

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS E CIÊNCIAS EXATAS

Campus de Rio Claro

**A GEOLOGIA E A GEOESPELEOLOGIA COMO INSTRUMENTOS
DE PLANEJAMENTO PARA O DESENVOLVIMENTO DO
TURISMO – O CASO DE SÃO JERÔNIMO DA SERRA / PR**

Angelo Spoladore

Orientador: Prof. Dr. Luiz Roberto Cottas

Tese de Doutorado elaborada junto ao Programa de Pós-Graduação em Geociências, Área de Concentração em Geociências e Meio Ambiente, para obtenção do Título de Doutor em Geociências e Meio Ambiente.

Rio Claro
2006



Para as minhas filhas, Mariana e Gabriela.

O homem curioso.

Pedro era um homem que tinha ido trabalhar. Ele trabalhou o dia inteiro, ele trabalhou na UEL, ele ficou o dia inteiro lá na UEL, ele almoçou lá e tem uma lanchonete muito boa. Tinha na lanchonete hambúrguer, tinha carne tinha batata frita e etc. Ai ele foi escrever o seu doutorado, ainda faltava muito para ele terminar o seu doutorado. Daí ele foi para casa, ele encontrou um baú, ele abriu o baú e encontrou ouro e saiu pulando de alegria.

Mariana Lautenschlager Spoladore
(minha filha)

Agradecimentos

Escrever o item Agradecimentos é sempre uma experiência um tanto que traumática. Por vezes, não citamos pessoas que de maneira alguma poderiam ser esquecidas. Ao mesmo tempo, ao lembrarmos de tudo o que se passou ao longo do transcorrer do trabalho, as emoções afloram e muitas vezes os sentimentos falam mais alto do que a razão. De qualquer forma, agradeço às seguintes pessoas:

- Inicialmente, agradeço a todos aqueles que, de alguma forma, me ajudaram quando necessário.
- Agradeço aos meus estagiários e amigos Leila, Sergio, Elsoni, Ferdinando, Alex, André, Vera, Márcia, Gesualdo, Júlio, Aline, Max, Layde, Gui, Marcilena, Leslie, Lika, Rosaly, Margarida, Adriana, Veridiana, Emerson, Guilherme, Fred, Alê e Jú que em muito auxiliaram no transcorrer dos trabalhos e com quem compartilhei bons momentos dos quais renderam histórias que irão ficar para sempre em nossas memórias. Todas essas pessoas foram realmente fundamentais em diferentes momentos durante o desenvolvimento do trabalho.
- Agradeço ao pessoal da Pró-Reitoria de Extensão da UEL (antiga CEC), o Gilberto, Cristiane, Alexsandra, Anderson, Diva, Marina, Gilmara, Mara, Deyse, Rosana, Ivanir, Wanderson, Cida, Marilena, Marlene, Everton, Rose, Tina, Carlinhos, Walaci e também ao Prof. Osvaldo Calzavara que foi fundamental para que o trabalho tivesse início. Amigos e companheiros de trabalho que muito me ensinaram nestes últimos três anos.
- Agradeço à Companhia Valor Florestal na pessoa de Sabine Lanzer, pelo apoio dado para o desenvolvimento dos trabalhos.

- Um agradecimento especial ao Fabiano Furlan pela elaboração dos mapas e a Queila, Cristiane, Veridiana e Márcia, pela correção do texto final.
- Gostaria de agradecer de maneira muito especial ao Gilberto, ao Prof. Jaime, à Professora Rosely Lima e aos amigos do Departamento de Geociências da Universidade Estadual de Londrina (UEL) pela compreensão e apoio fundamental quando da redação final do trabalho.
- Agradeço ao meu amigo e orientador, o Lua (Prof. Dr. Cottas), pela orientação, confiança e pelas horas de boa música.
- À minhas irmãs de quem a vida nos afastou ainda mais. Saibam que eu as guardo com carinho em meu coração.
- Agradeço de maneira muito especial ao meu pai (Dr. Hércule) e a minha mãe (Dona Zezé) pela força, incentivo e dedicação a mim devotada ao longo de toda a minha vida. Eles sempre estiveram comigo.
- Por fim, agradeço enormemente à minha esposa, Queila, e às minhas filhas, Mariana e Gabriela, sem as quais nada disso faria sentido. Peço desculpas a vocês três pelas horas sacrificadas, pelo mau-humor, pela irritação, pelo tempo perdido, pela falta de amizade e por tudo mais que esse trabalho tenha alterado nossas vidas. Prometo para vocês que doutorado não faço nunca mais.

A todas essas pessoas e a outras não citadas, mas que também contribuíram para a elaboração do trabalho, o meu sincero muito obrigado.

SUMÁRIO

ÍNDICE	i
ÍNDICE DE TABELAS	v
ÍNDICE DE FIGURAS	v
ÍNDICE DE FOTOGRAFIAS	vii
ÍNDICE DE PAINÉIS	xi
RESUMO	xii
ABSTRACT	xii
1. INTRODUÇÃO	01
2. OBJETIVOS	03
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA: A GEOESPELEOLOGIA, A GEOLOGIA E O TURISMO	04
4. PROPOSTA DE SEQÜÊNCIA METODOLÓGICA DE ESTUDOS GEOLÓGICOS E GEOESPELEOLÓGICOS APLICADOS AO DESENVOLVIMENTO DO TURISMO	74
5. A POTENCIALIDADE TURÍSTICA DE SÃO JERÔNIMO DA SERRA	104
6. AS CAVERNAS ARENÍTICAS DE SÃO JERÔNIMO DA SERRA	207
7. A METODOLOGIA PROPOSTA APLICADA A EM SÃO JERÔNIMO DA SERRA.	270
8. CONSIDERAÇÕES FINAS	284
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	287

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	01
2. OBJETIVOS	03
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA: A ESPELEOLOGIA O TURISMO	04
3.1. ESPELEOLOGIA	04
3.1.1 Conceituação	04
3.1.2. A Espeleogênese e os Diferentes Tipos de Cavernas	12
3.2. TURISMO	32
3.2.1. Uma Breve Discussão Sobre o Turismo	32
3.2.2. Ecoturismo	36
3.2.3. Espeleoturismo	37
3.2.3.1. <u>Capacidade de Suporte</u>	53
3.2.3.2. <u>Condições para a Implantação de Atividades Turísticas em Cavernas</u>	62
3.2.3.3. <u>Impactos Decorrentes do Não Planejamento do Espeleoturismo</u>	66
4. PROPOSTA DE SEQÜÊNCIA METODOLÓGICA DE ESTUDOS GEOLÓGICOS E GEOESPELEOLÓGICOS APLICADOS AO DESENVOLVIMENTO DO ESPELEOTURISMO	74
4.1. SEQÜÊNCIA METODOLÓGICA PARA A ELABORAÇÃO DE BANCO DE DADOS SOBRE A ÁREA DE ESTUDO	75
4.2. SEQÜÊNCIA METODOLÓGICA PARA O ESTUDO DE VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO DE ATIVIDADES TURÍSTICAS EM CAVERNAS	85
4.2.1. Localização da Entrada da Caverna	85
4.2.2. Demarcação da Trilha de Acesso à Caverna	85

4.2.3. Mapeamento da Cavidade Natural	86
4.3. CRITÉRIOS PARA A UTILIZAÇÃO DE CAVERNAS PARA A IMPLANTAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DE ATIVIDADES TURÍSTICAS	89
4.3.1. Caverna Objeto de Pesquisas Científicas Especiais	91
4.3.2. A Caverna Localizada em Área de Preservação	91
4.3.3. Riscos à Saúde e a Vida Humana	91
4.3.4. Facilidade de Acessos Externos	92
4.3.5. Facilidade de Acessos Internos	92
4.3.6. Fatores Estéticos do Interior e Exterior da Caverna	92
4.3.7. Riqueza, Diversidade e Fragilidade da Ornamentação da Caverna	93
4.3.8. Riqueza, Diversidade e Fragilidade da Fauna da Caverna.	93
4.3.9. Estado de Impacto Ambiental no Interior da Caverna e em seu Entorno	93
4.3.10. Capacidade Interna	94
4.3.11. Fatores Históricos-Culturais e Arqueológicos	94
4.3.12. Ordenação dos Critérios	95
4.4. IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS DE RISCO NO INTERIOR DE CAVERNAS	96
4.4.1. Determinação de Áreas Sujeitas a Enchentes e Inundações	97
4.4.2. Áreas Sujeitas à Queda de Blocos	98
4.4.3. Determinação das Áreas de Risco no Entorno da a Caverna	100
4.4.3.1. Caracterização Geomorfológica e das Declividades nos Locais	101
4.4.3.2. Caracterização Pedológica	102
4.4.3.3. Uso e Ocupação do Solo	102
4.4.3.4. Caracterização Geológica Estrutural	102
5. A POTENCIALIDADE TURÍSTICA DE SÃO JERÔNIMO DA SERRA	104
5.1. LOCALIZAÇÃO E ACESSOS	104
5.2. ASPECTOS HISTÓRICOS DO MUNICÍPIO	105
5.3. ASPECTOS SÓCIO-ECONÔMICO	108

5.3.1. Generalidades	108
5.3.2. A Área Urbana	110
5.3.3. Os Distritos	118
5.3.4. Uso e Ocupação do Solo	120
5.4. MEIO BIÓTICO	123
5.4.1. Flora	123
5.4.2. Fauna	123
5.5. O MEIO FÍSICO	124
5.5.1. Clima	124
5.5.2. Geomorfologia	129
5.5.3. Solos	139
5.5.4. Aspectos Geológicos	142
5.5.4.1. <u>Geologia Regional</u>	142
5.5.4.2. <u>Geologia da Área de Estudo</u>	150
5.5.5. Hidrografia	176
5.6. OS ATRATIVOS NATURAIS	180
5.6.1. O Vale do Tigre	180
5.6.2. Cavidades Naturais	185
5.6.3. Quedas D'Água, Saltos e Cachoeiras	189
5.6.4. Mirantes Naturais	195
5.6.5. O Vale do Rio Tibagi	198
5.7. ÁREAS DE RISCO GEOLÓGICO E AMBIENTAL EM SÃO JERÔNIMO DA SERRA	199
6.CAVERNAS ARENÍTICAS DE SÃO JERÔNIMO DA SERRA..	207
6.1. DESCRIÇÃO DAS CAVERNAS	207
6.2. OS ORNAMENTOS	230
6.2.1. Considerações Gerais	230
6.2.2. Gênese dos Ornamentos	231
6.2.3. Ornamentos Identificados nas Cavernas Visitadas	234
6.3. FAUNA	243
6.4. REGISTROS ARQUEOLÓGICOS	247
6.5.CONDIÇÕES AMBIENTAIS DAS CAVERNAS ESTUDADAS	251
6.6. GÊNESE E EVOLUÇÃO	256

