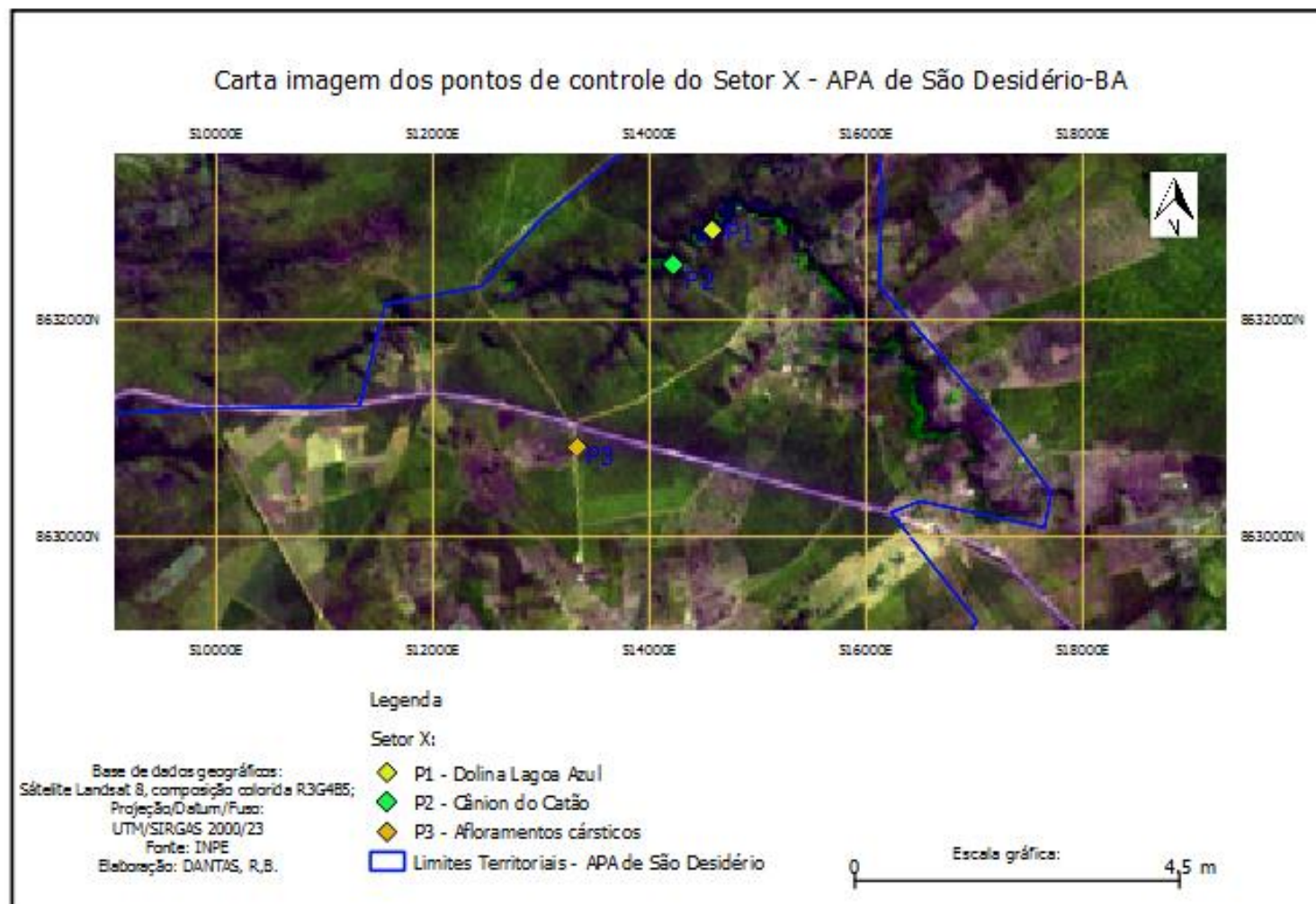


**Figura 40** – Mapa ilustrativo de pontos de controle Geomorfológico, Fenômenos Cársticos e de Degradação Ambiental da APA de São Desidério. Fonte: Elaborado pelo autor.

O método adotado para os trabalhos de campo foi o de caminamento livre como já descrito e detalhado no (capítulo 3) conforme recomenda Isachenko, (1998 apud Cavalcanti, 2014). Assim, os pontos de controle foram analisados mediante a sistematização em três setores: X, Y e K.

*Análise no setor X (pontos 1,2 e 3), Figura 41*

A Lagoa Azul, primeiro ponto (P1) caracteriza-se como uma dolina de abatimento (Figuras 42 e 43), possui área de 55,16Km<sup>2</sup> (Tabela 7), e está localizada na porção nordeste da APA, podendo ser referenciada pelas coordenadas UTM 514575/8632828 entre as cotas hipsométricas 582m-596m, com inclinações topográficas oscilando entre suave ondulado 5,5% a fortemente escarpado 90%. Seus afloramentos compõem feições do tipo *karrens* em caneluras e alveolares e *humes*.



**Figura 41** – Carta imagem dos pontos de controle do Setor X – APA de São Desidério-BA

Seus compartimentos topográficos esboçam bordas tabulares e convexas, confinando a Lagoa Azul, com índices de dissecação Dc35, Dc45 De55 e Dt55, no qual se verifica a ocorrência de fluxos hídricos que afloram do rio subterrâneo João Rodrigues (NE-SW) e infiltram no fluvio-carste da supracitada APA, contribuindo para controle de sua vazão. Tais fluxos se processam da nascente do rio João Rodrigues, UTM 516603/8630902 sentido E-NW, e percorrem superficialmente em drenagens de pouca extensão e baixa densidade 0,01Km/Km<sup>2</sup>, infiltrando e reaparecendo a aproximadamente 4 km à jusante, dando origem à Lagoa Azul. Essa nascente cárstica situa-se na coordenada UTM 516603/8630902 em feições de relevo ondulado com índices de dissecação Dc35 e solo (PVA) Podzólico Vermelho Amarelo.

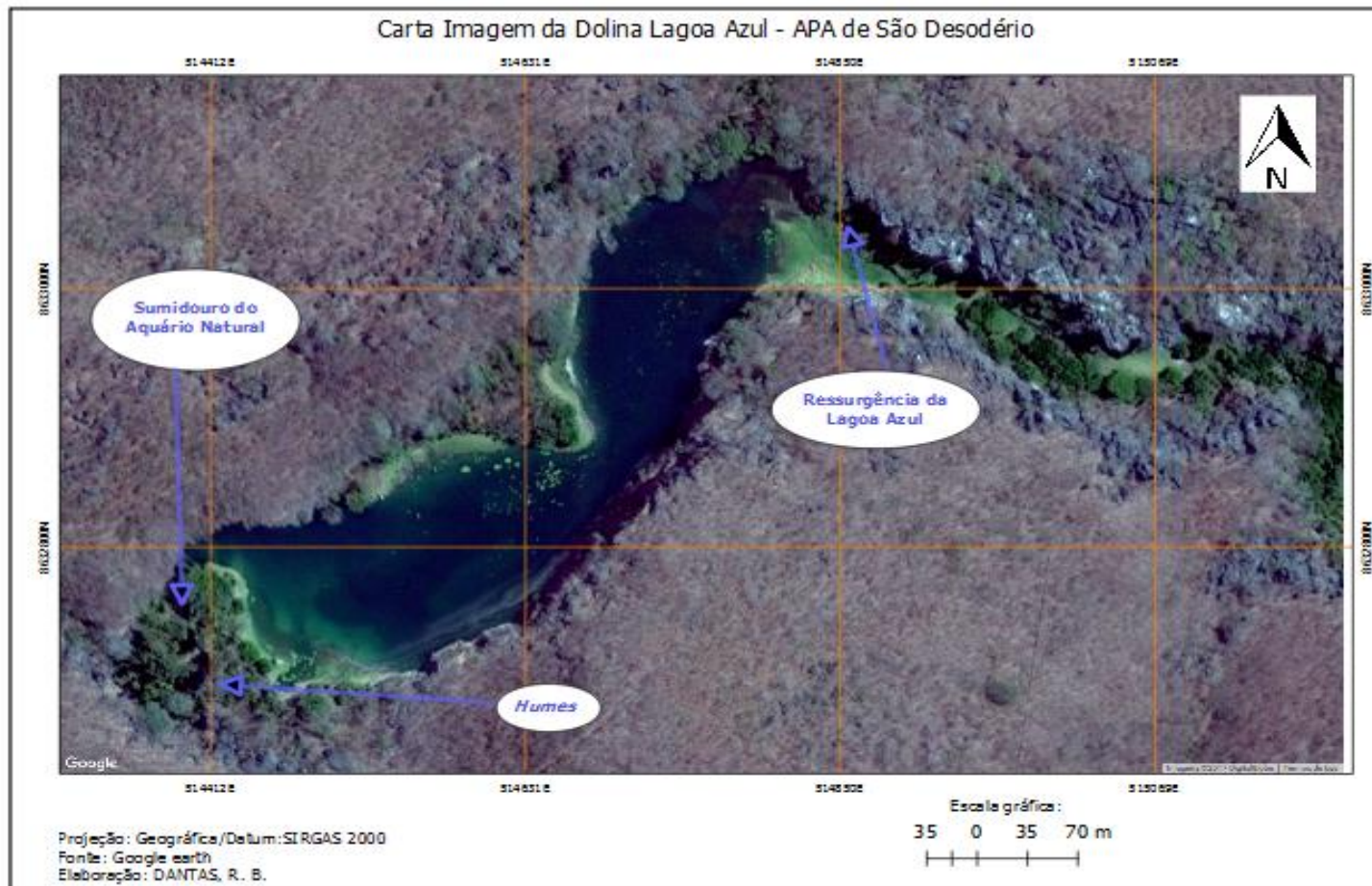
O fluxo superficial da Lagoa Azul infiltra-se abaixo do cânion denominado Aquário Natural, no sentido sudoeste e ressurgem no interior da Gruta do Catão propiciando deposições fluvio-cársticas.

A Dolina Lagoa Azul apresenta uma base litológica Neoproterozóica composta por Sedimentos Carbonático-Pelítico, propensa a intensa ação de fatores exógenos, além de uma gênese atribuída a esforços geológicos pretéritos, considerando o lineamento identificado nos sentidos (NE-SW)





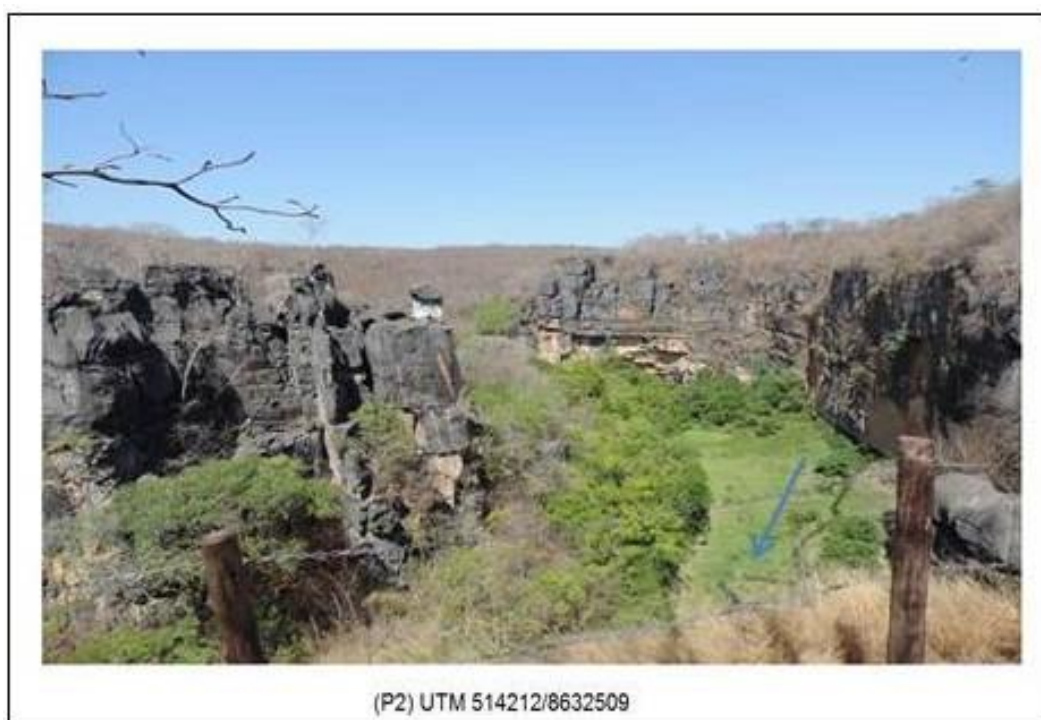
**Figura 42**—Trechos da Lagoa Azul, APA de São Desidério. Dolina (A). *Karrens* e *Humes* (B).  
Fotos: (A) Robson Braga Dantas (B) Erasmo Barbosa



**Figura 43** – Carta Imagem da Dolina Lagoa Azul, APA de São Desidério – BA

O Segundo ponto (P2) UTM 514212/8632509 diz respeito ao Cânion da Gruta do Catão (Figuras 44 e 45). Essas porções abruptas do relevo integram uma área de 11,05Km<sup>2</sup> entre altitudes de 585m-637m e declividade oscilando entre 1,9%-90%. Seu modelado cárstico é do tipo tabular composto por feições relativamente estratificadas em sentido horizontal, acrescidas de relevos ruiformes (*humes*) com topos aguçados e tabulares. Conforme figura 37, o cânion esboça relevos variando entre escarpados e fortes escarpados, nitidamente marcados por processos denudacionais, tendo em vista o seu elevado grau de entalhamento.

Nas superfícies mais rebaixadas do relevo, na planície fluvial, apresenta-se uma topografia propícia a acúmulos de sedimentos e ressurgências hídricas, notados em meio às gramíneas no sentido E-W (leste-oeste). A densidade de drenagem pode ser considerada baixa 0,02% Km/Km<sup>2</sup> e suas características de entalhamento de relevo oscilam entre Plano e Forte Escarpado, condicionando a dissecação nos seguintes níveis: Dp15, Dc24, Dc35, Dc45 e Dt55, expondo, sobretudo feições do tipo *hume* e *karren*.



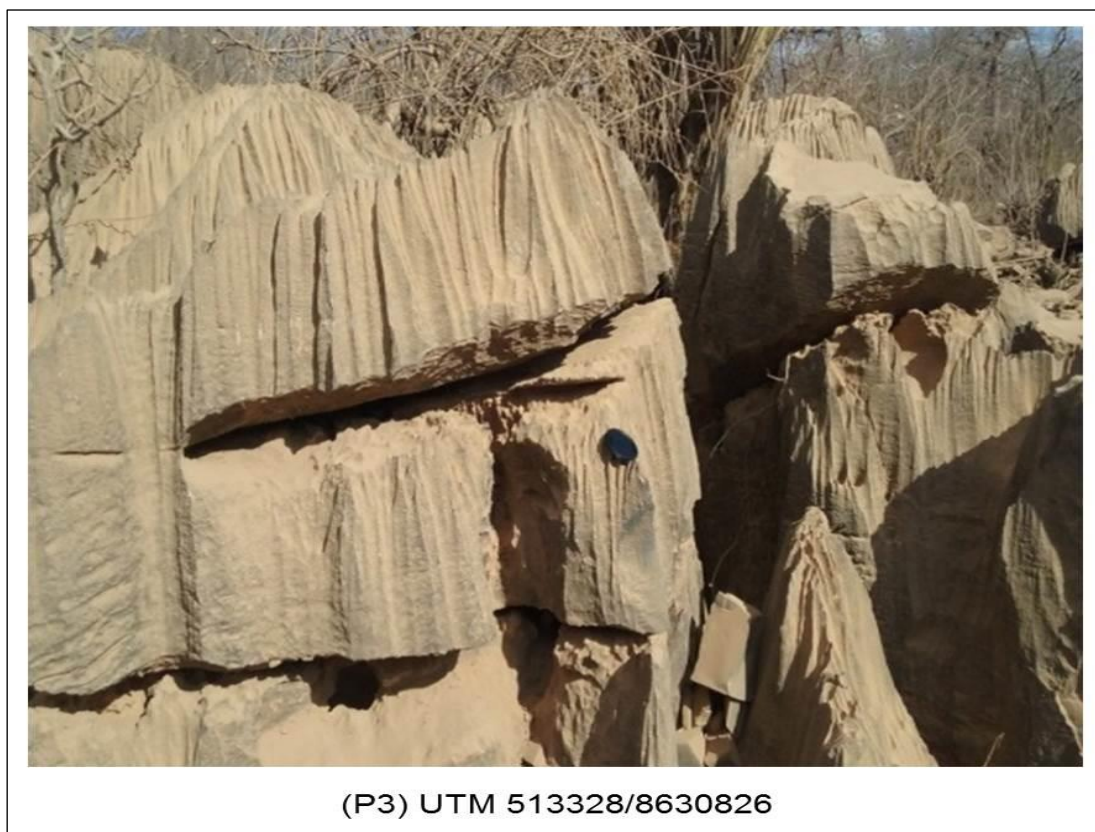
**Figura 44** – Ressurgência hídrica, paralela às feições de relevos tabulares da Gruta do Catão.  
Foto: Robson Braga Dantas.



Figura 45 – Carta Imagem do cânion da Gruta do Catão, APA de São Desidério-

O terceiro ponto (P3) corresponde à margem direita da rodovia BR-135 sentido (leste-oeste) referenciado pela coordenada UTM 513328/8630826. Sua unidade morfoescultural apresenta, sobretudo uma transição entre topos planos e topos convexos com indicies de dissecação Dp15 e Dc24/Dc45, limitando-se entre as drenagens dos rios Porto Alegre a SW e João Rodrigues a NE.

No tocante às feições do tipo *karrens* (Figura 46), identificaram-se entalhadas entre os afloramentos do relevo cárstico, fortemente controladas por planos de estratificação horizontal, expondo verrugas em estágio inicial de *karrens* do tipo canelura ou regos em sentidos verticais, horizontais e alveolar. Na APA, apresentam-se ainda micro feições do tipo *karrens* serrilhados nos sentidos horizontais e verticais, caneluras circulares e alveolares (DANTAS *et al.*, 2013). De acordo com (Bigarella *et al.* 1985), os *karrens* representam o processo inicial de gênese do carste.



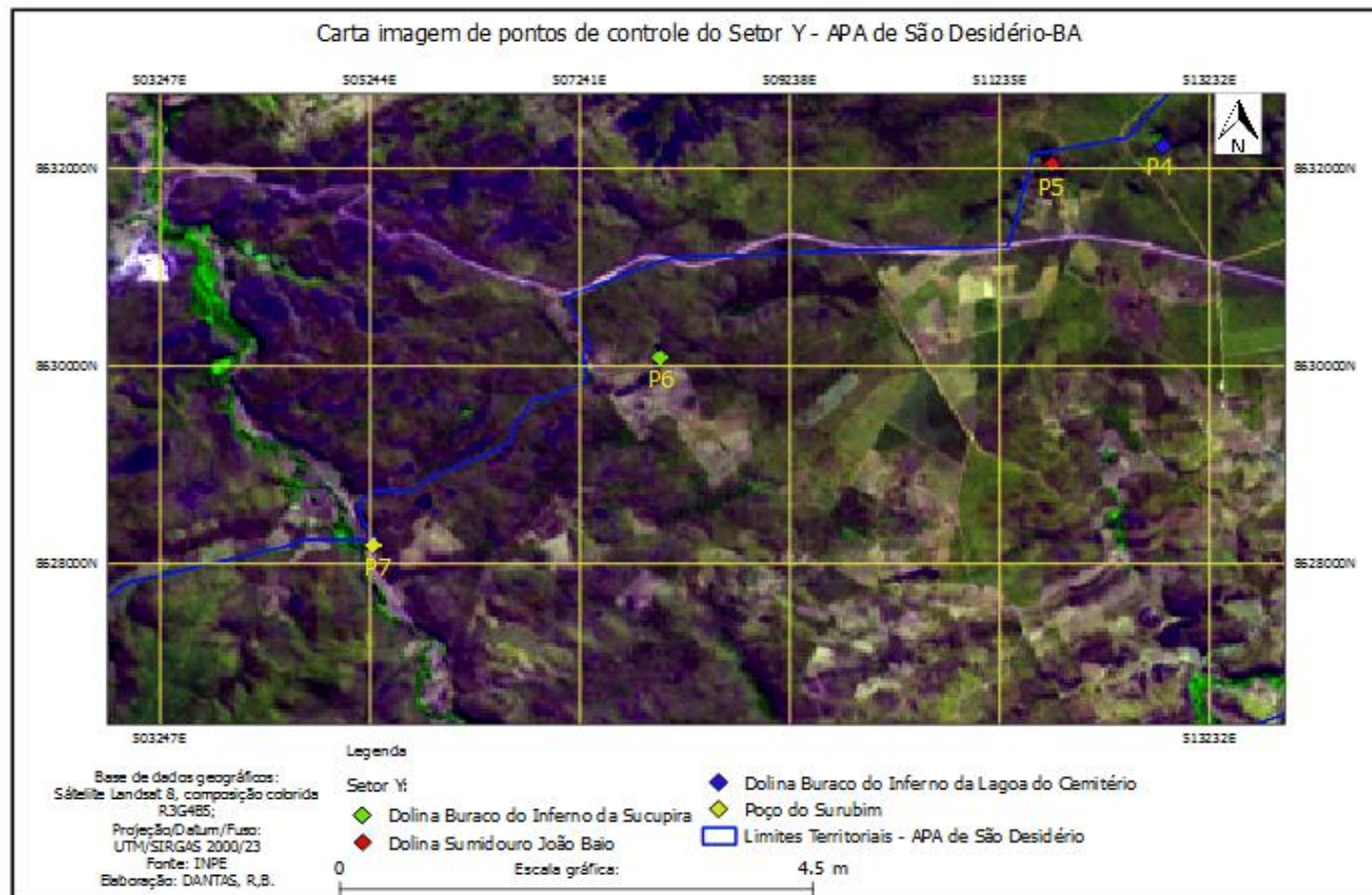
**Figura 46** – Karrens do tipo canelura ou rego  
Foto: Robson Braga Dantas

*Análise no setor Y (pontos 4,5, 6 e 7), Figura 47*

O quarto ponto (P4) corresponde a Dolina do Buraco do Inferno da Sucupira (Figuras 48 e 49) e perfaz uma área de 7,71Km<sup>2</sup>, referenciada pelas UTM's 0512789/8632223 situada entre as cotas 540m-553m sentido NW-NE dista 1,7Km da Dolina da Lagoa Azul. Compartimenta-se topograficamente por formações de relevo plano, côncavo e tabular/escarpado com elevações que oscilam entre 1,9%-90%, com dissecação Dp15, Dc35, Dc45, Dt55 e De55 contornando uma dolina com bordas relativamente circulares na forma de vales abruptos, parcialmente alagados. Sua característica fluvio cárstica sugere retroalimentação por uma ressurgência advinda do rio subterrâneo João Rodrigues, estabelecendo conexão com a Lagoa Azul e sumidouro João Baio. Seu relevo reveste-se com diversos pontos de estratificação horizontais e modelados em *karrens* do tipo caneluras e alveolares, torres em suas escarpas e em seu entorno *humes*.

As Torres são encontradas, sobretudo nas áreas mais onduladas, escarpadas e fortemente escarpadas do embasamento cárstico da APA, mais precisamente nas vizinhanças das dolinas e cânions.

Por essa dolina é possível ter acesso ao endocarste, através da Gruta da Sucupira, cuja entrada, segundo Rubioli (1997), apresenta um conduto de entrada de difícil penetração, visto que a mesma mede apenas 0,30m de largura.

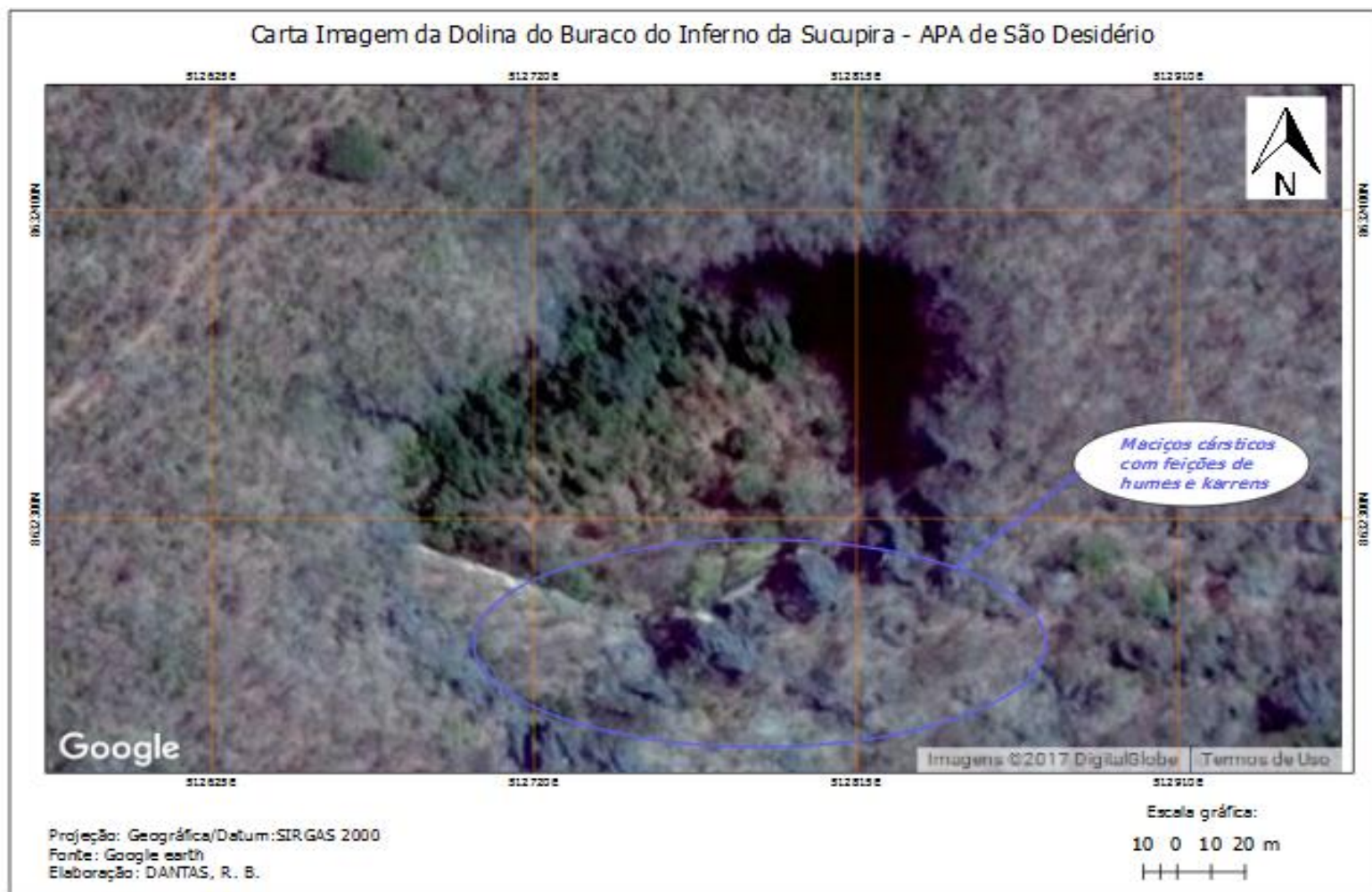


**Figura 47** – Carta imagem de pontos de controle do Setor y – APA de São Desidério-BA



**Figura 48** – (A) Vista da Dolina do Buraco do Inferno da Sucupira, (B) Afloramentos de *Karrens*, (C) Formação de Torre na escarpa da Dolina, APA de São Dseidério.  
Fotos: Robson Braga Dantas