7. A METODOLOGIA PROPOSTA APLICADA EM SÃO JERÔNIMO DA SERRA	270
7.1. CARACTERIZAÇÃO GEOMORFOLÓGICA E DA DECLIVIDADE NO ENTORNO DA GRUTA ARCO VERDE	272
7.2. CARACTERIZAÇÃO PEDOLÓGICA	274
7.3. USO E OCUPAÇÃO DO SOLO	276
7.4. CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA ESTRUTURAL	277
7.5. DETERMINAÇÃO DA PROBABILIDADE DE ABATIMENTO DE BLOCOS NO INTERIOR DE UMA CAVERNA – O CASO DA GRUTA ARCO VERDE	281
8. CONSIDERAÇÕES FINAS	284
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	287

ÍNDICE DAS TABELAS

Tabela 01 – Solubilidade da Sílica em Função da Temperatura	19
Tabela 02 - As Dez Maiores Cavernas de Arenito	21
Tabela 03 – Cavernas Brasileiras Usadas para o Turismo	48
Tabela 04 – Cavernas Brasileiras Adaptadas para o Turismo	49
Tabela 05 – Critérios para a Implantação de Turismo em Cavernas	65
Tabela 06 – Impactos Negativos Decorrentes do Turismo em Cavernas	73
Tabela 07 – Litoestratigrafia da Bacia Sedimentar do Paraná	144
Tabela 08 – Direções Principais de Desenvolvimento das Cavidades Existentes na Área de Estudo	175
Tabela 09 – Sítios Arqueológicos Encontrados	247
Tabela 10 – Tradições de Arte Rupestre no Brasil	249
Tabela 11 – Valores de Potássio e Sódio na Área de Estudo	260
Tabela 12 – Seleção de Cavernas para o Desenvolvimento de Atividades Turísticas	282

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 01 – Solubilidade da sílica e temperatura	17
Figura 02 – Solubilidade de sílica em função do pH	18
Figura 03 – Solubilidade do quartzo em função da temperatura	18
Figura 04 – Localização da área de estudo	106
Figura 05 – Representação do aldeamento em 1863	106
Figura 06 – São Jerônimo	108
Figura 07 – Arruamento da área urbana de São Jerônimo da Serra	110
Figura 08 – Uso e ocupação do solo na área de estudo	122
Figura 09 – Classificação climática no Estado do Paraná	124
Figura 10 – Regiões naturais do Paraná	129
Figura 11 – Mapa de declividades da área de estudo	134
Figura 12 – Mapa hipsométrico da área de estudo	135
Figura 13 – Modelo de sobrelevação digital da área de estudo	136
Figura 14 – Modelo de sobre-elevação digital da área de estudo	136
Figura 15 – Mapa dos solos da região estudada	141
Figura 16 – Mapa Geológico do Estado do Paraná	143
Figura 17 – Mapa Geológico simplificado da área de estudo	153
Figura 18 – Mapa Geológico da área de estudo	154
Figura 19 – Diagrama de orientação de elementos de relevo	165
Figura 20 – Mapa Geológico Estrutural da área de estudo	168
Figura 21 – Rede hidrográfica do Paraná e Bacia do Rio Tibagi	177
Figura 22 – Rede de drenagem da área de estudo	179
Figura 23 – Atrativos naturais de São Jerônimo da Serra	183
Figura 24 – Áreas de riscos geológicos e ambientais	203
Figura 25 – Representação cartográfica da Gruta Arco Vede	207

Figura 26 – Representação cartográfica do Toca do Porto de Areia	211
Figura 27 – Representação cartográfica da Gruta do Tigre	214
Figura 28 – Representação cartográfica do Abrigo Água da Pedra	216
Figura 29 – Representação cartográfica da Gruta do Cedro I	219
Figura 30 – Representação cartográfica da Gruta do Cedro II	221
Figura 31 – Representação cartográfica da Gruta do Cedro III	224
Figura 32 – Representação cartográfica da Gruta do Capim	225
Figura 33 – Representação cartográfica da Gruta do Bira	229
Figura 34 – Pontos de coleta de amostras no Vale do Tigre	259
Figura 35 – Distribuição das concentrações de potássio no Vale Tigre	259
Figura 36 – Distribuição das concentrações de sódio no Vale do Tigre	261
Figura 37 – Distribuição das concentrações de potássio no Paraná	262
Figura 38 – Distribuição das concentrações de sódio no Paraná	263
Figura 39 – Mapa hipsométrico do entorno da Gruta Arco Verde	273
Figura 40 – Mapa da inclinação do terreno no entorno da Gruta Arco Verde	274
Figura 40 - Mapa de formas do relevo no entorno da Gruta Arco Verde	276
Figura 41 – Mapa dos solos nos arredores da Gruta Arco Verde	275
Figura 42 – Uso e ocupação nos arredores da Gruta Arco Verde	277
Figura 43 – Mapa geológico do entorno da Gruta Arco Verde	279
Figura 44 – Diagramas estruturais de atitudes de fraturas na Gruta Arco Verde	280
Figura 45 – Principais fraturas existentes no interior da Caverna Arco Verde	280
Figura 46 – Subdivisão da Caverna Arco Verde	282

ÍNDICE DE FOTOGRAFIAS

Fotografia 01 – Visão geral de São Jerônimo da Serra	112
Fotografia 02 Indústria de madeira em São Jerônimo da Serra	112
Fotografia 03 – Cerâmica localizada em São Jerônimo da Serra	112
Fotografia 04 – Visão parcial da parte alta da cidade	112
Fotografia 05 – Vista da porção central da cidade	113
Fotografia 06 – Porção oeste da área urbana	113
Fotografia 07 – Vista da porção oeste de São Jerônimo da Serra	115
Fotografia 08 – Afloramento rochoso na área urbana	115
Fotografia 09 – Mineração de areia de barranco	116
Fotografia 10 – Antigo depósito de resíduos sólidos	117
Fotografia 11 – Atual depósito de resíduos urbanos	117
Fotografia 12 – Prensa usada para elaboração de fardos de papel	118
Fotografia 13 – Material proveniente da coleta seletiva	118
Fotografia 14 – Distrito de Terra Nova	120
Fotografia 15 – Distrito de Terra Nova	120
Fotografia 16 – Distrito de Pinhal	120
Fotografia 17 – Distrito de Pinhal	120
Fotografia 18 – O Vale do Rio Tigre	181
Fotografia 19 – O Salto do Tigre	190
Fotografia 20 – O Salto do Bira	190
Fotografia 21 – Cachoeira de Caratuva	191
Fotografia 22 – O Salto do Padre	191
Fotografia 23 – Salto da Lagoinha	192
Fotografia 24 – Salto do Assentamento	192
Fotografia 25 – Salto Água do Capim	193

Fotografia 26 – Cachoeira do Tamanduá	194
Fotografia 27 – Queda do Tamanduá	194
Fotografia 28 – Mirante do Vale do Tamanduá	195
Fotografia 29 – Mirante do Vale do Rio Tibagi	195
Fotografia 30 – Mirante do Vale do Rio Tigre	196
Fotografia 31 – Mirante da entrada da cidade	196
Fotografia 32 – Mirante do Tigre	196
Fotografia 33 – Outra vista do Mirante do Tigre	197
Fotografia 34 – Mirante do Salto do Tigre	197
Fotografia 35 – Mirante do Assentamento	197
Fotografia 36 – Mirante Água da Pedra	198
Fotografia 37 – O Rio Tibagi	198
Fotografia 38 – O Vale do Tibagi	198
Fotografia 39 – Gruta Arco Verde – entrada principal	209
Fotografia 40 – Gruta Arco Verde – interior	209
Fotografia 41 – Gruta Arco Verde – entrada secundária	209
Fotografia 42 – Gruta Arco Verde – interior	209
Fotografia 43 – Abrigo do Porto de Areia – visão parcial	212
Fotografia 44 – Abrigo do Porto de Areia – visão parcial	212
Fotografia 45 – Gruta do Tigre	214
Fotografia 46 – Toca Água da Pedra	217
Fotografia 47 – Visão geral da Toca Água da Pedra	217
Fotografia 48 – Gruta do Cedro I – entrada do segundo salão	219
Fotografia 49 – Gruta do Cedro I – visão geral	220
Fotografia 50 – Gruta do Cedro I – vista do salão principal	220
Fotografia 51 – Gruta do Cedro II – visão parcial	222
Fotografia 52 – Gruta do Cedro II – interior	222

Fotografia 53 – Interior da Gruta do Cedro III	223
Fotografia 54 – Entrada da Gruta do Cedro III	223
Fotografia 55 – Gruta do Capim – visão geral	227
Fotografia 56 – Entrada principal da Gruta do Bira	228
Fotografia 57 – Entrada secundária da Gruta do Bira	228
Fotografia 58 – Fraturamento controlando a entrada da Gruta do Bira	229
Fotografia 59 – Visão da cachoeira existente ao lado da Gruta do Bira	229
Fotografia 60 – Cavidade de dissolução em caverna de arenito	265
Fotografia 61 – Cavidade de dissolução ativa em caverna de arenito	265
Fotografia 62 – Cavidade de dissolução controlada por fraturamento	266
Fotografia 63 – Cúpula de dissolução	266
Fotografia 64 – Segundo estágio de desenvolvimento de caverna arenítica	267
Fotografia 65 – Segundo estágio de desenvolvimento de caverna de arenítica	267
Fotografia 66 – Blocos abatidos no interior de caverna	269
Fotografia 67 – Depósitos de material proveniente do meio externo	269

ÍNDICE DOS PAINÉIS

Painel 01 – Fatores climáticos de São Jerônimo da Serra	128
Painel 02 – Rochas aflorantes na área de estudo	162
Painel 03 – Minerais identificados na área de estudo	163
Painel 04 – Elementos estruturais impressos em rochas da área de estudo	173
Painel 05 – Diagramas de contorno de pólos e direções de planos de fraturas impressas nas rochas existentes no interior das cavernas	175
Painel 06 – Espeleotemas identificados nas cavernas estudadas	240
Painel 07 – Espeleotemas identificados nas cavernas estudadas	241
Painel 08 – Espeleotemas identificados nas cavernas estudadas	242
Painel 09 – Fauna cavernícola	246
Painel 10 – Registros arqueológicos	250
Painel 11 – Impactos ambientais observados nas cavernas estudadas	255

RESUMO

A Geologia e a Geo-Espeleologia, através de suas técnicas consagradas, podem ser importantes aliados para o planejamento de atividades turísticas em ambientes naturais. Com tal visão, foi desenvolvido este trabalho tendo como proposta principal a apresentação de uma metodologia para se estudar áreas com potencial para a implantação de atividades referentes ao turismo em áreas naturais e em especial, para o espeleoturismo. Como local para o desenvolvimento desta pesquisa elegeu-se o município de São Jerônimo da Serra, Paraná. Tal localidade foi selecionada devido ao seu bom potencial para o turismo natural, uma vez que em São Jerônimo da Serra aparecem diversas quedas d'água, cavernas, mirantes naturais e outros locais considerados como atrativos naturais.