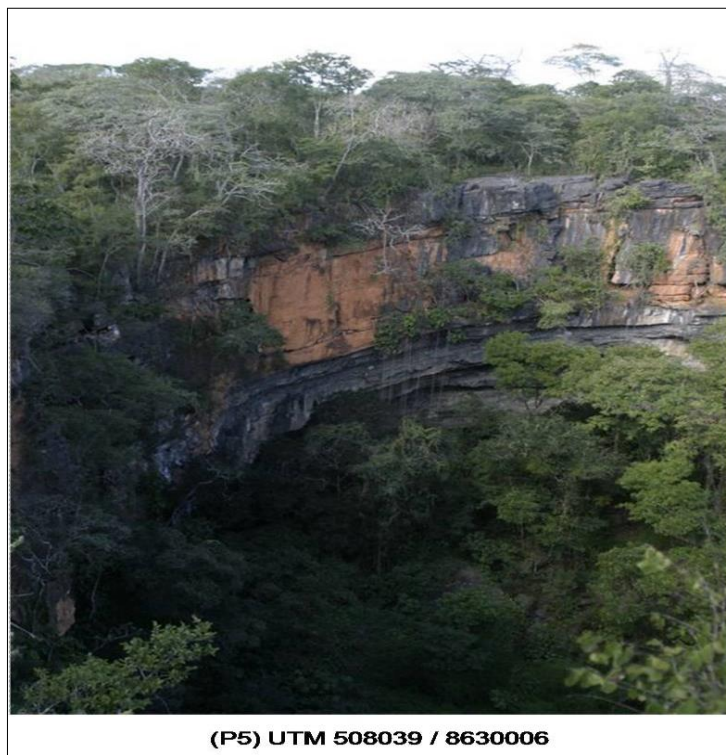


**Figura 49** – Carta Imagem da Dolina do Buraco do Inferno da Sucupira, APA de São Desidério-BA.

O quinto ponto (P5) refere-se à Dolina do Buraco do Inferno da Lagoa do Cemitério. O exocraste da referida dolina (Figuras 50 e 51) compartimenta-se em uma área de 530,4m<sup>2</sup>, georeferenciada pelas UTM's 511736/8632041 entre altitudes que oscilam entre 609m-619m e declividades de 2%-90%, o que justifica sua maior pré-disposição a dinâmicas deposicionais. Sua geomorfologia apresenta um protuberante maciço com vertentes retilíneas e côncavas, favorecendo a convergência de fluxos pluviais e acúmulo de sedimentos. Em suas vizinhanças verificam-se feições cársticas constituídas, sobretudo, por *Humes*.

No que tange à drenagem, sua densidade é considerada muito baixa 0,03Km/Km<sup>2</sup>, refletindo em fisionomias de relevo dissecadas entre Dp15, De35, Dc45 e De55. A referida dolina é retroalimentada pelas águas do sistema João Rodrigues, que abrange uma dimensão para além dos limites da APA, exercendo essencial influência no processo de composição de toda sua paisagem cárstica.

A dolina do Buraco do Inferno da Lagoa do Cemitério constitui-se numa depressão com bordas assimétricas, onde a drenagem subterrânea apresenta padrão linear, marcado em superfície por uma importante estrutura de fratura, que alinha as feições exocársticas e endocársticas.



**Figura 50** – Vista da Dolina do Buraco do Inferno da Lagoa do Cemitério, APA de São Desidério – BA.  
Foto: Juscelino Ferreira



**Figura 51** – Carta Imagem da Dolina do Buraco do Inferno da Lagoa do Cemitério, APA de São Desidério – BA

O sexto ponto (P6) condiz ao Sumidouro João Baio (Figuras 52 e 53) situa-se nas UTM's 511642/8631983, compartimentado numa área de 3,54Km<sup>2</sup> entre altitudes 530m e 533m e declividades de 5,5% a 90%, compondo uma morfologia exocárstica na forma de fraturas, que expõem o fluxo hídrico diretamente do sistema subterrâneo João Rodrigues, o que sugere a formação de uma dolina. Tal exposição facilita o reabastecimento do Sistema Cárstico João Rodrigues, pelo fato das águas pluviais terem acesso direto ao aquífero. Nesta porção da paisagem cárstica a densidade de drenagem é baixa (0,28Km/Km<sup>2</sup>), e os índices de dissecação do relevo encontrados foram: Dc24, Dc35, Dc45 De55 e Da55.

O sumidouro apresenta um pacote rochoso fortemente escarpado com (vertentes retilíneas e côncavas), esboçando elementos cársticos do tipo: torres, *humes* e *karrens*. Verifica-se uma reentrância do carste, sobretudo em seus pontos de fuga e ressurgência hídrica.



**Figura 52**–Vista do Sumidouro João Baio, APA de São Desidério – BA.  
Foto: Robson Braga Dantas



**Figura 53** – Carta Imagem dos compartimentos cársticos do Sumidouro João Baio, APA de São Desidério – BA

O sétimo ponto (P7) refere-se à ressurgência Poço do Surubim (Figura 54) situa-se nas proximidades do Rio São Desidério, no extremo norte da APA de São Desidério, nas coordenadas UTM 0505275/8628186. Apresenta uma geomorfologia ondulada e escarpada com reentrância em sua base principalmente nos possíveis locais de ressurgência. A densidade de drenagem pode ser considerada baixa 0,93% Km/Km<sup>2</sup> e seus índices de dissecação do relevo encontrados foram: Dc34, Dc54 e De54.

De acordo com Galvão *et al.* (2012), provavelmente tal ressurgência faz conexão com a Garganta do Bacupari. A ocorrência desse fenômeno sugere forte relação com seu arcabouço litológico constituído por Sedimentos Carbonático-Pelítico, além disso, paralelo a esta ressurgência, verifica-se o controle de lineamento em sentido NO-SE.



**Figura 54** – Ressurgência Poço do Surubim, APA de São Desidério – BA.  
Foto: Robson Braga Dantas

*Análise no setor K (pontos 8,9, 10 e 11), Figura 55*

O oitavo ponto (P8) na UTM 507306/8624255, conforme Figura 56 (A) esboça uma paisagem exocárstica constituída predominantemente por topos convexos bem como *humes* e maciços entre as margens direita e esquerda do rio São Desidério. Para Travassos *et al.* (2015), os *humes* representam feições cársticas resultantes do desgaste de dissolução particular, tornando-os ruiformes e desagregados de grandes afloramentos.

A densidade de drenagem pode ser considerada baixa 0,93% Km/Km<sup>2</sup> e seus índices de dissecação do relevo encontrados foram: Dc44 e De54. Tanto no (P8) como demais pontos, compõe-se o tipo de solo Podzólico Vermelho Amarelo.

O nono ponto (P9) Figura 56 (B) situa-se nas vizinhanças da Gruta da Beleza UTM 508015/8624523 entre a confluência dos rios São Desidério e Porto Alegre. Nesta referencia pode-se visualizar uma geomorfologia de topos convexos bem como feições de maciços e *humes* entalhando *karrens*. Sua densidade de drenagem e índices de dissecação do relevo e assemelha ao do (P8).

O decimo ponto (P10) na UTM 0507872/8620075 refere-se à porção sul da APA entre as localidades de Grota da Onça ao norte e Longuinho ao sul. Suas feições morfoesculturais são do tipo tabular Figura 56 (C) índices de dissecação do relevo identificados foram: Dt54 e De54.

Neste ponto as escarpas compartimentam a planície fluvio-cárstica do rio São Desidério, bem como feições de topos convexos com índices de dissecação do relevo calculado em Dc24. Este relevo ondulado Figura 56 (D) caracteriza-se por esculpir modelados com feições relativamente rebaixadas e circundadas por morros pouco acidentados, drenagens temporárias e afloramentos rochosos ruiformes em verrugas. Tais feições são mais observáveis nos limites das vertentes que dão acesso ao fluvio-carste.

O decimo primeiro ponto (P11) localiza-se na UTM 513406/8626369, comunidade de Curral Novo, mais precisamente na planície fluvio-cárstica do rio Porto Alegre. Esta planície encontra-se compartimentada por topos convexos e maciços com índices de dissecação mensurados em Dc24 e De54. Nas bordas dos maciços, Figura 56 (E) especificamente em suas escarpas e parte superior dos topos tabulares da área de estudo, concentram-se a maior incidência de tais feições, entalhadas em estruturas rochosas cársticas, predominantemente fraturadas pela ação do intemperismo.

De maneira geral na referida Unidade de Conservação tais maciços situam-se em maior incidência entre as proximidades das drenagens fluviais bem como dolinas, alcançando

dimensões lineares entre 4.500m-25m, nitidamente controlados por lineamentos estruturais (Norte-Sul) entre as margens direita e esquerda do rio São Desidério e (Nordeste-Sudoeste) entre os vales do rio Porto Alegre, Figura 56 (F) e compartimentos de dolinas.