ABSTRACT

The Geology and the Geo-Speleology, through their consecrated techniques, can be important allies for the planning of tourist activities in natural places. With such vision, this work was developed tends as main proposal the development of a methodology to study areas with potential for the implantation of activities regarding the natural tourism and, especially, for the speleotourism. As place for the development of this research it was chosen the municipal district of São Jerônimo da Serra, Paraná State. Such place was selected due for the good potential for the natural tourism, once in São Jerônimo da Serra are located several waterfalls, caves, natural observatories and other places that considered as natural attractions.

Palavras chave: Geo-Espeleologia, Carste em Arenito, Espeleoturismo, Geologia de Engenharia.

KEY WORDS: Geo-Speleology, Sandstone kasrt, Speleotourism, Engineering Geology.

1. INTRODUÇÃO

O “turismo na paisagem natural” ou “turismo natural” é uma modalidade de turismo ainda nascente no Brasil. A busca de uma melhor integração com a natureza, o abandono dos divertimentos dos grandes centros urbanos e o desejo de liberdade e aventura incentiva às pessoas a procurarem algo diferente, que satisfaça seus desejos, e as ajude a se livrar do *stress* do meio urbano.

O Brasil ainda não difundiu o suficiente esta atividade, pois diante do rico potencial que possui, esta modalidade turística não é suficientemente incentivada, ao contrário do que acontece em alguns outros países. Mesmo assim, tem sido grande a procura das pessoas por esta atividade, e o turismo na paisagem natural cresce como uma das faixas de mercado que mais se desenvolveram nos últimos anos.

Com a preocupação de gerar uma contribuição em prol do turismo natural foi idealizado este trabalho. Procurou-se aqui, com estudos espeleológicos bem como dos aspectos geológicos do planejamento, apresentar uma sistemática de investigações prévias em áreas de atrativos naturais tendo em vista o melhor aproveitamento destas para o turismo.

Foi escolhida uma região no Município de São Jerônimo da Serra – PR para a aplicação dos estudos aqui propostos tendo em vista que a área possui grande potencial a ser aproveitado para a prática do turismo natural.

Há na região diversas cavidades naturais desenvolvidas em paredões de rocha arenítica, uma das rochas predominantes nesta área. Em alguns casos apresentam ornamentos diversos. Essas cavernas são caracterizadas não somente pela sua beleza singular, mas também pelo ambiente que as circundam. Geralmente estão localizadas próximas a rios, córregos e quedas d’água e escondidas em meio à vegetação nativa.

Os rios formam diversas cachoeiras, corredeiras e saltos, que em conjunto com a vegetação e o relevo da área, resultam sempre em belas paisagens. Este potencial pode ser aproveitado para simples lazer, para a contemplação, como também para a prática de esportes diversos.

Tal situação também se repete em outros municípios paranaenses tais como Ventania, Sapopema, Sengés, dentre outros, evidenciando assim o bom potencial de toda uma região para o desenvolvimento das atividades aqui discutidas

Os resultados levam a conclusão de que nem todos os locais identificados são propícios para a implantação e desenvolvimento de atividades turísticas.

Nem sempre o turismo na paisagem natural se integra à natureza, pois ecossistemas são invariavelmente afetados podem ser afetados, gerando danos ao meio ambiente.

Se o objetivo é ter a natureza para a contemplação e o lazer, é obvio que a paisagem deva ser preservada. Aqui, todo o cuidado com o meio ambiente é pouco.

Embora São Jerônimo da Serra possua uma área bastante privilegiada em atrativos naturais, e a exploração do turismo na paisagem natural possa vir a ser uma importante atividade como fonte de renda para o desenvolvimento econômico do município, é importante levar em consideração todos estes aspectos, para que essa atividade seja desenvolvida de maneira correta e consciente.

2. OBJETIVOS

Os principais objetivos deste trabalho são:

- Definição de uma metodologia, utilizando técnicas e conceitos da Geologia e da Espeleologia, visando o planejamento e a implantação de atividades turísticas;
- Realizar o inventário das cavernas e outros atrativos naturais localizados em São Jerônimo da Serra, PR;
- Avaliar a potencialidade de região de São Jerônimo da Serra, PR, para a implantação de atividades turísticas, segundo a metodologia proposta.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA: A ESPELEOLOGIA E O TURISMO

3.1. ESPELEOLOGIA

3.1.1. Conceituação

A Espeleologia, do grego *spelaión* significando caverna e *logos* que significa conhecimento, é definida como sendo a ciência que estuda as cavidades naturais desenvolvidas nas rochas, bem como sua gênese e evolução. A Espeleologia também se preocupa com o meio no qual a cavidade se desenvolveu, suas comunidades biológicas atuais e passadas, bem como as técnicas adequadas às investigações no meio subterrâneo.

Para Marra (2001), a Espeleologia é a ciência cuja finalidade é “explorar, observar e interpretar as cavernas, tendo como critério de análise o conhecimento de seu processo de formação, o meio que se insere e o ambiente propriamente dito”.

A Espeleologia objetiva ainda o uso sustentável do ambiente subterrâneo mediante a utilização de mecanismos que efetivamente contribuam para a conservação das cavidades naturais.

Lino (1989) cita outras definições de Espeleologia. Assim, segundo o referido autor, a Espeleologia pode ser definida como sendo a “disciplina consagrada ao estudo das cavernas, sua gênese e evolução, do meio físico que elas representam, de seu povoamento biológico atual ou passado, bem como dos meios ou técnicas que são próprias de seu estudo”. O mesmo autor ressalta que esta definição tem encontrado grande aceitação pela comunidade científica internacional, posto que é uma definição abrangente e sintética.

Field (2002) cita que a definição mais básica e abrangente de caverna é “uma cavidade natural desenvolvida na rocha, grande o suficiente para que um homem entre”. Esta definição elimina as cavidades artificiais (cavidades feitas pelo homem),

tais como túneis e minas. Cita ainda a existência de muitos relatos de explorações de antigas minas onde diversos espeleotemas se desenvolvem e é formado um sistema similar ao de uma caverna natural. O referido autor considera completamente arbitrária a questão do tamanho, sendo que essa definição pode excluir uma série de condutos aparentemente irrelevantes, mas de extrema importância para o sistema hidrológico.

Ainda segundo Field (2002), a maioria das cavernas é formada pela dissolução de rochas ricas em carbonatos; mas também são comuns as cavernas desenvolvidas em arenitos, e existem ainda as cavernas glaciais (desenvolvidas em geleiras), as cavernas de lava e as cavernas de origem tectônica.

As pessoas que estudam as cavernas em quaisquer de seus aspectos científicos são denominadas de espeleólogos. Não existe um curso de terceiro grau que forme o profissional espeleólogo, mesmo porque, a Espeleologia não é considerada uma profissão regulamentada.

As definições básicas da Espeleologia, bem como as principais normas e convenções utilizadas no Brasil foram definidas por SBE (1975) e são utilizadas até os dias de hoje.

Segundo SBE (1975), caverna é um termo genérico que define qualquer cavidade natural desenvolvida na rocha, independentemente de seu tamanho, da existência ou não de curso d'água em seu interior, desnível, ornamentação ou da incidência ou não de luz solar.

Todavia, conforme ressaltam Lino & Allievi (1981), não podemos pensar nas cavernas como

“Simples túneis vazios e escuros escavados entre as rochas; fala-se simultaneamente do espaço interior, de seu ambiente peculiar, sua flora e fauna tão particular, das gigantescas e/ou delicadas ornamentações da rocha que a envolve e de todo o ambiente que, não apenas a circunda, mas com ela permanentemente interage”.

Por gruta entende-se toda cavidade natural desenvolvida na rocha, com desenvolvimento mínimo de cinquenta metros, predominantemente na horizontal,

seca ou não e que possua uma região permanentemente sem a incidência da luz solar.

Se a cavidade possuir um desenvolvimento menor do que cinqüenta metros, a mesma será denominada de toca.

O termo abismo se refere a uma caverna com desenvolvimento predominantemente vertical com desníveis superiores a quinze metros. Caso o desnível seja inferior, a cavidade é denominada de poço.

Furna é uma cavidade cujo desenvolvimento deu-se preferencialmente na vertical.

Por desenvolvimento de uma caverna entende-se à soma de todos os comprimentos de todos os seus condutos, medidos em planta topográfica.

Todavia, conforme ressaltam muito bem Martins (1984) e Martins (1985), estas normas são voltadas para as cavidades desenvolvidas em rochas carbonáticas. Quando a caverna se desenvolveu em rochas areníticas, estas convenções podem resultar em uma dissipação dos dados, sendo este fato decorrente de fatores tais como o pouco desenvolvimento das cavidades areníticas quando comparadas com aquelas desenvolvidas em meio carbonático.

Assim, Martins (1984) considerando as cavernas não carbonáticas, propõe uma redução para dez metros de desenvolvimento, para que a mesma seja cadastrada.

SBE (1975) também definiu que cada cavidade receberá uma sigla pela qual será conhecida. A primeira parte dessa sigla é referente à unidade da federação onde a caverna está localizada. A segunda é composta parte por um número que se refere à cronologia de seu cadastro.

Teixeira *et al.* (2000) citam que os sistemas cársticos originam algumas das paisagens mais espetaculares da Terra, gerando cavernas, *cânions*, relevos ruiformes e paredões rochosos. Os mesmos autores enfatizam que as paisagens geradas pelos sistemas cársticos normalmente constituem atrações turísticas além de

um cenário sem igual para aventureiros, fotógrafos e cientistas das mais diferentes áreas.

Uma das razões apontadas pelos autores citados acima é que as cavernas, juntamente com os topos das grandes montanhas e o fundo dos oceanos, reservam áreas nunca antes percorridas pelo homem.

O interesse e a atração do homem pelas cavernas remonta aos tempos pré-históricos quando as cavidades naturais nos serviram como abrigo conforme diversos registros arqueológicos ao redor de todo o mundo.

De acordo com Teixeira *et al.* (2000), a palavra carste origina-se do termo alemão *karst* que, por sua vez, é derivado da palavra *krasz*, que é denominação da paisagem existente na região da antiga Iugoslávia (atualmente Croácia e Eslovênia) onde são comuns as cavernas, os rios subterrâneos, sumidouros, paredões rochosos dentre outros.

Todavia, Field (2002) afirma que *karst* é um termo alemão internacionalmente utilizado, proveniente da palavra eslava *kras* ou *křs* lugar desértico sem água ou simplesmente lugar sem água – em alusão à existência de rios subterrâneos e sumidouros, existindo pouca água na superfície.

Segundo o mesmo autor, *karst* também é a denominação alemã para uma área ao leste de Trieste, na Itália, onde o terreno é rico em rios subterrâneos e sumidouros. Este tipo de relevo normalmente se desenvolve sobre rochas ricas em carbonatos, cuja dissolução origina formas características como as cavernas, sumidouros, dolinas, drenagens subterrâneas, dentre outros.

Fiedl (2002) ressalta que o termo *karst* deve ser utilizado especificamente para relevos e feições hidrológicas desenvolvidas por dissolução de rochas geralmente com composição carbonática (mármore e calcários), podendo ainda ocorrer em outras variedades líticas.

Em textos escritos na língua portuguesa, é possível encontrar autores que utilizam tanto o termo "carste", quanto "karste". Normalmente, os autores

consideram que o relevo cárstico está relacionado com a dissolução de rochas ricas em carbonatos, admitindo como carste verdadeiro apenas aqueles desenvolvidos em mármore diversos e calcários. Para uma grande parte dos pesquisadores da área, especialmente aqueles provenientes da geografia e geomorfologia, o termo carste não é aceito para outras rochas como, por exemplo, as rochas psamíticas. Nestes casos, é comum a expressão "pseudo-carste".

Tal discussão tem origem nas décadas de 70 e 80 quando foram grandes os debates sobre a terminologia desses tipos de terreno.

Field (2002) cita que, para terrenos com feições morfológicas similares ao carste, mas desenvolvidas em rochas não solúveis, deve-se utilizar o termo *pseudokarst* ou *karst-like* (em uma tradução livre, "parecidas com karste"). Segundo o referido autor, os processos de formação destas feições podem ser vários, tais como: colapso de minas, fluxo de lavas, processos erosivos, dentre outros. As cavernas desenvolvidas pelo fluxo de lava, bem como as cavernas desenvolvidas em arenitos devem ser tratadas como feições de pseudo-carste.

Urbani (1986) propõem ainda o termo paracarste, todavia, não obteve aceitação na comunidade científica.

Por outro lado, autores como Schulz & White (1999), Teixeira *et al.* (2000) Wray (1997) e Wray (1996) demonstram que o quartzo existente em rochas, tais como arenitos, quartzito e em conglomerados podem sofrer a ação intempérica sofrendo dissolução. Dessa forma, seria correto utilizar o termo carste para tais rochas, posto que existe de fato a dissolução, embora que parcial, do quartzo existente em tais rochas. Este assunto será abordado mais detalhadamente adiante.

Younger & Stunnele (1995), tomando por base a magnitude dos processos, a dimensão do sistema e a forma predominante de erosão, propõem uma escala para a classificar se o sistema é carste ou pseudocarste.

Segundo Teixeira *et al.* (2000), os sistemas cársticos são constituídos de três componentes:

- Sistemas de cavernas – formas subterrâneas acessíveis à exploração. Também chamado de endocarste.
- Relevo cárstico – formas morfológicas superficiais. Também chamado de exocarste.
- Aquíferos de condutos – formas condutoras de águas subterrâneas.

Independente da rocha, para podermos afirmar que estamos em um sistema cárstico, faz-se necessário à caracterização da existência de dissolução da rocha.

Assim, considerando que a dissolução é o fator principal para a caracterização de relevos cársticos, o termo carste passou a ser o mais utilizado, independente da rocha em questão (JENNINGS, 1983; URBANI, 1986; WRAY, 1997; DOERR, 1999; dentre outros).

Uma rocha solúvel é aquela que, mediante a ação do processo intempérico de origem química, produz pouco ou nenhum produto insolúvel (TEIXEIRA *et al.*, 2000). Os mesmos autores citam que este processo é mais comum nas rochas ricas em carbonatos, tais como: calcários, mármore e dolomitos. Tais cavernas são as mais comuns, originando também amplos sistemas cársticos.

Por outro lado, as chamadas rochas evaporíticas, especialmente aquelas constituídas por halita, também podem originar importantes cavidades devido à dissolução. Todavia, apesar de tal mineral ser altamente susceptível à dissolução, a condição para que sistemas cársticos se desenvolvam são mais restritas.

O clima e a disponibilidade de água são essenciais, posto que o carste envolve dissolução e a água é o agente principal neste processo. Dessa forma, o carste é mais desenvolvido em locais com clima úmido. Além da umidade, temperaturas mais elevadas e a existência de densa vegetação também favorecem a dissolução da rocha.

O relevo acidentado e os médios e elevados gradientes hidráulicos também favorecem o desenvolvimento de sistemas cársticos. Assim, o fluxo da água de percolação possui uma maior velocidade tanto em superfície quanto em sub-

superfície, possibilitando rápida remoção dos resíduos insolúveis e também a dissolução da rocha (TEIXEIRA *et al.*, 2000).

Outros fatores podem facilitar ainda mais a dissolução. Planos de descontinuidades, tais como: as fraturas, juntas, zonas de cisalhamento rúpteis e dúcteis foliações e estratificações, podem favorecer a percolação da água, aumentando assim a velocidade de dissolução e de remoção dos resíduos insolúveis. O controle tectônico de cavernas pode ser facilmente observado quando é comparado às direções estruturais regionais com o desenvolvimento das galerias e salões das cavernas.

Várias formas de relevo podem ser associadas ao sistema cárstico. Conforme citam Teixeira *et al.* (2000), talvez a principal delas seja o sistema de drenagem centrípeta, que, à primeira vista, pode parecer caótico. Na realidade, trata-se de um sistema de drenagem parcialmente superficial e parcialmente subterrâneo com sumidouros e vales cegos.

Os vales cegos também constituem numa feição bastante característica das áreas cársticas. Entende-se por vale cego, vales e rios que terminam repentinamente em sumidouros. A drenagem parece não ter prosseguimento, não sendo possível identificar a foz do rio. Teixeira *et al.* (2000) citam que os vales cegos mais expressivos ocorrem quando as rochas ricas em carbonatos sofreram rebaixamento em relação aos terrenos circunvizinhos, com a drenagem correndo em direção aos carbonatos, ocorrendo uma série de sumidouros ao longo do contato litológico.

Segundo os autores acima citados, a permeabilidade secundária é diretamente proporcional ao desenvolvimento do sistema cárstico, o que aumenta o número de sumidouros e bacias centrípetas, acarretando no aumento do volume da água de infiltração e a conseqüente diminuição do volume de água de escoamento superficial.

As dolinas, que são feições morfológicas extremamente comuns e características de terrenos cársticos, ocorrem associadas ao desenvolvimento das drenagens centrípetas. As dolinas podem ser definidas como depressões cônicas em

perfil e circulares em superfície, de tamanho extremamente variável, que se originam por dissolução, subsidência ou colapso.

Os chamados vales cársticos são formados pelo abatimento de galerias e salões de cavernas. Trata-se de depressões alongadas com vertentes normalmente verticalizadas apresentando ou não curso d'água. O resultado final deste processo pode ser muito parecido com um vale fluvial; todavia, conforme ressaltam Teixeira *et al.* (2000), a diferença reside na origem, posto que o vale fluvial é resultado do entalhamento da superfície pelas águas de escoamento, enquanto que o vale cárstico é resultado do abatimento de cavernas.

As caneluras de dissolução ou *lapiás* normalmente ocorrem em rochas aflorantes, sendo caracterizadas como uma série paralela de depressões alongadas ou sulcos com dimensões (profundidade e comprimento) variáveis. Muitas vezes representam direções estruturais impressas nas rochas, como por exemplo, famílias de fraturas. Ocorrem normalmente, paralelos ao maior caimento do terreno, marcando o lugar onde a água escoava sobre a rocha.

Os cones cársticos são elevações com dimensões variadas, vertentes abruptas e verticalizadas constituídas por rocha. Trata-se, na realidade, de morros formados por materiais mais resistentes à erosão e ao intemperismo, podendo ser classificados como morros testemunhos. Podem guardar trechos de antigos sistemas de cavernas em diferentes níveis, sendo típicos de áreas cársticas acidentadas e marcadas por uma grande alternância litológica. Normalmente, ocorrem como divisores de água ao redor de bacias centrípetas (TEIXEIRA *et al.*, 2000).

3.1.2. A Espeleogênese e os Diferentes Tipos de Cavernas

A alta capacidade de dissolução dos carbonatos e dos evaporitos é bem conhecida. Assim, é natural que as cavernas se desenvolvem mais facilmente em litologias ricas em tais minerais.

Igualmente, é inegável o papel importante da água no desenvolvimento de qualquer cavidade subterrânea. A importância da água está relacionada ao fato dela ser um poderoso solvente, bem como pelo seu poder erosivo e de transporte, servindo como meio de locomoção para as mais diferentes substâncias e partículas. Da mesma maneira que a água dissolve e remove material do interior da caverna, ela também pode depositar sedimentos.