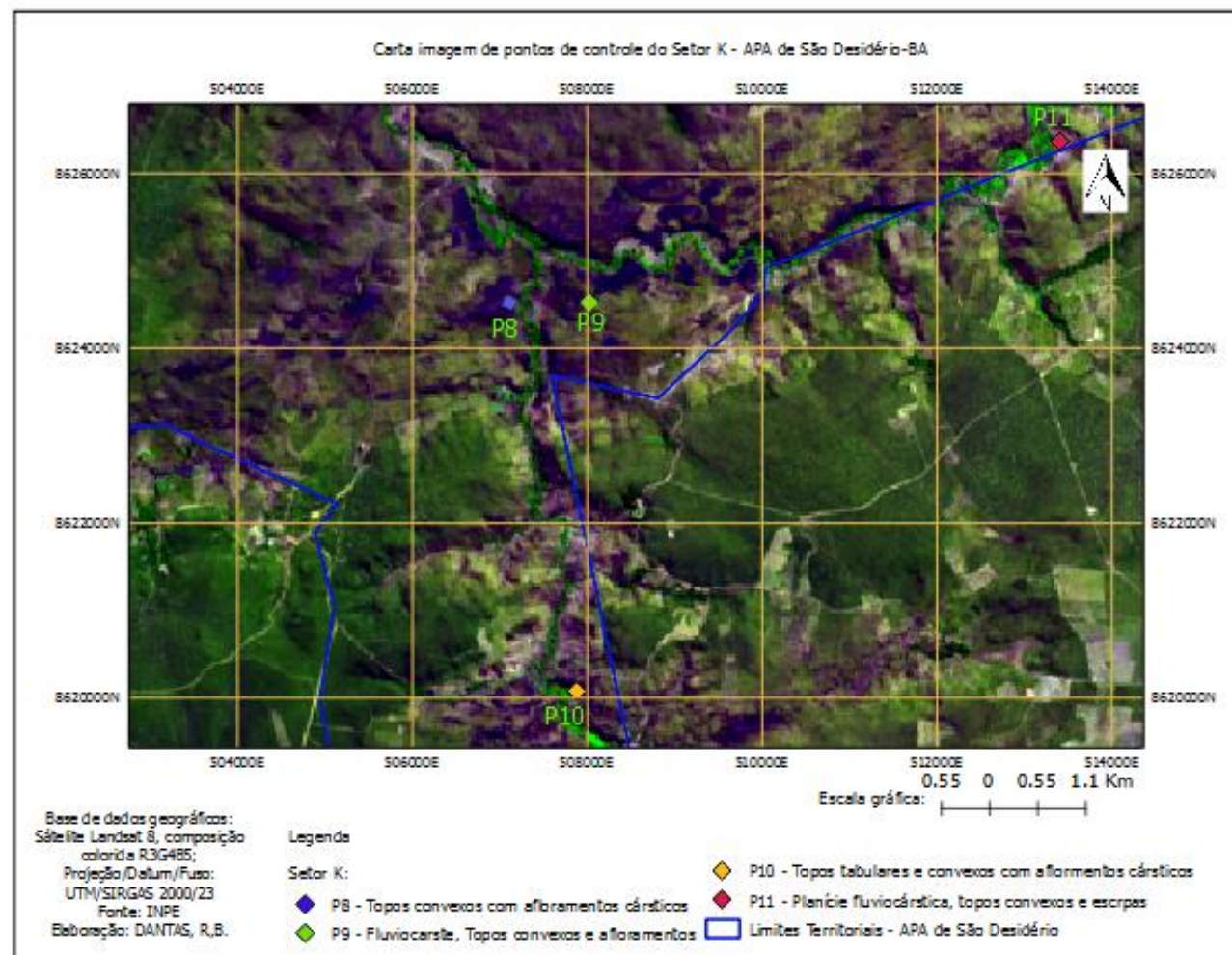
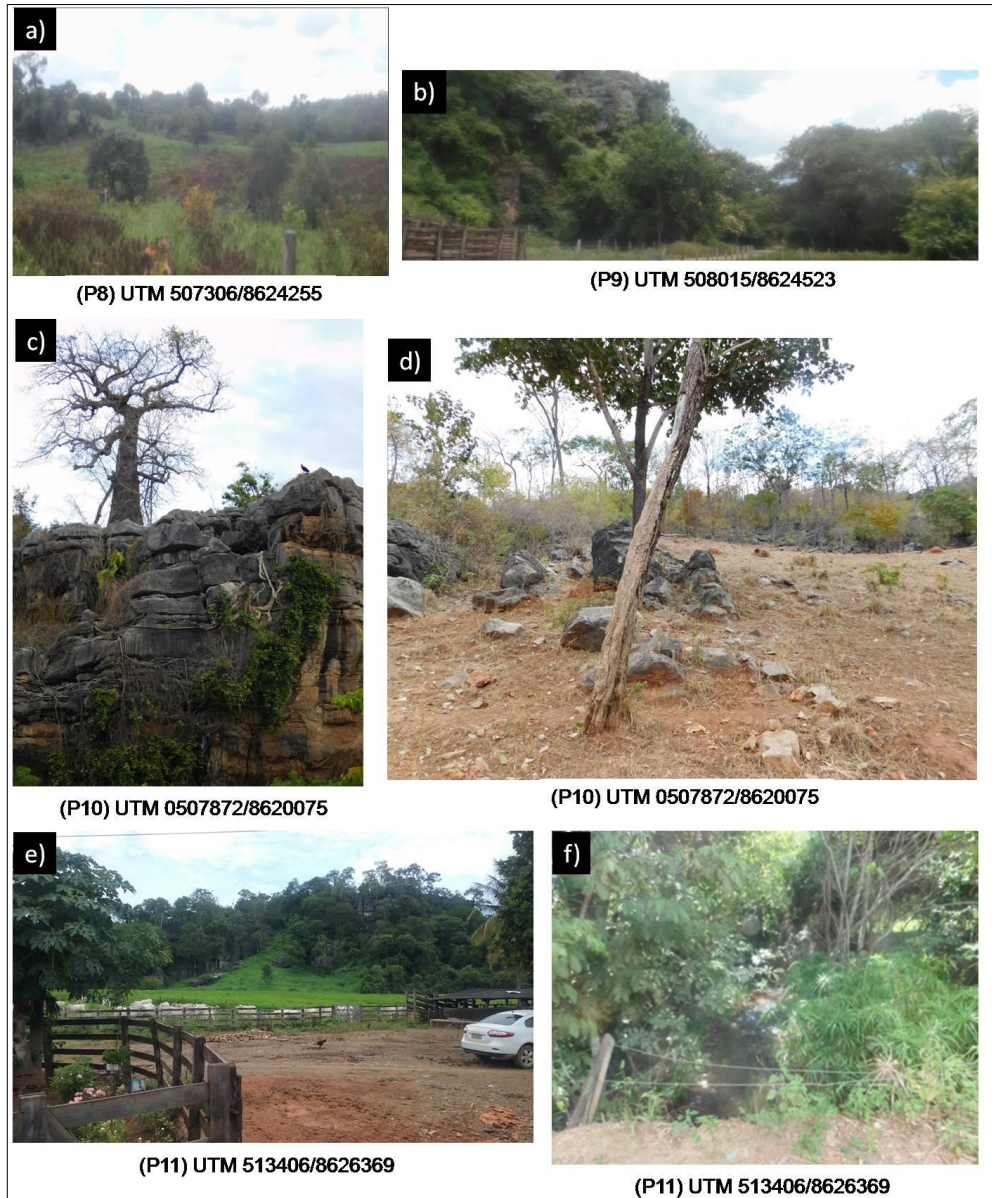


Figura 55 – Carta imagem de pontos de controle do Setor k – APA de São Desidério – BA.



**Figura 56** – (A) Carste em topos convexos, (B) Maciço cárstico (C) Topo tabular com feições horizontais de dissolução, (D) Feições de verrugas, (E) Maciço cárstico e (F) Rio Porto Alegre.  
Fotos: Robson Braga Dantas

**Tabela 7 - Síntese morfométrica de elementos exocársticos na APA de São Desidério**

Unidade de relevo	Localização (UTM)		Área (Km <sup>2</sup> )	Hipsometria (m)			Declividade (%)			Densidade de drenagem (Km/Km <sup>2</sup> )	Densidade.	Índice de dissecação	Solo	Litologia
	X	Y		Mín.	Máx.	Média	Mín.	Máx.	Mé-dia					
Dolina (Lagoa Azul)	514575	8632828	55,16	582	596	589	5,5	90	47.7	0,01	Baixa	25/35/45/55	(PV)	(SCP)
Dolina Buraco do Inferno da Sucupira	512789	8632223	7,71	540	552	546	1,9	65	33.4	0,06	Baixa	15/25/35/45	(PV)	(SCC)
Dolina Buraco do Inferno da Lagoa do Cemitério	511736	8632041	5,3	609	619	614	2,0	90	46	0,03	Baixa	15/25/35/45/55	(PV)	(SCP) e (SCC)
Cânion da Gruta do Catão	514212	8632509	11,05	585	637	611	1,9	90	45.9	0,02	Baixa	15/25/35/45/55	(PV)	(SCP)
Dolina/Sumidouro João Baio	511642	8631986	3,54	530	533	531	5,5	90	47.7	0,28	Baixa	25/35/45/55	(PV)	(SCP) e (SCC)

Podzólico Vermelho Amarelo (PV); Latossolo Vermelho Amarelo (LV)  
Sedimentos Carbonático-Pelítico (SCP); Sedimentos Clásticos-Carbonáticos (SCC)

**Fonte:** Elaborado pelo autor.

## **O endocarste**

No que tange ao endocárstico, pontualmente os estudos desenvolvidos acerca da geomorfologia superficial das feições de relevo identificaram algumas cavidades: Gruta do Catão; Gruta Manoel Lopes; Gruta da Beleza; Gruta da Sopradeira; Buraco do Inferno da Lagoa do Cemitério e Gruta da Sucupira (já abordado entre os resultados obtidos no exocarste) e, conforme mapa e perfil de fenômenos cársticos da referida APA.

A Gruta do Catão apresenta fácil acesso, com topografia suave ondulada e localiza-se a nordeste da APA, situada numa depressão cárstica que apresenta declividades entre 5,5% e 75%. Juntamente com a dolina Lagoa Azul, esta cavidade mantém conexão hídrica advinda das drenagens da nascente cárstica João Rodrigues e Rio Tamanduá, onde as nascentes são distribuídas, diferentemente do Sumidouro João Baio, que possui conexão direta com o Sistema Subterrâneo Cárstico João Rodrigues.

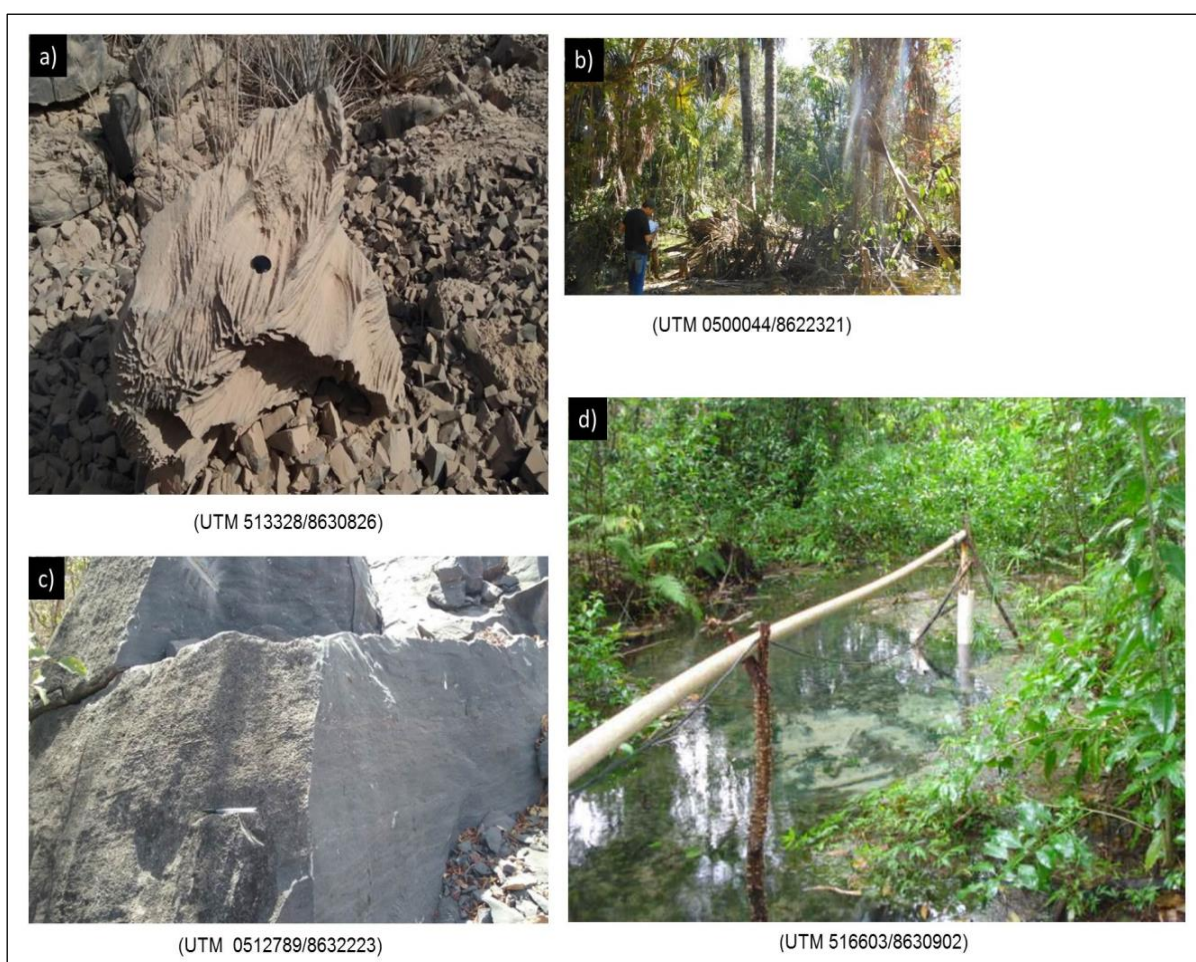
As Grutas do Manoel Lopes e Sopradeira, situam-se em propriedade particular próximas aos limites da APA (a sudoeste), apresentam topografias muito acidentadas, com entradas verticalizadas e de acesso. Ambas diretamente são influenciadas pelas drenagens do Rio São Desidério.

A gruta da Beleza situa-se dentro da APA, bem próximo ao perímetro urbano local e às margens do rio São Desidério. Seu perfil exocárstico é formado por um grande cânion, compondo uma cavidade cujo percurso inicial é relativamente acidentado e formado por grandes colunas cársticas.

### 4.3 Levantamento pontual de fatores de degradação ambiental na APA de São Desidério

As Áreas de Proteção Ambiental (APA), no Brasil, são em sua essência Unidades de Conservação (UC) conforme lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000, e têm finalidade focada na sustentabilidade (SNUC, 2015). Estudos científicos são essenciais para a efetividade da conservação.

Nesse contexto, desenvolveu-se um levantamento pontual de fatores de degradação ambiental na referida APA (Figuras 57 e 58 Quadro 1). Para tal, tomou-se como parâmetro os resultados do mapeamento geomorfológico e de elementos cársticos, além de embasamento metodológico exposto no capítulo 3 e observações em campo.



**Figura 57**– Fatores de degradação ambiental. Destruição de maciços de *karrens*, margem direita da BR-135, APA(A); Nascente do Capim Branco, sem proteção(próxima à APA) (B); Destruição de maciços de *karrens* na borda da escarpa do Buraco da Sucupira (C); Nascente João Rodrigues, captação hídrica através de sistema de bombeamento (D).

Fotos: Robson Braga Dantas (A), (C) e (D), Juscelino Ferreira (B).