Outro fator a ser lembrado é que, na realidade, vários processos atuam em conjunto. Assim, mesmo ocorrendo predominantemente à dissolução, também tem que ocorrer a remoção mecânica do material insolúvel.

Por outro lado, a predominância do transporte mecânico das partículas não exclui a dissolução.

Martins (1985) cita que, em espeleologia, o termo erosão pode ser entendido como sendo um conjunto de processos químicos e físicos que provocam a destruição da rocha.

Para o referido autor, a espeleogênese em áreas tropicais, se compõe das ações erosivas (destrutivas), ações de acumulação (formação de depósitos) e ações mistas.

Por ação destrutiva compreende-se corrosão, desagregação e abrasão.

Os processos de dissolução química correspondem à corrosão. A desagregação, que atua em rochas pouco coesas, consiste na separação de fragmentos líticos da rocha encaixante mediante a ação da água.

Por abrasão entende-se a remoção e o transporte pela água dos fragmentos desagregados da rocha encaixante. Este fenômeno ocorre logo após a desagregação.

Diferentes autores, tais como Martins (1985), Maire (1980) e Szczerban (1976), destacam a importância da abrasão no desenvolvimento das cavernas, sendo que este processo pode ganhar importância no caso das rochas areníticas.

Os processos de acumulação existentes no interior das cavernas são, na sua maioria, depósitos de origem química, especialmente o concrecionamento, e depósitos sedimentares.

Com relação aos processos mistos, estes são representados pelos desabamentos (incisão ou o conhecido abatimento de blocos).

Por incisão compreende-se o desmoronamento de placas e blocos condicionados por sistemas de fraturas, pela foliação ou ainda pela estratificação existente nas rochas (MAIRE, 1980; MARTINS, 1985). Este processo pode ser acelerado pela perda de sustentação do teto devido ao rebaixamento da água ou pela drenagem da mesma.

Para as rochas carbonáticas, a dissolução é aceita como o principal processo espeleogenético. Já para as litologias silicosas, o modelo aceito é o proposto por Martini (1979) o qual envolve, em uma primeira etapa, a dissolução da sílica e em uma segunda etapa a remoção mecânica da sílica especialmente através do processo conhecido por *piping*.

Quanto à dissolução dos carbonatos, podemos assim resumir este processo: o dióxido de carbono (CO₂), proveniente de diversas fontes, tais como as queimadas, a combustão de motores e de fatores naturais como o metabolismo dos seres vivos e da decomposição da matéria orgânica, reage com a água originando o ácido carbônico (H₂CO₃) - (01).



Em um segundo momento, a água rica em ácido carbônico se infiltra pelas juntas e diáclases das rochas carbonáticas originando o bicarbonato de cálcio (Ca(HCO₃)₂) - reação química (02) - este sim solúvel e facilmente transportado pela água.

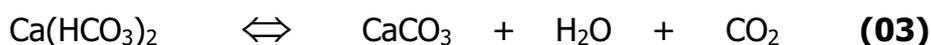


Com a formação do bicarbonato de cálcio as juntas vão se alargando gradativamente, originando as cavernas.

As águas de chuva aciduladas pelo gás carbônico atmosférico e do solo, quando se infiltram pela juntas e diáclases das rochas carbonáticas, dissolvem e transporta, em solução, o bicarbonato de cálcio originado da reação. Quando esta mistura emerge no teto de uma caverna, esta solução aquosa ficará dependurada até atingir um determinado volume e peso que, aliado com a ação da gravidade, fará com que a gota caia. Neste período em que a gota fica no teto da caverna, ocorre a liberação do gás carbônico. Como consequência, dá-se a precipitação de parte do bicarbonato de cálcio dissolvido. Dessa forma, cristalizam-se os primeiros cristais de carbonato de cálcio que originarão diferentes espeleotemas ou ornamentos das cavernas, tais como as estalactites.

Ao cair, a gota ainda carrega consigo bicarbonato de cálcio em solução, o qual será depositado no piso originando outros espeleotemas como, por exemplo, a estalagmite.

A precipitação do carbonato de cálcio pode ser expressa pela reação química (03):



Todo este processo depende inteiramente da água e podemos afirmar que os diferentes tipos de espeleotemas são, na realidade, rochas sedimentares de origem química.

Os ornamentos originados pelo processo descrito anteriormente se formam acima do nível da água. Os minerais são depositados quimicamente no teto, paredes e chão da caverna, originando uma paisagem peculiar com formas diversas.

A classificação dos espeleotemas é feita segundo sua forma e o regime de fluxo de água de infiltração é o fator que causará a grande variedade morfológica (TEIXEIRA *et al.*, 2000).

Os ornamentos podem ser formados por diversas camadas de carbonatos e ainda englobar sedimentos detríticos transportados pelas águas.

No interior de uma caverna podemos encontrar ainda depósitos sedimentares. Todavia, a formação destes depósitos dá-se em um momento distinto dentro da história do desenvolvimento da cavidade, muito bem relatado por Teixeira *et al.* (2000).

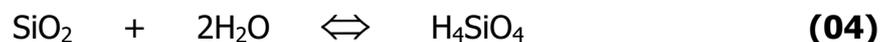
Ainda segundo os referidos autores, nos condutos existentes na chamada zona de oscilação do nível da água, a caverna pode ampliar-se mediante a ação dos rios subterrâneos, os quais entalham seus leitos aprofundando-os e alargando-os. Neste momento, tem início o abatimento de blocos, que, por sua vez, origina os chamados salões de desmoronamentos, cuja principal característica é o acúmulo de fragmentos líticos com dimensões diversas.

Com a continuidade do processo e o posterior rebaixamento do nível da água, a drenagem superficial pode ser capturada para o interior da caverna, o que provoca o aporte de considerável volume de água. Estas águas podem estar carregadas de sedimentos, os quais serão depositados na caverna. Estes depósitos terão características fluviais e poderão ser preservados durante a evolução espeleológica e geológica.

Se, de um lado, as solubilidades dos carbonatos e evaporitos são incontestes, as rochas ricas em quartzo tais como arenito, quartzito e conglomerados, foram consideradas, e ainda são por alguns autores, consideradas insolúveis. Diferentes autores, tais como Martins (1985), Wray (1997), Wray, (1996), Pereira Filho & Cruz (1994), Corrêa Neto & Corrêa (s.d), Veríssimo & Spoladore (1991), Spoladore (2002), Spoladore (2003), dentre outros, têm trabalhado e considerado a dissolução da sílica em condições ambientais como explicação da abertura e desenvolvimento de cavidades nas rochas citadas acima.

Martins (1985) cita que a sílica existe na natureza sob diversas formas, a saber: sílica amorfa, sílica gel, opala, calcedônia e quartzo.

A reação de solubilização da sílica é dada pela seguinte expressão (04) (MARTINS, 1985):



Todavia, Wray (1997) cita que a reação de dissolução da sílica em condições de pH neutro pode ser expressa por (05):



Segundo Wray (1997) e Iller (1979), $\text{Si}(\text{OH})_4^0$ seria a forma mais comum da sílica dissolvida.

Alexander *et al.* (1954), Krauskopf (1965 e 1959), Siever (1962) e Martins (1985) citam que a forma de sílica mais solúvel é a sílica amorfa, sendo que os referidos autores apontam para uma solubilidade de 100 a 140 ppm à 25°C e pressão ambiente em meio aquoso (Figura 1) e pH entre 2,0 a 9,0 (Figura 2). Para uma temperatura de 100°C a solubilidade da sílica oscila entre 360 a 400 ppm com pressão ambiente e qualquer pH (Figura 3).

Dessa forma, a solubilidade da sílica amorfa nestas condições é superior à solubilidade dos carbonatos, inclusive a calcita.

Por outro lado, o quartzo é a forma da sílica que apresenta a menor solubilidade. Krauskopf (1956) em laboratório determinou que o equilíbrio de solubilidade do quartzo a 25°C é de 14 ppm. Sielver (1962) chegou a 11 ppm enquanto Morey *et al.* (1962) chegaram a apenas 6 ppm. Todavia, esses mesmos autores citam que, em determinadas condições, a solubilidade do quartzo pode aumentar consideravelmente, chegando a 395 ppm (aquecendo-se uma mistura de quartzo e água a uma temperatura de 25°C por um período de 370 dias).

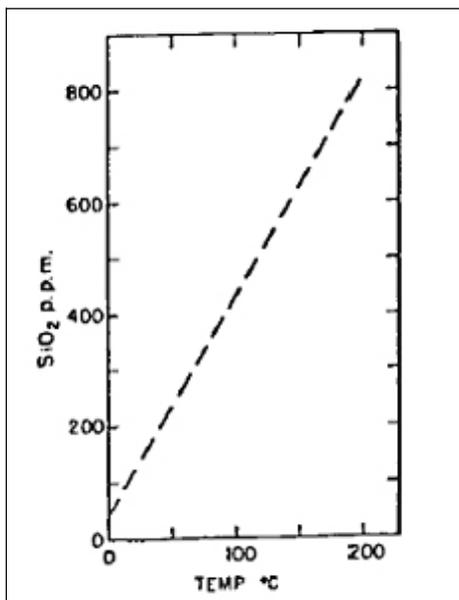


Figura 1. – Solubilidade da sílica amorfa de acordo com a variação da temperatura. Fonte: Alexander *et al.* (1975).

Segundo Okamoto *et al.* (1957) e Keller *et al.* (1963), a solubilidade das diferentes formas da sílica depende da presença ou não de diferentes eletrólitos na solução. Assim, a solubilidade da sílica pode diminuir proporcionalmente com o aumento na solução de Al^{+3} , Fe^{+2} , Ca e Mg. Por outro lado, a solubilidade da sílica pode aumentar consideravelmente com a presença de Na e K. Esta afirmação torna-se interessante posto que, conforme iremos mostrar adiante, em análises químicas realizadas em águas coletadas na região de São Jerônimo da Serra, observou-se à existência de uma concentração elevada de Na e K.

Anderson (1972) afirma que a concentração de sílica nas águas naturais é extremamente variável estando entre 5 e 25 ppm em rios e lagos e 5 a 60 nas águas subterrâneas.

Para Szczerban (1974) a solubilidade de sílica está diretamente relacionada com a temperatura (Tabela 1).