**Figura 58** – Sumidouro João Baio, APA de São Desidério. As vistas (A), (B) e (C) mostram a progressão do processo de captação hídrica. Fotos: (A) e (C) Robson Braga Danta

**Quadro 1**–Levantamento (pontual) de fatores de degradação ambiental na APA de São Desidério – BA

<b>Fatores de degradação ambiental (dentro da APA)</b>	<b>Localização</b>	<b>Impactos</b>	<b>Consequências</b>
- Captação hídrica em nascente cárstica.	-Nascente João Rodrigues, situada na localidade de João Rodrigues. Abastece também a localidade de Sucupira;  -Nascente Olho d'água das Marias: supre a localidade de Beleza;	-As nascentes cársticas abastecem suas populações (desde o consumo humano ao animal) através de sistema de bombeamento;  - Ausência de cerca de proteção em seus limites;  - Relativa subtração de sua vegetação ciliar.	-De acordo com Kohler (2009) a captação de mananciais em regiões cársticas sem um manejo correto poderá implicar em colapso do relevo. Tal circunstância torna os recursos hídricos subterrâneos vulneráveis à contaminação direta; -Pisoteio de criação de gado, propiciando consumo excessivo de água, bem como exposição à contaminação em função da produção de excrementos; -O desmatamento desequilibra o Sistema de controle de vazão das águas subterrâneas, pois acelera o processo de desgaste do solo, formando ravinas e podendo evoluir para assoreamento.
- Extração de relevo cárstico.	- Margem direita da BR-135, sentido NO-SE; - Buraco do Inferno da Sucupira.	- Destruição de afloramentos cársticos através de uso de explosivos com finalidade de uso na construção civil.	-Os maciços cársticos, a exemplo dos <i>Karrens</i> , verrugas e Torres, trazem consigo o registro pretérito e atual de processos exógenos, fundamentais à fiel compreensão acerca de eventos climáticos, imprescindíveis à análise morfogénica do relevo.
- Captação hídrica através	-Localidades: Periperi e	- Os poços artesianos foram perfurados	- Esgotamento de mananciais e

de poço “artesiano”.	Boa Vista	pelo fato das nascentes que existiam em tais comunidades terem secado.	consequentes conflitos socioambiental.
<b>Fatores de degradação ambiental (fora da APA)</b>	<b>Localização</b>	<b>Impactos</b>	<b>Consequências</b>
-Captação hídrica em ressurgência cárstica.	-Fazenda Manoel Lopes	- Essa ressurgência mantém conexão com a nascente Capim Branco, que fica (fora da APA, no baricentro de sua borda sudoeste). Tal ressurgência abastece as populações que residem nas proximidades da Gruta Manoel Lopes, além de suas criações bovinas. Ressalta-se que para tanto, não foi verificado nenhuma orientação técnico-operacional; -Não há proteção no entorno da nascente do capim branco.	-Tanto na nascente Capim Branco como ressurgência situada na Fazenda Manoel Lopes, podem suscitar colapsos do relevo cárstico, facilitando sua contaminação e respectivo esgotamento pela falta de manejo e uso adequado.
-Extração de relevo cárstico.	- Empresa mineradora situada em São Desidério.	-As detonações explosivas, mesmo sendo desenvolvidas a 4,5Km (sentido noroeste da APA) implicam em vibrações em sua estrutura cárstica.	-Tamanho problemática pode suscitar em abatimento de cavidades/condutores subterrâneos alterando a direção de fluxo de seus mananciais. Tal fato pode se refletir, por exemplo, no esgotamento de uma nascente ou perda de registros científicos relevantes às pesquisas em geociências.



<p>-Drenagens fluviais fora da APA.</p> <p>-Sumidouro que ultrapassa os limites da APA.</p>	<p>- Drenagens dos rios que fluem na APA sentidos (Norte, Sul, Sudeste e Oeste)</p> <p>-Fazenda João Baio.</p>	<p>- Os limites territoriais da APA não integram todas as suas redes de drenagens, colocando-as fora dos amparos legais inerentes às Unidades de Conservação.</p>	<p>- As drenagens que ficam fora da APA (sejam rios, sumidouros ou ressurgências) têm sua vegetação ciliar e captação hídrica mais vulnerável a uso e manejo inadequados. Pelo fato dos rios se integrarem de maneira sistêmica, mesmo as drenagens protegidas serão acometidas por tais degradações.</p>
---	--	---	---

**Fonte:** Elaborado pelo autor.

### *Captação hídrica em nascentes, sumidouro e ressurgências cársticas*

Constatou-se que a nascente do rio João Rodrigues, situada em formações de relevo suave ondulado a leste da APA, serve como fonte de subsistência hídrica para as localidades de João Rodrigues e Sucupira. Soma-se a esse fato a exploração hídrica da nascente Olho D'água das Marias, para suprir a localidade de Beleza (onde se encontra a Gruta da Beleza). Sua captação é feita através de sistema de bombeamento, que distribui seus mananciais às populações locais com finalidade de uso, principalmente doméstico e agropecuário.

Nessas nascentes, percebeu-se que não há nenhuma forma de restrição ao acesso e proteção do entorno, contribuindo para o pisoteio por animais, sobretudo bovinos, tornando o manancial vulnerável à contaminação por excrementos. Essa problemática se acentua com o relativo desmatamento em virtude de práticas de subsistências com consumo e manejo inadequados.

Em referência ao Sumidouro João Baio, este é usado através de captação de seus mananciais mediante sistema de bombeamento. Vale frisar que essa fuga hídrica exerce influência direta na retroalimentação da vazão do sistema cárstico João Rodrigues, o qual excede os limites da APA.

A localidade Manoel Lopes dispõe de um fluxo de ressurgência hídrica utilizado como ponto de captação de seus mananciais para uso de necessidades básicas humanas e dos animais domésticos. Essa ressurgência sugere conexão com a nascente do Capim Branco, expandida territorialmente para fora da APA, e não dispõe de nenhuma proteção em seu entorno, estando sujeita ao uso sem parâmetros ambientais. Nessa ótica, os impactos que se acometerem em tal nascente, também poderão atingir a ressurgência Manoel Lopes.

Na concepção de Kohler (2009), a captação de mananciais em ambientes cársticos mediante sistema de bombeamento, sem nenhum manejo adequado, pode causar colapsos no relevo. Nesse viés, pode-se incluir os sumidouros e ressurgências, visto que seu arcabouço estrutural e geomorfológico é o mesmo. É importante ressaltar que tamanha degradação expõe as drenagens subterrâneas a um elevado risco de contaminação. Para Vestena *et al.* (2002), a vulnerabilidade em regiões cársticas ocorre pela falta de planejamento técnico, o que implica em contaminação dos aquíferos e subsidência do terreno.

Ainda sobre captação hídrica, as localidades de Periperi e Boa Vista suprem suas necessidades hídricas através de poços (chamados pela população de artesianos, ainda que não se constate o processo de artesianismo); circunstância suscitada em consequência do esgotamento de nascentes que não tiveram a vegetação ciliar preservada. Segundo Gillieson

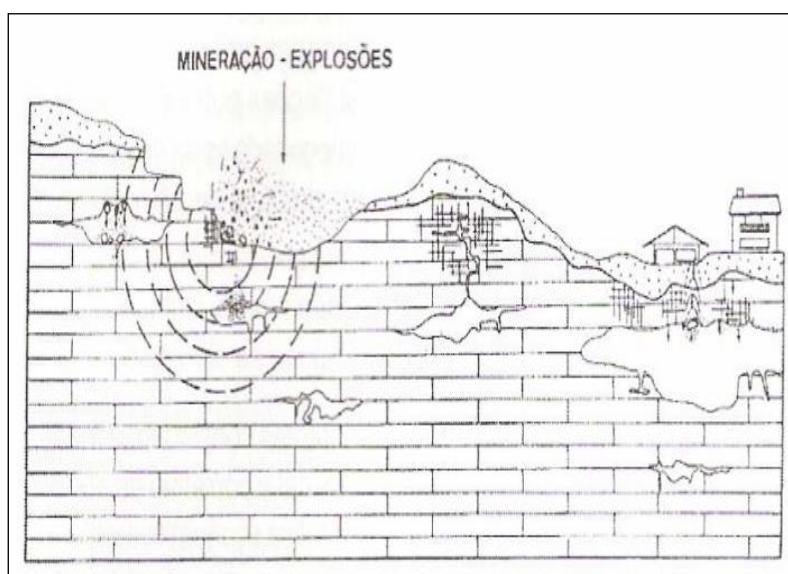
(1996), a composição da paisagem vegetal é essencial ao equilíbrio sistêmico do carste, tendo em vista a imensurável capacidade de acomodação do solo e absorção hídrica para controle e manutenção de vazão em aquíferos.

#### *Exploração mineraria do relevo cárstico*

As atividades mineradoras existentes na região é outro fator de impacto, sobretudo ligadas a regiões cársticas como é o caso da APA de São Desidério e necessita de uma análise mais cautelosa.

Verificou-se que na margem direita da BR-135 a 30m (Noroeste-Sudeste), há um considerável maciço calcário com *karrens e verrugas*, parcialmente destruídos, evidenciando o uso de ferramentas pontiagudas, além de explosivos. Entre as formações cársticas do Buraco do Inferno da Sucupira, também se desenvolvem tais práticas, culminando na destruição de torres cársticas. Essas ações degradantes norteiam-se com finalidades de obtenção de rochas fragmentadas para pavimentação de calçadas e fabricação de britas.

Indiretamente, a extração de rochas por mineradora situada a 4,5Km, sentido noroeste (fora da APA), pode produzir vibrações, tendo em vista as pressões exercidas durante suas explosões, e comprometer as estruturas internas e externas do carste local, podendo culminar ainda em colapsos de condutos subterrâneos. Tal fator de degradação (Figura 60) pode dificultar a execução de estudos técnicos e científicos, pois a destruição de estruturas endógenas ou exógenas das feições do carste compromete a qualidade ambiental desta área.



**Figura 59** - Esquema demonstrativo sobre abatimento e vibrações do relevo pelo uso de detonações explosivas. Fonte: Oliveira (1997).

## 5–CONSIDERAÇÕES FINAIS

A referida pesquisa objetivou analisar a geomorfologia das feições exocársticas da APA - Área de Proteção Ambiental do município de São Desiderio – BA e, para tanto, realizou-se o mapeamento geomorfológico e mapeamento de fenômenos cársticos, bem como levantamento “pontual” de fatores de degradação ambiental das feições cársticas observadas com técnicas de campo e laboratório.

A análise geomorfológica e topográfica foi, de fato, a base essencial à compreensão acerca dos elementos cársticos, considerando a eficácia de seus resultados cartográficos e morfométricos. Com isso, as unidades geomorfológicas foram mapeadas, servindo de subsídio à taxonomia dos fenômenos exocársticos e posterior identificação de condicionantes de degradação ambiental.

Assim, o mapeamento geomorfológico conferiu integração de dados indispensáveis ao planejamento ambiental visto que tal mapeamento esboça o relevo em seus tipos e formas, contribuindo, sobretudo na identificação de potencialidades e fragilidades do carste da APA pesquisada.

Ressalta-se que conforme enfatizado logo na introdução desse trabalho, a APA foi criada com base no Decreto Estadual nº 10.020, de 05 de junho de 2006 e, pressupõe-se que antes de sua origem, tenha desenvolvido um cuidadoso e criterioso estudo acerca dos limites territoriais que iria contorná-la, levando em conta, sobretudo sua rede hidrográfica integrada em virtude de seus divisores topográficos. No entanto, o cenário encontrado foi divergente.

Na prática, após mapeamento geomorfológico e estudo de fenômenos cársticos, ficou nítido que os sistemas de drenagens da referida Unidade de Conservação não se integram absolutamente, pois a Norte, Sul, Sudoeste e Oeste os rios, sumidouros e ressurgências mantêm seus fluxos para além dos limites da APA. Os estudos mostram que suas delimitações territoriais nortearam-se, sobretudo, por compartimentos e estradas. Isso evidencia que não se levou, portanto em consideração a análise sistêmica geomorfológica, quando da delimitação da área constituinte desta UC. Como exemplo pode-se apontar a nascente do Capim Branco que fica nos limites extremo sudoeste e a ressurgência da localidade de Beleza no fluvio-carste do Rio Porto Alegre. Acrescenta-se a isso, a captação hídrica em nascentes cársticas, degradação de afloramentos cársticos e detonações explosivas de maciços calcários sem manejo adequado.

No caso da APA de São Desidério, sua limitação territorial negligenciou variáveis importantes para a geomorfologia tais como: vertentes e drenagens. Ademais, vários fatores de degradação ambiental, que já suscitavam antes da concepção da UC ainda perduram, agravando-se progressivamente diante dos conflitos socioambientais que ocorrem por parte de moradores locais e pouca efetividade na gestão ambiental pelo poder público.

Mediante tamanhas implicações, percebe-se que o desenvolvimento do turismo ecológico, tão importante e necessário nestas regiões cársticas torna-se desordenado e fatídico, pois não há parâmetros de estudos de fenômenos cársticos para tal. Lamentavelmente a APA em suas dimensões territoriais equivalentes a 10.961,14ha, garante na prática apenas 16ha de sustentabilidade atribuída ao Parque Municipal Lagoa Azul.

Por fim, os resultados confirmam a problemática da ausência de um PM - Plano de Manejo da Unidade de Conservação, além da insuficiência de estudos científicos que possam relacionar geomorfologia cárstica às questões socioambientais nesta porção do carste do oeste da Bahia. Logo, verificou-se que tal paisagem geomorfológica encontra-se nitidamente vulnerável às interferências danosas que venham a ser suscitadas seja por ações diretas ou indiretas de comunidades locais ou de Instituições Públicas e Empresariais.

### **5.1 Sugestões para futuras pesquisas**

Levando em consideração que toda e qualquer pesquisa deve ter objetividade e recorte espaço-temporal que lhe impõem limites, a dissertação apresentada pode servir de suporte para outros estudos, inclusive até mais refinados. Para tal, recomenda-se:

- Ampliar o estudo geomorfológico para além dos limites territoriais de tal Unidade de Conservação, respeitando a lógica sistêmica de funcionamento da paisagem cárstica;
- O desenvolvimento de outros trabalhos científicos relacionando geomorfologia cárstica e conflitos socioambientais, torna-se salutar, visto que há possibilidades futuras de transformar tal APA em um Parque Nacional;
- Um estudo relacionando gestão ambiental/política e conflitos socioambientais poderia trazer um panorama mais fidedigno no que tange a relação causa-efeito de fatores de degradação ambiental na APA de São Desidério – BA;
- Pesquisas que contemplem o turismo ecológico seriam pertinentes, considerando as potencialidades e fragilidades da paisagem cárstica da APA de São Desidério – BA.
- Relacionar impactos identificados com a figura 18, fazendo cruzamento entre unidades geomorfológicas identificadas e feições cársticas

## 6 –REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AB’SABER, A.N. **Os domínios de natureza do Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.

AB’SABER, A. N. Um conceito de geomorfologia a serviço das pesquisas sobre o Quaternário. **Geomorfologia**, São Paulo, n.18, p.1-23, 1969.

ALT, L. R. **Efetividade Sócio-ambiental da APA Carste de Lagoa Santa – MG: Uma avaliação a partir de suas ferramentas de planejamento e gestão**. 2008. 243f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, 2008.

ALKMIM, F. F.; MARTINS-NETO, M. A. A Bacia Intratectônica do São Francisco: arcabouço estrutural e cenários evolutivos. In: Bacia do São Francisco-Geologia e Recursos Naturais, 1a. ed. Belo Horizonte, SBG, 2001.

BIGARELLA, J. J.; BECKER, R. D.; SANTOS, G. F. **Paisagem Cárstica**In: Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais., vol. 1, ed. UFSC: Florianópolis, 1994.

BIGARELLA, J. J.; PASSOS, E.; HERMANN, M. L. P.; SANTOS, G. F.; MENDONÇA, M.; SALAMUNI, E.; SUGUIO, K. **Estrutura e Origem das Paisagens Tropicais e Subtropicais**, v.3, 2. ed. Florianópolis, UFSC, 2007. 1.436 p.

BÖGLI, A. **Karst hydrology and physical speleology**. Berlin/New York: Springer, 1980.

BONDESAN, A., MENEGHEL, M; SAURO, U. Morphometric analysis of dolines. **International Journal of Speleology**, v.21, n.1-4, p.1-55, 1992.

CAILLEUX, A.; TRICART, J. Le problème de la classification des faits géomorphologiques. **Annales de Géographie**.n.3490, v.LXV, année, p.162-185, 1956.

CAMPOS, J. E. G.; DARDENNE, M. A. Origem e evolução tectônica da Bacia Sanfranciscana. **Revista Brasileira de Geociências**, v.27, n.3, p.283-294, 1997.

CAVALCANTI. L.C. S. **Cartografia de Paisagens: Fundamentos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2014. 96p.

CASSETI, V. **Geomorfologia**. [S.l.]: [2005]. Disponível em: <<http://www.funape.org.br/geomorfologia/>>. Acesso em: 03 de agosto de 2015.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2. ed. São Paulo, Edgard Blucher, 1980.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de Sistemas Ambientais**. São Paulo: Edgard Blücher, 1999.

CPRM. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais/Serviço Geológico do Brasil. **Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo**. Folha SE.23-V-B-São Romão e Folha SE.23-V-D-João Pinheiro. Divisão de Geoprocessamento. Banco de Dados GEOBANK. Disponível em: <<http://geobank.cprm.gov.br/>>. Acesso em: 15 set. 2015.

DANTAS, R.B.; ALMEIDA, L.F.S.; MORATO, L. **Geocronologia do Grupo Bambuí e aspectos da geomorfologia cárstica no Parque Municipal da Lagoa Azul, São Desidério (BA)**. In: RASTEIRO, M.A.; MORATO, L. (Orgs.) CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 32, 2013. Barreiras. Anais... Campinas: SBE, 2013. p.401-406.

DARDENNE, M. A. **Síntese sobre a estratigrafia do Grupo Bambuí no Brasil Central**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 30. Anais... Recife, SBG, p. 597-610. 1978.

DE WAELE, J. Evaluating disturbance on mediterranean karst areas: the example of Sardinia (Italy). **Environmental Geology**, v.58, p.239–255, 2009.

DREYBRODT, W. (Editors) **Speleogenesis - Evolution of Karst Aquifers**. Huntsville (USA). National Speleological Society: 2000.p527.

ELORZA, M. G. **Gomorfología**. Madrid: Pearson Educación, S.A., 2003.

EGYDIO-SILVA, M. **O sistema de dobramentos Rio Preto e suas relações com o Cráton São Francisco. Tese (Doutorado em Geociências)**, São Paulo, IGC-Universidade de São Paulo, 95 f., 1987.

EMBRAPA, **Solos do Nordeste**. Disponível em:<<http://www.uep.cnps.embrapa.br/solos/index.php?link=ba>>. Acesso em: 13 ago. d2015.

FLORENZANO, T. G. Introdução à Geomorfologia. In: FLORENZANO, T. G. (Org.). **Geomorfologia: Conceitos e tecnologias atuais**. 1. ed. São Paulo, Oficina de Textos, 2008. p. 12-30.

FORD, D.; WILLIAMS, P. **Karst Hydrogeology and geomorphology**. Chichester: J. Wiley & Sons, 2007, 576 p.

GALVÃO, A. L. O.; FERREIRA, C. F.; ROSSATO, R. M.; REINO, J. C. R.; JANSEN, D. C.; VILELA, C. V. Breve descrição do patrimônio espeleológico do município de São Desidério – BA. **Revista Brasileira de Espeleologia**, v.2, n.1, p.13-28, 2012.

GAMS, I. Origin of the term “karst” and the transformation of the Classical Karst (Kras). **Environmental Geology**, v.21, n.3, p.110-114, 1993.

GAMS, I. The polje: the problem of definition. **Zeitschrift für Geomorphologie**, v.22, 170-181, 1978.

GASPAR, M. T. P.; CAMPOS, J. E. G. O Sistema Aquífero Urucuia. **Revista Brasileira de Geociências**, v.37, n.4. p.216-226, 2007.

GILLIESON, D. **Caves: processes, development and management**. Cambridge, Blackwell Publisher Ltd, 1996. 324 p.

GINÉS, A., KNEZ, M., SLABE, T. DREYBRODT, W. **Karst Rock Features: Karren Sculpturing**. Ljubljana: ZRC Publishing, (Eds.) (2009).250 p.

GODINHO, L.P.S.; PEREIRA, R.G.F.A.. **Caracterização geomorfológica preliminar do sistema cárstico do Rio João Rodrigues, São Desidério – BA.** In: RASTEIRO, M.A.; MORATO, L. (Orgs.) CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 32, 2013. Barreiras. Anais... Campinas: SBE, 2013. p.341-351. Disponível em: <[http://www.cavernas.org.br/anais32cbe/32cbe\\_341-351.pdf](http://www.cavernas.org.br/anais32cbe/32cbe_341-351.pdf)>. Acesso em: 01 fevereiro de 2015.

GUERRA, A. J. T, MARÇAL, M. S. dos. **Geomorfologia Ambiental.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2012.189 p.

HARDT, Rubens. **Aspectos da morfologia cárstica da Serra do Calcário - Cocalinho – MT.** 2004. 98 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Geografia, Departamento de Organização do Espaço, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro - SP, 2004.

HARDT, R.; RODET, J.; FERREIRA PINTO, S. A. O carste: Produto de uma evolução ou processo? Evolução de um conceito. **Revista de Geografia** (Recife), Volume Especial, p.100-111, 2010.

HIRATA, R. **Recursos hídricos.** In: Teixeira, W.; Toledo, M.C.M.; Fairchild, T.R.; Taioli, F. (Orgs.) Decifrando a Terra. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 568p.

HORTON, R. E. Erosional development of streams and their drainage basins; hydrophysical approach to quantitative morphology. **Geological Society of America Bulletin**, v.56, p. 275-370, 1945.

HUGGETT, R. **Fundamentals of Geomorphology.** Second Edition. London and New York: Routledge, 2007. 447p.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Bahia – São Desidério.** Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.phpcodmun=292890>>, 02 de Julho de 2015.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Bahia – São Desidério.** Disponível em: <file:///C:/Users/REINALDO/Desktop/saodesiderio.pdf>, 12 de agosto de 2015.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Manual Técnico de Geomorfologia. IBGE, Coordenação de Recursos naturais e Estudos Ambientais, 2. ed. Rio de Janeiro, 2009. 182 p.

IGLESIAS, M.; UHLEIN, A. Estratigrafia do Grupo Bambuí e coberturas fanerozóicas no vale do Rio São Francisco, norte de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 39, n.2, p. 256-266, 2009.

INMET. “**Normais Climatológicas (1961-1990)**”, Instituto Nacional de Meteorologia. Brasília, Brasil. 465p. 1992.



JENNINGS, J. N. **Karst: An Introduction to Systematic Geomorphology**. Cambridge and London: MIT Press, 1971. 252 p.

JENNINGS, J. N. **Karst Geomorphology**. Glasgow, Basil Blackwell (ed.): 1985.p 293.

JÚNIOR, E. C.; COUTINHO, B. H.; FREITAS L. E. Gestão de Biodiversidade e Áreas Protegidas. In: Guerra, A. J. T.; Coelho. M.C.N. **Unidades de Conservação: Abordagens e Características Geográficas**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009. p.25-65.

KARMANN, I. **Ciclo da Água, Água subterrânea e sua ação geológica**. In: Teixeira, W. Decifrando a Terra; Toledo, M. C. M.; Fairchild, T.; Taioli, F Cunha, S.B. São Paulo: Companhia Editora Nacional, pp.136-137, 2008.

KIANG, C. H; SILVA, F. P. Contribuição ao Arcabouço Geológico do Sistema Aquífero Urucuia. São Paulo, UNESP, **Geociências**, v. 34, n. 4, p.872-882, 2015.

KLIMCHOUK, B. A. et.al. (Ed.) **Speleogenesis: evolution of karst aquifers**. Huntsville, USA: National Speleological Society, 2000.

KLIMCHOUK, A.; FRUMKIN, A. Types of Hypogene Speleogenesis. In: CHAVEZ, Todd; REEHLING, P.(Eds.). **NCKRI Symposium 6, Carlsbad, Proceedings of DeepKarst 2016: Origins, Resources, and Management of Hypogene Karst**, New México, USA, 2016. p.58-60.

KOHLER, H.C. Geomorfologia cárstica. In: GUERRA, A.J.T.; CUNHA, S. B. da (Orgs.) **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009.p. 309-334.

KOHLER, H.C.; CASTRO, J.F.M. Geomorfologia cárstica. In: Guerra, A.J.T.; Cunha, S.B. da. **Geomorfologia: Exercícios, Técnicas e Aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009.p. 239-249.

KOHLER, Heinz Charles. **Geomorfologia cárstica na região de Lagoa Santa - MG**. 1989. 113 f. Tese (Doutorado) - Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo, São Paulo - SP.

LINO, C.F. **Cavernas: o fascinante Brasil subterrâneo**. 2.ed. São Paulo: Gaia, 2001.

LEONARDOS, O.H.; ULBRICH, M.N.C.; GASPAR, J.C. 1991. **The Mata da Corda volcanic rocks**. 5th International Kimberlite Conference. Field Guide Book. Araxá. CPRM. p. 65-73.

LOBO, H.A.S.; et al. **Carste da região de São Desidério (Bahia, Brasil): proteção ambiental e gestão territorial**. In: RASTEIRO, M.A.; MORATO, L. (orgs.) CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 32, 2013. Barreiras. Anais. Campinas: SBE, 2013. p.353-362. Disponível em: <[http://www.cavernas.org.br/anais32cbe/32cbe\\_353-362.pdf](http://www.cavernas.org.br/anais32cbe/32cbe_353-362.pdf)>. Acesso em: 01 fevereiro de 2015.