Figura 2 – Solubilidade de sílica em função do pH. Fonte: Krauskopf (1959)

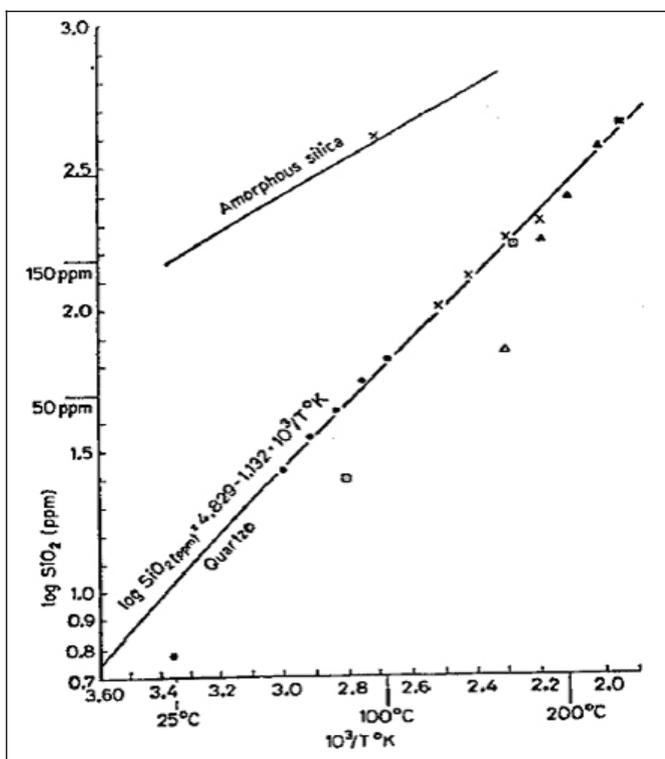
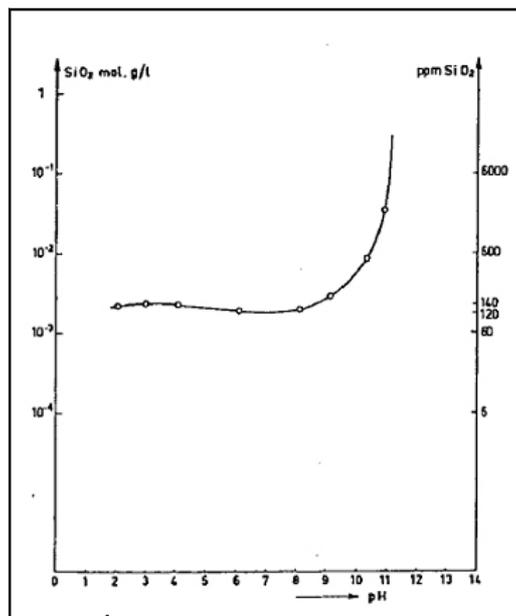


Figura 3 – Solubilidade do quartzo em função da temperatura. Fonte: Siever (1962)

Tabela 1. – Solubilidade da Sílica em Função da Temperatura (Szczerban, 1974).

SOLUBILIDADE EM ÁGUA DE VÁRIAS FORMAS DA SÍLICA EM FUNÇÃO DA TEMPERATURA			
Formas da Sílica	Solubilidade (ppm.)		
	25°C	100°C	200°C
Quartzo	6	49	268
Calcedônia	17	83	322
Cristobalita	27	125	465
Sílica Gel	115	360	930

Devido ao fato, sob condições especiais, da solubilidade da sílica ser igual ou até mesmo superior à solubilidade dos carbonatos, que diferentes autores, tais como Martins (1985), Bogli (1964), Szczerban (1974), Pereira Filho & Cruz (1994), Corrêa Neto & Corrêa (s.d.), Wray (1997) e Wray (2003) afirmam que as áreas dominadas por rochas ricas em sílica podem originar verdadeiras formas cársticas. Corrêa Neto & Corrêa (s.d.) consideram que, para ocorrer à dissolução da sílica, as águas têm que ser ricas em ácidos e citam que as estruturas das rochas (fraturas, falhamentos e planos de descontinuidade em geral) são fundamentais para que a dissolução ocorra.

Corrêa Neto & Corrêa (s.d.) citam que, algumas vezes, as cavernas em arenitos e quartzitos podem formar verdadeiros sistemas de circulação de águas subterrâneas, sendo as leis que regem sua evolução e comportamentos similares que às do carste em rochas ricas em carbonato.

Por fim, Corrêa Neto & Corrêa (s.d.) citam que não se deve tratar as cavidades em arenitos da mesma forma que as desenvolvidas em quartzitos, posto que os arenitos são rochas sedimentares e, portanto, com uma porosidade original mais elevada que a porosidade dos quartzitos, o que facilitaria a percolação de água. Consideram os referidos autores que a dissolução nos quartzitos deve ser muito superior à dissolução que ocorre nos arenitos.

Lima (1987), analisando espeleotemas encontrados em grutas localizadas no Parque Itacolomy, concluiu a existência da dissolução sistemática da sílica em águas de baixo pH (aproximadamente 5,5). A opala normalmente encontrada no interior das cavernas em arenitos e quartzitos é resultado da precipitação da sílica anteriormente dissolvida.

Wray (1997) descreve várias formas de relevo cárstico desenvolvidas em arenitos, tais como, torres cársticas, pináculos cársticos, cavernas, dolinas, corredores de dissolução, labirintos, fendas, caneluras ou entalhes de dissolução, bacias de dissolução e espeleotemas de sílica. Muitas dessas feições, conforme iremos mostrar oportunamente, ocorrem nos locais estudados, especialmente em São Jerônimo da Serra.

Mundialmente falando, são conhecidas muitas cavernas desenvolvidas em arenitos e quartzitos. Na Formação Roraima (pré-cambriano da Venezuela), conhece-se cavernas em quartzitos que podem chegar ao desenvolvimento de dois quilômetros e meio. Segundo White *et al.* (1966), Szczerban (1974 e 1976) e Urbani (1978), a gênese dessas cavernas está relacionada com a dissolução da sílica.

Na África do Sul, também são conhecidos cavidades em arenitos e quartzitos com desenvolvimentos superiores a um quilômetro.

No Brasil, segundo Martins (1985), Veríssimo & Spoladore (1991) Corrêa Neto & Corrêa (s.d.), Lima (1987), Spoladore (2002), Spoladore (2003), Silva (2004) e ainda com o Cadastro Nacional de Cavernas da SBE (SBE, 2004), dentre outros, são conhecidas cavidades em arenitos, quartzitos e rochas conglomeráticas em diferentes locais, destacando a Formação Botucatu (SP e Pr), Grupo Bambuí (MG e Ba), Grupo Itacolomy (MG) e na Formação Furnas (Pr e MTS).

Wernick (1966), Wernick *et al.* (1973), Martins (1985), Veríssimo & Spoladore (1999) e Spoladore (2003) citam dissolução e precipitação de sílica no interior de cavernas em arenitos da Formação Botucatu.

Paraguassu (1968, 1972 e 1973) afirma que a sílica existente nos arenitos pertencentes à Formação Botucatu é facilmente mobilizada, originando fenômenos de cimentação e concrecionamento.

As dez maiores cavernas em arenitos e quartzitos do mundo encontram-se listadas na Tabela 2.

Todavia, a gênese e o desenvolvimento das cavidades em arenitos e quartzitos não podem ser explicados somente pela dissolução da sílica, mas sim por uma associação de dissolução e remoção mecânica. De uma maneira geral, podemos explicar a origem destas cavidades pelo fenômeno de *pipping*, originalmente proposto por Szczerban & Urbani (1974) e Martini (1979) e adotado posteriormente por Martins (1985), Corrêa Neto & Correa (s.d.), Veríssimo & Spoladore (1991) e Silva (2004) para as cavidades desenvolvidas em arenito e quartzitos.

Tabela 2 – As Dez Maiores Cavernas em Rochas Areníticas (Arenito e Quartzito) do Mundo

	NOME DA CAVERNA	LOCALIZAÇÃO	DESENVOLVIMENTO
1	Gruta das Bromélias	Brasil	2560 m
2	Sima Ayuantepuy Noroeste	Venezuela	2500 m
3	Sima Aonda Superior	Venezuela	2128 m
4	Giant Bat Climber	África do Sul	1635 m
5	Mogoto System	África do Sul	1615 m
6	Sima de la Lluvia	Venezuela	1352 m
7	Buraco das Andorinhas	Brasil	1340 m
8	Sima Aonda	Venezuela	1320 m
9	Sima Menor	Venezuela	1179 m
10	Sima Aonda 2	Venezuela	1000 m

Fonte: Corrêa Neto & Corrêa (s.d.)

Em um primeiro momento, dá-se a dissolução do limite entre os grãos de quartzo, favorecido pelas descontinuidades (falhas, juntas, diáclases e estruturas sedimentares) existentes nas rochas. Esta dissolução inicial abre espaço para que em um segundo momento ocorra à remoção mecânica dos grãos, abrindo, dessa forma, um conduto primário, no qual a ação erosiva da água promove o gradativo alargamento da caverna. Este alargamento geralmente é controlado pelos planos de fraqueza existentes nas rochas.

Com relação ao arenito Botucatu, se considerarmos o processo descrito acima, bem como camadas diferenciadas nele existentes, ou seja, camadas com diferentes propriedades (por exemplo: friabilidade, coesão, porosidade dentre outros) e

diferentes granulometrias, aliadas ao fraturamento das rochas e a abundância de água, podemos explicar a gênese e desenvolvimento destas cavidades.

Segundo Veríssimo & Spoladore (1991), a evolução das cavidades estaria relacionada com processos neotectônicos, os quais causariam reativações de estruturas antigas vinculadas com processos de ajustes, que causariam o abatimento de blocos e, conseqüentemente, a evolução da caverna.

A gênese e evolução destas cavernas estão relacionadas ainda com rebaixamento do lençol freático e alterações no relevo.

Corrêa Neto & Corrêa (s.d.) observam ainda que as cavernas desenvolvidas em arenito e quartzito possuem normalmente suas bocas localizadas em diferentes alturas de paredões rochosos íngremes (*cuestras*) e freqüentemente as cavidades se desenvolvem no flanco maior de uma *cuesta*. A explicação de tal fenômeno está relacionada com fatores climáticos, bem como com o rebaixamento do lençol freático.