- LUNDBERG, J. KARREN. In: Culver, D.C.; White, W.B. (Editors). **Encyclopedia of caves**. Elsevier Academia Press: New Cork, 2005. p. 315-321.
- MARCONI, M. A.; LAKATOS, E.M. **Fundamentos de Metodologia Científica**. São Paulo: Ed. Atlas, 2003.
- MENDONÇA, F. **Geografia Física: Ciência Humana?** São Paulo: Gráfica Contexto, 1989.
- MORAIS, F. Panorama da Espeleologia no Estado do Tocantins. In: MORAIS, F. (Org.) **Contribuições à Geografia Física do Estado do Tocantins**. Goiânia: Kelps, 2011, p.88-111.
- MOURA, M. T. T. O Carste da Região de Prudente de Moraes – MG. **Boletim Paulista de Geografia**,n.73 p. 125-148, 1990.
- MOURA, J. R. S. Geomorfologia do Quaternário. In: GUERRA, A. T. & CUNHA, S. B. **Geomorfologia; uma atualização de bases e conceitos**.1.ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. p.335-364, 2009.
- MOURA, J. R S.; COSTA, V. C. Parque Estadual da Pedra Branca: O Desafio da Gestão de uma Unidade de Conservação em Área Urbana. In: GUERRA, A. J. T.; COELHO, M.C.N. **Unidades de Conservação: Abordagens e Características Geográficas**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA. **Sistema Nacional de Unidades de Conservação**. Disponível em:  
[http://www.mma.gov.br/estruturas/240/\\_arquivos/snuc\\_240.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/240/_arquivos/snuc_240.pdf) Acesso em: 21 de novembro de 2015.
- NUCCI, J.C. **Qualidade Ambiental e adensamento urbano: um estudo de ecologia e planejamento da paisagem aplicado ao distrito de Santa Cecília (MSP)**. São Paulo: Humanitas/FFLCH. USP, 2001.
- OECD - **BR-135 muda traçado por causa de cavernas**. Disponível em:  
<http://www.oeco.org.br/noticias/25177-br-135-muda-tracado-por-cao-de-cavernas/> Acesso em: 21 de novembro de 2015.
- OLIVEIRA, L. M. **A Gestão de Riscos Geológicos Urbanos em Áreas de Carste**. Curitiba: 1997. Monografia de Especialista em Gestão Técnica do Meio Urbano (PUC-PR).
- PALMER, A. N. Origin and Morphology of Limestone Caves. **Geological Society of America Bulletin**, v.103, p.1-25, 1991.
- PALMER, A.N.; AUDRA, P. **Patterns of caves**. In: Gunn, J. (Ed.), **Encyclopedia of Caves and Karst Science**. Fitzroy Dearborn, New York, p. 573-575. 2006.
- PALMER, A. N. The Mammoth Cave system, Kentucky, USA. **Boletín Geológico y Minero**, v.127, n.1,p.131-145, 2016.

PALMIERI, F. & LARACH, J. O. I. Pedologia e Geomorfologia. GUERRA, A. J. T. & CUNHA, S. B. (Orgs.). **Geomorfologia e Meio Ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand-Brasil, 2006, p. 59-122.

PASSOS, D.P. Caracterização Geomorfológica do Município de São Desidério-BA, escala 1:150.000. Planaltina-DF: **Boletim Embrapa Cerrado**, p.29: 2010.

PILÓ, L.B. Geomorfologia Cárstica. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.1, n.1, p. 88-102, 2000.

POPP, J. H. **Geologia Geral**. Rio de Janeiro. Abdr., 2009.

ROSS, J. L. S. **Ecogeografia do Brasil: subsídios para planejamento ambiental**. Oficina de Textos, 2009. 208 p.

ROSS, J. L. S. Registro cartográfico dos fatos geomorfológicos e a questão da taxonomia do relevo. **Revista do Departamento de Geografia**, v.6, p.17-29, 1992.

ROSS, J. L.S.; FIERTZ, M.S.M. Algumas Técnicas de Pesquisa em Geomorfologia. In: VENTURI, L. A. B. (Org) **Praticando geografia: Técnicas de campo e laboratório em geografia e análise ambiental**. São Paulo: Oficina de Textos, 2005. p. 69-84.

RUBBIOLI, E. L. A garganta do Bacupari e o Sistema do João Rodrigues; São Desidério – Bahia. **O Carste**. v.16, n.1, p.13-17, 2004.

RUBBIOLI, E. L. **São Desidério a fronteira final**. **O Carste**. v.9, n.3, p.46-56, 1997.

SANTOS, R. F. **Planejamento ambiental: teoria e prática**. São Paulo: Oficina dos Textos, 2004. 184 p

SGARBI, G.N.C. Arenitos Eólicos da Formação Areado (Bacia Cretácea do São Francisco): Caracterização, Diagênese e Aspectos Químicos. **Revista Brasileira de Geociências**, v.21, n.4, p.342-354, 1991.

SILVA, F. F. **Gestão de áreas cársticas em Aurora do Tocantins e Dianópolis: uma análise a partir de perturbações ambientais**. 2012.115f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Tocantins– UFT, 2012.

SILVA NETO, J. C. A. Avaliação da vulnerabilidade à perda de solos na bacia do rio Salobra, MS, com base nas formas do terreno. **Geografia**. v.22, p.5-25, 2013.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE ESPELOLOGIA – SBE. **LEI No 9.985, DE 18 DE JULHO DE 2000**. Disponível em, <http://www.cavernas.org.br/leis/lei998500.htm> Acessado em 20 de setembro de 2015.

SWEETING, M. M. **Karst Landforms**. New York, Columbia University Press: 1973.

SUGUIO, K. O relevo cárstico e a geoespeleologia. In: SUGUIO, Kenitiro. **Geologia do Quaternário e mudanças ambientais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2010. p. 277-292.

SUERTEGARAY, D. M. A. (Org.) Terra: feições ilustradas. Porto Alegre: Ed. UFRGS, 2008.

TRAVASSOS, L.E.P. (2010a) **Considerações sobre o carste da região de Cordisburgo, Minas Gerais, Brasil**. Belo Horizonte: Tradição Planalto, 102p.

TRAVASSOS, L.E.P; RODRIGUES, B.D; TIMO, M.B. **Glossário conciso e ilustrado de termos cársticos e espeleológicos**. Belo Horizonte:PUC Minas, 2015. 65 p.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE, 1977.

TRICART, J. O karst das vizinhanças setentrionais de Belo Horizonte (Minas Gerais). **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, n.4, p.451-470, 1956.

TRICART, J. **Principés et méthodes de la Géomorphologie**. Paris: Masson, 1965.

WICANDER, R; MOUROE, J. S. **Fundamentos de Geologia**. Rio de Janeiro: Cengage Learning, 2009.

WHITE, W. B. **Geomorphology and Hydrology of Karst Terrains**. New York, Oxford University Press: 1988.

VALERIANO, M. M. Dados topográficos. In: FLORENZANO, T. G. (Org.). **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008b. p. 74-103.

VALERIANO, M. M. **Topodata**: guia para utilização de dados geomorfológicos locais. São José dos Campos: INPE, 2008a.

VALERIANO, M. M.; ALBUQUERQUE, P. C. G. **Topodata**: processamento dos dados SRTM. São José dos Campos: INPE, 2010.

VESTENA, L. R; KOBİYAMA, M. S;LEONARDO, J. C. Considerações Sobre Gestão Ambiental em Áreas Carste. **RA' EGA (UFPR)**, v.4, n.6, p.81-94, 2002.

VIEIRA, A.; CUNHA, L. **A importância dos elementos geomorfológicos na valorização da paisagem: exemplos em morfologias cársica e granítica**. In: Actas do IV Colóquio Ibérico de Geografia, Huelva – Prelo, 2002. Disponível em: <<http://georeferencias.no.sapo.pt/VieiraCunha-2002.pdf>>. Acesso em: 22 jun. 2016.

VILES, H. **Biokarstic processes associated with karren development**. in Ginés, A., Knez, M., Slabe, T.; Dreybrodt, W. (eds), Karst Rock Features: Karren Sculpturing, Založba ZRC, Ljubljana. 37-45, 2009.

## **7- ANEXOS**

---

## Anexo 1



### DECRETO Nº 10.020 DE 05 DE JUNHO DE 2006

Cria a Área de Proteção Ambiental - APA de São Desidério, no Município de São Desidério, e dá outras providências.

**O GOVERNADOR DO ESTADO DA BAHIA**, no uso de suas atribuições, à vista do disposto na Lei Federal nº 9.985, de 18 de julho de 2000, que instituiu o Sistema Nacional de Unidade de Conservação, e na Lei nº 7.799, de 07 de fevereiro de 2001,

### DECRETA

**Art. 1º** - Fica criada a Área de Proteção Ambiental - APA de São Desidério, localizada no município de São Desidério, cuja extensão territorial é definida pelo memorial descritivo constante do Anexo Único deste Decreto.

**Art. 2º** - A criação da Área de Proteção Ambiental - APA de São Desidério tem como objetivos principais:

I - promover o ordenamento e controle do uso do solo, dos recursos hídricos e dos demais recursos ambientais de excepcional valor, como bens públicos, inclusive o patrimônio geológico, espeleológico, arqueológico, paleontológico e cultural da região;

II - fomentar e ordenar a crescente demanda por áreas com potencial para o esporte, o lazer e o turismo ecológico.

III - preservar as características naturais da área abrangida, a exemplo dos remanescentes do bioma cerrado, demais formações florestais, seu patrimônio ecológico e o seu apreciável valor cênico constituído pelo conjunto.

**Art. 3º** - A administração da Área de Proteção Ambiental de São Desidério será exercida pela Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos - SEMARH, por meio da Superintendência de Biodiversidade, Florestas e Unidades de Conservação - SFC, cabendo-lhe, dentre outras competências:

I - elaborar o Diagnóstico ambiental, o Plano de Manejo e o Zoneamento Ecológico Econômico - ZEE, a partir dos quais serão definidos as futuras zonas e usos restritivos no limite territorial da APA, observando a legislação pertinente e as disposições deste Decreto;

II - promover a formação de um Conselho Gestor para a Unidade;

III - fazer o acompanhamento e apoiar atividades de fiscalização da área, podendo celebrar convênios com entidades idôneas que tenham interesses relacionados aos objetivos da APA.

**Art. 4º** - Os proprietários rurais, cujos imóveis estejam situados na APA criada por este Decreto, contarão com a assistência técnica dos órgãos públicos estaduais, no sentido de registrar e desenvolver suas atividades atuais e futuras, em consonância com os objetivos da referida APA.

**Art. 5º** - Visando à conservação e preservação do meio ambiente e dos recursos ambientais envolvidos, a Área de Proteção Ambiental de que trata o presente Decreto estará permanentemente submetida a restrições quanto ao uso dos seus recursos naturais e ocupação do solo, de acordo com as condições locais bióticas, geológicas, urbanísticas, econômicas, culturais, dentre outras, em conformidade com o correspondente zoneamento ecológico-econômico, observadas as disposições constitucionais e legais concernentes ao exercício do direito de propriedade.

**Art. 6º** - Nenhuma atividade considerada efetiva ou potencialmente degradadora poderá ser implantada na Área de Proteção Ambiental - APA de São Desidério, sem a anuência prévia de sua entidade gestora.

**Art. 7º** - Este Decreto entrará em vigor na data de sua publicação.

**Art. 8º** - Revogam-se as disposições em contrário.

PALÁCIO DO GOVERNO DO ESTADO DA BAHIA, em 05 de junho de 2006.

**PAULO SOUTO**  
**Governador**

Ruy Tourinho  
Secretário de Governo

Vladimir Abdala Nunes  
Secretário de Meio Ambiente e Recursos Hídricos, em exercício



### 3 ANEXO ÚNICO

#### **MEMORIAL DESCRITIVO DA POLIGONAL DA APA DE SÃO DESIDÉRIO (Área de 10.961,14 ha)**

Utilizando o sistema UTM, Fuso 24, Datum de Referência Córrego Alegre, a partir das coordenadas métricas  $X = 505.234$  e  $Y = 8.628.184$ , localizadas no Poço Surubim, na confluência do Rio João Rodrigues com o Rio São Desidério, determina-se o ponto 1; daí, no sentido horário, seguindo em linha reta no sentido Nordeste, nas coordenadas  $X = 505.276$  e  $Y = 8.628.282$ , localizadas à margem direita da estrada vicinal, no sentido Poço Surubim/São Desidério, determina-se o ponto 2; daí, seguindo em linha reta pela margem direita da estrada vicinal que liga o Poço Surubim a São Desidério, até as coordenadas  $X = 505.182$  e  $Y = 8.628.418$ , localizadas na cerca que margeia a estrada vicinal, determina-se o ponto 3; daí, seguindo em linha reta pela margem direita da estrada vicinal que liga o Poço Surubim a São Desidério, nas coordenadas  $X = 505.134$  e  $Y = 8.628.540$ , localizadas no fundo do curral de propriedade de Ficiano, localizado à margem direita da estrada vicinal, determina-se o ponto 4; daí, seguindo na direção Nordeste, nas coordenadas  $X = 505.151$  e  $Y = 8.628.650$ , localizadas no lugar determinado como início da trilha do Bacupari, determina-se o ponto 5; daí, seguindo pela trilha do Bacupari, nas coordenadas  $X = 505.303$  e  $Y = 8.628.738$ , determina-se o ponto 6; daí, seguindo pela trilha do Bacupari, nas coordenadas  $X = 505.557$  e  $Y = 8.628.730$ , determina-se o ponto 7; daí, seguindo pela trilha do Bacupari, nas coordenadas  $X = 505.679$  e  $Y = 8.628.762$ , determina-se o ponto 8; daí, seguindo pela trilha do Bacupari, nas coordenadas  $X = 505.829$  e  $Y = 8.628.878$ , determina-se o ponto 9; daí, seguindo em linha reta na direção Nordeste, nas coordenadas  $X = 506.470$  e  $Y = 8.629.162$ , localizadas em morro de pedras próximo ao Bacupari, determina-se o ponto 10; daí, seguindo em linha reta na direção Nordeste, nas coordenadas  $X = 506.589$  e  $Y = 8.629.256$ , determina-se o ponto 11, localizadas em clareira no meio da mata; daí, seguindo em linha reta na direção Norte, até as coordenadas  $X = 506.592$  e  $Y = 8.629.360$ , localizadas a aproximadamente 120 m do ponto 11, num lajedado com algumas