Martins (1985), estudando as grutas existentes na região de Altinópolis (Formação Botucatu), afirma que em uma primeira fase, deu-se à dissolução de porções da rocha arenítica no topo da zona saturada. Após a fase inicial, deu-se uma nova etapa, quando a ação mecânica da água passou a predominar.

Outras vezes, as cavidades podem se originar pela ação mecânica pura e simples de um rio ou das ondas do mar. Nestes casos, é comum a erosão diferencial, quando as camadas mais friáveis e com menor coesão e, portanto, mais facilmente removíveis, são erodidas, enquanto que outras mais resistentes sofrem menor efeito erosivo. Este fenômeno pode ser intensificado pelo grau de fraturamento da rocha.

Soares (1989), estudando as furnas existentes no Estado do Paraná, inicialmente discorre sobre a improbidade desse termo, afirmando que a denominação correta é abismo. Posteriormente, o referido autor invoca toda a terminologia cárstica para as feições morfológicas por ele estudadas nos arenitos da Formação Furnas, caracterizando drenagens subterrâneas, dolinas de abatimento, sumidouros, *sinkhole*, caneluras de dissolução e relevo ruiforme.

O autor, para explicar a gênese e desenvolvimento das furnas paranaenses afirma a existência da dissolução do quartzo. Postula três fases evolutivas, sendo a primeira caracterizada pela infiltração de água ao longo das fraturas com a abertura pela dissolução da sílica a uma certa profundidade de pequenas abóbadas de dissolução.

A segunda fase é caracterizada pela atuação pronunciada dos processos erosivos, ocorrendo rebaixamento da superfície topográfica, alargamento das fraturas e origem de depressões nos locais de infiltração mais intensa de água. O nível hidrostático sofre sensível elevação e as abóbadas de dissolução se desenvolvem ainda mais, tornando-se expressivas.

Na terceira fase, a principal característica, segundo Soares (1989), é o desabamento do teto das abóbadas de dissolução, expondo a furna à superfície.

Segundo Pereira Filho & Cruz (1994), o processo de carstificação em rochas quartzíticas envolve a dissolução do quartzito pela água, concentração, precipitação de substâncias dissolvidas originando diversos ornamentos e, em algumas condições, até mesmo a recristalização. Podem ser formados ornamentos, tais como estalactites, coralóides, microtravertinos e helictites (LIMA, 1987).

Silva (2004), estudando as cavernas desenvolvidas em quartzito na Serra de Ibitipoca, MG, adota o termo carste, afirmando ainda que, para o desenvolvimento de tais cavidades é necessário um conjunto favorável de condições geológicas, climatológicas, geomorfológicas, hidrogeológicas e geoquímicas. O referido autor reconhece ainda a importância das estruturas presentes nas rochas, em especial as rúpteis.

Outros processos que podem originar cavernas são as erupções vulcânicas e o desmoronamento e justaposição de blocos.

Em regiões vulcânicas, tais como o Hawai, é comum que, depois de erupções vulcânicas, os caminhos percorridos pelo magma fiquem vazios originando cavernas. Tal fenômeno ocorre, pois, o magma, em contato com a atmosfera se resfria e consolida, enquanto que o magma que não entra em contato direto com a atmosfera

não se consolida de imediato. Assim, verdadeiros rios subterrâneos de lava podem ser originados. Cessado o fluxo magmático, o ducto por onde passava o magma ficará vazio, gerando assim, cavernas. Estas cavidades apresentam-se como grandes túneis retilíneos com diâmetros diversos e pobremente ornamentados.

Cavidades também podem ser originadas mediante o abatimento e a justaposição dos blocos abatidos. Tais blocos, quando abatem, deixam espaços vazios que originam este tipo de caverna.

Geralmente, estas cavidades não são muito desenvolvidas. Todavia, nas proximidades de Campinas, Estado de São Paulo, foi descoberta uma caverna com mais de um quilômetro de desenvolvimento e formada apenas por blocos graníticos abatidos e justapostos. Nesta cavidade, inclusive, foram identificados "bagres cegos".

Apesar de que a dissolução da sílica é comprovada e aceita por diversos autores, a pergunta persiste: é correto utilizar o termo carste para as formas morfológicas desenvolvidas em rochas ricas em sílica? Se não, qual o termo mais apropriado? Carste em arenito? Pseudo-carste?

As discussões ainda são muitas e, na maioria das vezes, apaixonadas. Alguns autores consideram que o termo carste deva ser utilizado somente para áreas onde existam rochas ricas em carbonato. Por outro lado, outros autores citam que deve ser utilizado o termo carste também para terrenos areníticos, quartzíticos e até graníticos.

Sweeting (1981), que afirma que as regiões da superfície da Terra que através da dissolução das rochas e do carreamento do material insolúvel mediante a circulação de água ao longo de fraturas, fissuras, juntas ou de outros planos de descontinuidades existentes nas rochas, são denominadas de carste. Portanto, para tal autor o termo carste deve ser aplicado quando as formas morfológicas se originam e evoluem pela dissolução. Tais idéias são compartilhadas por Pereira Filho & Cruz (1994).

Twindale (1984) cita que uma série de dificuldades é inerente à definição exata de carste. Muitas definições de carstificação são restritas para determinadas

rochas e formas de relevo em terrenos litológicos ou morfológicos, mas, muitas vezes, essas definições não são apropriadas (WRAY, 1996).

Ausência ou escassez de drenagens superficiais, feições de colapso, cavernas, dolinas e espeleotemas, são feições distintivas, mas não estão restritas ao carste tradicional (TWIDALE, 1984).

Wray (1996), citando Garms (1989), afirma que os únicos dois fenômenos essenciais para o carste são: dissolução eficiente da rocha e drenagem cárstica.

Nos últimos anos, definições que não estão restritas a um tipo de rocha ou a formas morfológicas superficiais ou a uma geomorfologia específica, têm sido propostas.

Sweeting (1972) postula que são essenciais para o processo cárstico as circulações da água subterrâneas, bem como o predomínio de atividade química solubilizando a rocha. Para o referido autor, as verdadeiras formas cársticas são resultantes da ação erosiva do processo conhecido como dissolução.

Grimes (1975) afirma que o carste verdadeiro pode ocorrer em outras litologias além dos mármore e calcários, desde que a dissolução seja o processo dominante.

Garms (1989) cita que os processos que controlam as formas do relevo podem incluir processos não cársticos e não apenas a dissolução. Afirma ainda o referido autor que a dissolução, no entanto, é o processo mais ativo de formação do relevo.

Para Ford (1980), as formas cársticas verdadeiras são diferentes das formas pseudo-cársticas, pois as primeiras são formadas necessariamente pela dissolução da rocha. As formas cársticas verdadeiras são escavadas apenas pela dissolução da água.

Jennings (1983) também reconhece a importância da dissolução citando que este processo é essencial, mas não necessariamente dominante no desenvolvimento de drenagens e relevos. O mesmo autor cita que a dissolução não é o único processo

atuante em carste e, muitas vezes, nem ao menos é o processo dominante, mas a dissolução, sem dúvida, é um processo muito importante em tais áreas.

Wray (1996) cita com muita propriedade que, na Europa, o estudo das áreas ricas em calcários tiveram início há dois séculos atrás e que, infelizmente, o termo carste foi definido originalmente para designar tais áreas, sendo que esta definição permanece quase que inalterada até os dias atuais. O referido autor ressalta que em rochas ricas em quartzo, tais como arenitos e quartzitos podem ser identificadas às mesmas feições formadas pelo mesmo processo que nas rochas carbonáticas, mas nestes casos, mesmo assim, utiliza-se o termo de pseudo-carste. Ressalta ainda que este conceito deve ser revisto posto que cada vez mais trabalhos apontam para uma solubilidade do quartzo como sendo o processo gerador de tais feições.

Wray (1996) reconhece, no entanto, o paradoxo de morfologias características de rochas solúveis se desenvolveram em rochas, aparentemente, mais insolúveis. Mesmo com nítido aumento das pesquisas e publicações sobre tal situação, poucas pesquisas abordam de forma mais detalhada as formas de relevo.

Justamente por isso é que, para as litologias ricas em quartzo, tem-se que provar muito mais do que a presença da ação do intemperismo químico por dissolução para a formação do carste.

Segundo Aston (1983), a dissolução tem que contribuir significativamente e tem que ser crítica, mas, não necessariamente dominante.

Uma variedade de processos intempéricos químicos e físicos está envolvidas no desenvolvimento do carste em rochas ricas em carbonatos, o mesmo ocorrendo para os arenitos e quartzitos.

Várias publicações citam exemplos de dissolução do quartzo, mas, conforme salienta Wray (2003), provas inquestionáveis são raras.

Examinando rochas areníticas ao microscópio, é possível observar evidências da dissolução do limite do grão de quartzo. Por exemplo, White *et al.* (1966) mostram indícios petrográficos da dissolução de quartzo existente nos quartzitos da

Formação Roraima (Venezuela). Afirmam que as rochas foram hidratadas originando a opala, cuja solubilidade é muito maior do que a do quartzo, que posteriormente era removida. Wray (2003) cita que, examinando rochas da Formação Roraima no Microscópio Eletrônico (SEM - Scanning Electron Microscope), observou um difundido e intenso controle cristalográfico de ataques químicos ao quartzo, bem como o crescimento secundário.

Por outro lado, Chalcraft & Pye (1984) são contrários às idéias de White *et al.* (1966). Chalcraft & Pye (1984) afirmam que, para a dissolução da sílica em arenitos e quartzitos, não é necessário que haja a hidratação e a formação da opala. Os referidos autores mostraram experimentalmente que a dissolução de grãos de quartzo, bem como da sílica do cimento da rocha podem ocorrer diretamente sem uma fase de hidratação. Eles também mostraram que a dissolução ocorre principalmente ao longo de descontinuidades existentes nas rochas (juntas, fraturas, planos de acamamento, foliação e contatos litológicos). Tal afirmação seria válida em diferentes escalas.