barrigudas e umburanas, determina-se o ponto 12; daí, seguindo em linha reta na direção Nordeste, até as coordenadas  $X = 506.663$  e  $Y = 8.629.460$ , localizadas a aproximadamente 130 m do ponto 12, determina-se o ponto 13; daí, em direção Nordeste, seguindo em linha reta nas coordenadas  $X = 506.793$  e  $Y = 8.629.658$ , localizadas na trilha da Lagoa do Cemitério, determina-se o ponto 14; daí, seguindo em direção à Lagoa do Cemitério, nas coordenadas  $X = 506.964$  e  $Y = 8.629.692$ , localizadas na trilha da Lagoa do Cemitério, determina-se o ponto 15; daí, seguindo no sentido Nordeste, em direção à Lagoa do Cemitério, nas coordenadas  $X = 507.238$  e  $Y = 8.629.806$ , localizadas na trilha da Lagoa do Cemitério, determina-se o ponto 16; daí, seguindo no sentido Nordeste pela trilha da Lagoa do Cemitério, nas coordenadas  $X = 507.312$  e  $Y = 8.629.880$ , localizadas na entrada da mata, no início da trilha da Lagoa do Cemitério, determina-se o ponto 17; daí, seguindo na direção Norte, em linha reta margeando uma cerca nas coordenadas  $X = 507.260$  e  $Y = 8.630.120$ , localizadas no canto da cerca no curral da Fazenda Agropecuária e Turismo Lagoa do Cemitério, determina-se o ponto 18; daí, seguindo na direção Nordeste, em linha reta até a borda da mata, nas coordenadas  $X = 507.340$  e  $Y = 8.630.220$ , localizadas numa barriguda à beira da mata, determina-se o ponto 19; daí, seguindo na direção Noroeste, em linha reta até a margem direita da BR-135, sentido São Desidério/Correntina, nas coordenadas  $X = 507.099$  e  $Y = 8.630.694$ , localizadas num Jatobá às margens da BR-135, determina-se o ponto 20; daí, em direção Nordeste, seguindo pela margem direita da BR-135, sentido São Desidério/Correntina, nas coordenadas  $X = 507.423$  e  $Y = 8.630.818$ , determina-se o ponto 21; daí, seguindo em direção Nordeste, seguindo pela margem direita da BR-135, sentido São Desidério/Correntina, nas coordenadas  $X = 508.029$  e  $Y = 8.631.070$ , determina-se o ponto 22; daí, seguindo em linha reta na direção Nordeste, cruzando a BR-135 em direção a Pedra do Pescoço, nas coordenadas  $X = 508.237$  e  $Y = 8.631.110$ , localizadas em afloramento rochoso atrás da Pedra do Pescoço, determina-se o ponto 23; daí, seguindo para Leste em linha reta, atravessando a BR-135, até a sua margem direita, no sentido São Desidério/Correntina, nas coordenadas  $X = 508.558$  e  $Y = 8.631.110$ , com 4 localizadas na saída de uma picada, determina-se o ponto 24; daí, seguindo no sentido Leste, pela margem direita da BR-135 sentido São Desidério.



/Correntina, nas coordenadas  $X = 509.920$  e  $Y = 8.631.180$ , localizadas na bifurcação da BR-135 com a estrada do Curral Novo, determinase o ponto 25; daí, seguindo no sentido Leste, pela margem direita da BR-135, sentido São Desidério/Correntina, nas coordenadas  $X = 511.316$  e  $Y = 8.631.200$ , determina-se o ponto 26; daí, seguindo no sentido Norte-Nordeste, atravessando a BR-135, em linha reta na direção do Sumidouro do João Baio, até as coordenadas  $X = 511.552$  e  $Y = 8.632.146$ , localizadas no caminho da Trilha dos Macacos, determina-se o ponto 27; daí, seguindo em linha reta, na direção Este-Nordeste, até encontrar a margem direita da estrada da Tiririca, nas coordenadas  $X = 512.442$  e  $Y = 8.632.308$ , determina-se o ponto 28; daí, seguindo em linha reta na direção Nordeste, margeando a estrada da Tiririca, nas coordenadas  $X = 512.997$  e  $Y = 8.632.934$ , determina-se o ponto 29; daí, seguindo na direção Nordeste, margeando a estrada da Tiririca, nas coordenadas  $X = 513.863$  e  $Y = 8.633.640$ , determina-se o ponto 30; daí, seguindo na direção Nordeste, margeando a estrada da Tiririca, nas coordenadas  $X = 514.551$  e  $Y = 8.634.142$ , determina-se o ponto 31; daí, seguindo na direção Nordeste, em linha reta, até encontrar a margem direita da estrada para João Rodrigues, nas coordenadas  $X = 515.489$  e  $Y = 8.634.392$ , determina-se o ponto 32; daí, seguindo na direção Leste-Sudeste, margeando a estrada para João Rodrigues, nas coordenadas  $X = 516.028$  e  $Y = 8.634.176$ , determina-se o ponto 33; daí, seguindo na direção Sul, margeando a estrada para João Rodrigues, nas coordenadas  $X = 516.143$  e  $Y = 8.633.258$ , determina-se o ponto 34; daí, seguindo na direção Sul margeando a estrada para João Rodrigues, nas coordenadas  $X = 516.120$  e  $Y = 8.632.310$ , determina-se o ponto 35; daí, seguindo na direção Sudeste, margeando a estrada para João Rodrigues, nas coordenadas  $X = 517.259$  e  $Y = 8.631.014$ , determina-se o ponto 36; daí, seguindo na direção Sudeste, até encontrar a estrada de João Rodrigues para a Sucupira, nas coordenadas  $X = 517.707$  e  $Y = 8.630.402$ , determina-se o ponto 37; daí, seguindo na direção Sul, margeando a estrada de João Rodrigues para a Sucupira, nas coordenadas  $X = 517.647$  e  $Y = 8.630.082$ , determina-se o ponto 38; daí, seguindo na direção Noroeste, em linha reta até encontrar a estrada do Fervedouro da Sucupira, nas coordenadas  $X =$



516.496 e  $Y = 8.630.324$ , determina-se o ponto 39; daí, seguindo na direção Sudoeste, até encontrar a BR-135, nas proximidades do Povoado da Sucupira, nas coordenadas  $X = 516.226$  e  $Y = 8.630.222$ , determina-se o ponto 40; daí, seguindo em linha reta na direção Sudeste, até encontrar a estrada que liga Sucupira a Canabravão, nas coordenadas  $X = 517.020$  e  $Y = 8.629.220$ , determina-se o ponto 41; daí, seguindo na direção Sul-Sudoeste, margeando a estrada que liga Sucupira a Canabravão, nas coordenadas  $X = 516.590$  e  $Y = 8.628.428$ , determina-se o ponto 42; daí, seguindo na direção Sul-Sudoeste, margeando a estrada que liga Sucupira a Canabravão, nas coordenadas  $X = 516.201$  e  $Y = 8.627.738$ , determina-se o ponto 43; daí, seguindo na direção Sul-Sudoeste, margeando a estrada que liga Sucupira a Canabravão, nas coordenadas  $X = 515.812$  e  $Y = 8.627.222$ , localizadas na ponte sobre o Rio do Nado, próximo a Canabravão, determina-se o ponto 44; daí, seguindo pela margem esquerda do Rio do Nado, na direção Sudoeste, até encontrar a localidade de Gia, nas coordenadas  $X = 510.036$  e  $Y = 8.624.916$ , determina-se o ponto 45; daí, seguindo em linha reta na direção Sul, até encontrar a saída do Cânion da Beleza, na localidade de Gia, nas coordenadas  $X = 510.006$  e  $Y = 8.624.644$ , determina-se o ponto 46; daí, seguindo na direção Sudoeste, até encontrar a estrada que liga a Beleza à Baixa do Coqueiro, nas coordenadas  $X = 509.682$  e  $Y = 8.624.242$ , localizadas num mata-burro da estrada, determina-se o ponto 47; daí, seguindo na direção Sudoeste, margeando a estrada que liga a Beleza à Baixa do Coqueiro, até o encontro das estradas da Beleza/Ribeirão/Baixa do Coqueiro, nas coordenadas  $X = 508.802$  e  $Y = 8.623.428$ , determina-se o ponto 48; daí, seguindo em linha reta na direção Oeste Noroeste, até encontrar a entrada da Cachoeira do Rio da Barra, na margem do Rio São Desidério, nas coordenadas  $X = 507.584$  e  $Y = 8.623.694$ , determina-se o ponto 49; daí, seguindo pela margem direita do Rio São Desidério, na direção Sul, até encontrar a localidade de Lamirim, nas coordenadas  $X = 508.698$  e  $Y = 8.618.358$ , localizadas em ponte sobre o Rio São Desidério, determina-se o ponto 50; daí, seguindo em linha reta na direção Oeste, até encontrar o cruzamento da estrada do Lamirim com a Baixa do Coqueiro, nas coordenadas  $X = 507.484$  e  $Y = 8.618.286$ , determina-se o ponto 51; daí, seguindo em linha reta na direção Sudoeste, até a



com 5 propriedade de Porfírio, nas coordenadas  $X = 507.120$  e  $Y = 8.618.118$ , localizadas próximas ao curral da propriedade, determina-se o ponto 52; daí, seguindo em linha reta na direção Oeste Noroeste, até encontrar o corredor que dá acesso ao Sumidouro da Varginha, nas coordenadas  $X = 506.740$  e  $Y = 8.618.254$ , determina-se o ponto 53; daí, seguindo em linha reta na direção Sul-Sudoeste, até encontrar a descida do Bebedouro da Grota, nas coordenadas  $X = 506.659$  e  $Y = 8.618.152$ , determina-se o ponto 54; daí, seguindo em linha reta na direção Oeste-Noroeste, até encontrar o Cemitério da Varginha, na margem direita da estrada da Varginha, nas coordenadas  $X = 505.156$  e  $Y = 8.618.808$ , determina-se o ponto 55; daí, seguindo na direção Norte-Noroeste, margeando a estrada da Varginha, nas coordenadas  $X = 504.948$  e  $Y = 8.619.980$ , determina-se o ponto 56; daí, seguindo na direção Norte, margeando a estrada da Varginha, nas coordenadas  $X = 505.113$  e  $Y = 8.621.046$ , determina-se o ponto 57; daí, seguindo na direção Norte-Noroeste, margeando a estrada da Varginha, até encontrar a caixa d'água na bifurcação da estrada da Varginha com a estrada da Boa Vista, nas coordenadas  $X = 504.889$  e  $Y = 8.621.890$ , determina-se o ponto 58; daí, seguindo na direção Nordeste, margeando a estrada da Boa Vista no sentido da Fazenda Palmeira, nas coordenadas  $X = 505.148$  e  $Y = 8.622.216$ , determina-se o ponto 59; daí, seguindo em linha reta na direção Noroeste, até encontrar a entrada do Sumidouro Manoel Lopes, na localidade Manoel Lopes, nas coordenadas  $X = 503.595$  e  $Y = 8.622.918$ , determina-se o ponto 60; daí, seguindo em linha reta na direção Noroeste, até encontrar afloramento de rocha na margem da estrada Velha de São Desidério, na localidade Manoel Lopes, nas coordenadas  $X = 503.177$  e  $Y = 8.623.134$ , determina-se o ponto 61; daí, seguindo em linha reta na direção Oeste, até encontrar uma cerca no fundo da sede da Fazenda Cantu, na estrada para Manoel Lopes, nas coordenadas  $X = 502.354$  e  $Y = 8.623.026$ , determinase o ponto 62; daí, seguindo na direção Oeste, margeando a estrada para Manoel Lopes, no sentido Manoel Lopes/São Desidério, nas coordenadas  $X = 501.030$  e  $Y = 8.623.004$ , determinase o ponto 63; daí, seguindo na direção Sudoeste, margeando a estrada para Manoel Lopes, no sentido Manoel

Lopes/São Desidério, até encontrar a nascente do Rio do Capim Branco, nas coordenadas  $X = 500.080$  e  $Y = 8.622.326$ , determina-se o ponto 64; daí, seguindo em linha reta na direção Norte-Nordeste, até encontrar cerca de pedra na Gruta do Central, nas coordenadas  $X = 501.865$  e  $Y = 8.627.392$ , determina-se o ponto 65; daí, seguindo na direção Norte-Nordeste, pela trilha que liga a Gruta do Central à sede da Fazenda Central, nas coordenadas  $X = 501.919$  e  $Y = 8.627.480$ , determina-se o ponto 66; daí, seguindo na direção Leste, pela trilha que liga a Gruta do Central à sede da Fazenda Central, até encontrar a sede da Fazenda Central, nas coordenadas  $X = 502.488$  e  $Y = 8.627.434$ , localizadas na cerca no fundo do curral da Fazenda Central, determina-se o ponto 67; daí, seguindo na direção Nordeste, pela trilha que liga a Fazenda Central até o Poço Surubim, até encontrar dois Tamburis na margem da trilha, nas coordenadas  $X = 502.914$  e  $Y = 8.627.800$ , determina-se o ponto 68; daí, seguindo em linha reta na direção Norte-Nordeste, até encontrar corredor próximo à Igreja Senhor dos Passos, nas coordenadas  $X = 504.535$  e  $Y = 8.628.196$ , determina-se o ponto 69; daí, em linha reta na direção Leste, retorna-se ao ponto inicial.