Ghosh (1991) identificou em amostras coletadas em superfície do quartzito da Formação Roraima uma porosidade bem desenvolvida formada pela dissolução do cimento quartzoso, bem como do limite de grão. Todavia, amostras coletadas em profundidade mostram grãos de quartzo bem unidos por um pervasivo sintaxial cimento silicoso. Tal variação do intemperismo indica que a dissolução da sílica é um processo superficial ou de porções bem próximas à superfície terrestre. Battiau-Queney (1984) também chegou a conclusões semelhantes. Yong (1988) afirma que a dissolução da sílica é maior em locais de alta energia, estando relacionada com a porosidade primária da rocha.

Wilson (1979) apresentou um trabalho onde mostrava imagens, ao microscópio eletrônico, de feições com formato em "V" as quais ele associou à dissolução da sílica. Tal dissolução teria ocorrido sob a influência de fluídos com alto pH que percolavam ao longo dos planos de fraturas e clivagem existentes na rocha. Afirmar ainda que tais formas originadas nas condições citadas foram reproduzidas em laboratório.

Burley & Kantorowicz (1986), estudando feições de dissolução impressas nas superfícies de grãos de quartzo de amostras de quartzitos coletadas em profundidade, observaram a existência de uma tendência da corrosão se concentrar nas superfícies com energia livre alta, tais como os grãos periféricos, ao longo de fraturas e nos limites dos cristais. Dois mecanismos de corrosão do quartzo foram propostas. O primeiro denominado de "dissolução controlada pelo transporte", seria influenciado pela taxa de transporte de fluídos para dentro e para fora da superfície reativa. Este processo geraria dissolução rápida e generalizada típica de ataques químicos por soluções concentradas. O segundo tipo, segundo Burley & Kantorowicz (1986), seria a "dissolução controlada pela superfície de reação", quando uma determinada superfície cristalográfica é atacada originando feições como as estudadas por Wilson (1979).

Young (1987) também mostrou a existência de dissolução de sílica em arenitos da região úmida e com temperaturas elevadas situada nas proximidades de Sidney (Austrália).

Wray (1995), estudando os mesmos arenitos australianos, também identificou uma série de feições microscópicas originadas pela dissolução da sílica. Cita que a porosidade em rochas areníticas exerce papel fundamental. Arenitos com baixa porosidade sofrem dissolução apenas nas regiões próximas à superfície, enquanto que os arenitos com alta porosidade, normalmente, originam até mesma morfologia cárstica.

Briceflo *et al.* (1990), em estudos geológicos e geomorfológicos realizados na Formação Roraima, afirmam que as formas morfológicas do complexo cárstico se desenvolveram primariamente devido ao intemperismo do quartzito mediante a dissolução do cimento silicoso primário do arenito metamorfizado e com a conseqüente liberação dos grãos de quartzo. Uma vez dissolvido o cimento, a rocha se torna mais friável, facilitando a ação dos processos erosivos. Portanto, afirmam tais autores que o desenvolvimento das formas cársticas no arenito Roraima está associado tanto com a dissolução quanto com a remoção mecânica de fragmentos da rocha.

Conclusão semelhante chegou Martini (1979) em estudos realizados na África do Sul.

Wray (1997) concorda com as idéias de Young (1986, 1987, 1988) e afirma que encontrou feições cársticas em arenitos da Austrália. Segundo o autor, as feições mais comuns são as pequenas cavernas, friabilidade elevada dos arenitos, caneluras de dissolução, espeleotemas e até mesmo, torres cársticas.

Visto que diferentes autores ao redor do mundo concordam e comprovam a dissolução da sílica e que tal processo pode dar origem a relevos cársticos, resta perguntar como se daria o processo de dissolução da sílica no carste quartzoso.

Wray (1996, 1997) afirma que o equilíbrio de solubilidade da sílica, e, em especial, o do quartzo é muito baixo. Em condições superficiais, a solubilidade da sílica amorfa é de 100 – 140 mg/l, e a solubilidade do quartzo é de 6 - 14mg/l.

Todavia, Wray (1997) ressalta que a solubilidade não é o único fator condicionante. A termodinâmica e a cinética das reações também são importantes para a formação de carste em arenitos e quartzitos. Martini (1981) afirma que a taxa de reação é tão importante quanto à solubilidade total. Segundo o autor, uma taxa de reação alta limita a distância que a solução pode penetrar na rocha antes da saturação, resultado no intemperismo das porções próximas à superfície, bem como em feições cársticas superficiais.

Uma taxa de reação lenta permite a percolação de grandes quantidades de água com o alargamento de juntas e fraturas sem o rebaixamento superficial, possibilitando a carstificação em profundidade. Martini (1981) acredita que, se a taxa de dissolução da sílica for baixa e contínua, o carste em arenito é mais comum do que se imagina.

Wray (1996 e 1997) afirma que o total de sílica removida da rocha não depende apenas da solubilidade e da cinética da reação. Depende também da velocidade de movimentação da água através da rocha.

Para Douglas (1987), a quantidade de sílica nas águas dos rios depende diretamente do volume de chuvas. Segundo o autor, a importância da velocidade de movimentação da água já foi caracterizada para os terrenos ricos em carbonatos. Todavia, é igualmente importante para os terrenos areníticos, onde a taxa de perda de íons dos minerais silicáticos para a água é controlada pela velocidade que os íons são transportados da superfície de reação do mineral. Tais idéias também são compartilhadas por Rimstidt & Bames (1980).

Assim, segundo Wray (1997), aparentemente a taxa ou o volume de água em movimento através de uma região é a chave do problema. Quanto mais água circular pelo sistema, maior será a remoção da sílica. Onde existe um grande volume de água a sílica se mantém mobilizada, sendo removida da área pela água. Onde a taxa de movimentação da água é baixa, a sílica não é removida eficientemente, sendo reincorporada durante a cristalização das argilas.

Todavia, Wray (1997) e Bremer (1978) afirmam que o constante aumento da taxa de movimentação da água não implica no aumento proporcional da dissolução da sílica. O fluxo de água vai acelerar a dissolução do mineral somente até uma determinada taxa, quando a dissolução passa a ser controlada pela reatividade do mineral.

Outro fator importante é que, tanto em laboratório quanto constatado na Formação Roraima na Venezuela, são necessárias para a dissolução da sílica condições altamente alcalinas.

Pouyllau & Seurin (1985) afirmam que a dissolução da sílica somente ocorreria em condições hiper-ácidas. Todavia, estes autores, conforme ressalta Wray (1996), forneceram provas parciais. Na prática, diferentes autores têm caracterizado soluções levemente ou moderadamente ácidas.

Chalcraft & Pye (1984) examinando águas da região de Roraima (Venezuela) obtiveram baixos níveis de sílica dissolvida (< 1 a 7 mg /-1). Outros autores, em diferentes continentes, chegaram a resultados próximos mesmo em condições climáticas completamente diferentes. Tal fato indica que a sílica é dissolvida somente

de forma bem lenta e que as formas morfológicas derivadas da dissolução da sílica se formaram e têm evoluído ao longo de grandes períodos.

A dissolução lenta e prolongada normalmente é menosprezada, não lhe sendo atribuída a real importância. Assim, considerando o fator tempo aliado à solubilidade da sílica em suas diferentes formas, pode-se explicar perfeitamente o carste em arenitos e quartzitos.

Concorda-se assim, depois de discutir e expor as mais diferentes idéias e pesquisas sobre o carste e a dissolução da sílica em suas diferentes formas, com as idéias de Wray (1996 e 1997) que considera que, sendo as formas desenvolvidas em arenitos ricos em sílica e quartzitos iguais as identificadas em rochas ricas em carbonatos, e em ambos os casos, sendo a gênese a mesma, o termo carste não pode estar restrito à descrição dos terrenos carbonáticos. Da mesma forma, o termo carste não deve ser utilizado para descrever formas morfológicas, mas sim um conjunto de processos onde a dissolução da rocha, seja ela rica em sílica ou em carbonato, é de fundamental importância.

Portanto, carste deve ser entendido como um processo e não apenas como formas morfológicas ou litológicas. Dessa forma, passamos a adotar a utilização termo do carste para terrenos areníticos e quartzíticos, bem como para outros terrenos onde ocorra o processo de carstificação.

3.2. TURISMO

3.2.1. Breve Discussão Sobre o Turismo

Um conceito de turismo bastante utilizado e adotado neste trabalho é aquele citado por Ruschmann (1994) que diz que o turismo é o movimento de pessoas, por tempo determinado (pelo menos vinte e quatro horas), para destinações fora de seu local de residência, e as atividades realizadas durante o tempo de permanência nas localidades visitadas.

No turismo, o planejamento possui um papel muito importante, pois, somente com este é que poderão ser previstos e minimizados os impactos negativos que as atividades turísticas podem causar.

De acordo com Ruschmann (1994) e Linderberg & Hawkuns (2001), o planejamento é basicamente um processo que envolve a intenção de estabelecer certas condições favoráveis para que determinados objetivos sejam alcançados. Qualquer planejamento deve ter por objetivo atender as necessidades e desejos de uma comunidade.

Assim, especificamente para o turismo, o planejamento também envolve o desenvolvimento de estratégias que permita a uma determinada organização comercial, visualizar as oportunidades de lucros em um determinado segmento do mercado.

Lindberg & Hawkins (2001) destacam três fases em um planejamento voltado ao turismo:

- Primeira fase: diagnóstico da situação atual;
- Segunda fase: determinação do turismo desejável e a identificação dos passos para a concretização da situação idealizada;
- Terceira fase: elaboração do documento sobre a estratégia.

Com relação à definição de planejamento voltado ao turismo, Ruschmann (1994) adota a proposta de Essou & Albuquerque (s.d.) segundo a qual, o planejamento

“É um processo que consiste em determinar os objetivos e as técnicas aplicáveis, estabelecer as formas de organização e expor com precisão, todas as especificações necessárias para que a conduta da pessoa ou grupo de pessoas que atuarão na execução dos trabalhos seja racionalmente direcionada para alcançar os resultados pretendidos”.

O planejamento voltado ao turismo constitui em um instrumento de suma importância para a determinação das prioridades para uma evolução harmoniosa da atividade envolvendo questões diversas. Os principais objetivos do planejamento voltado ao turismo são:

- Definir políticas e processos, bem como incentivar a instalação de equipamentos e atividades turísticas;
- Coordenar o desenvolvimento espontâneo do turismo;
- Maximizar os benefícios sócio-econômicos e minimizar os custos;
- Garantir que os espaços destinados ao turismo não sejam utilizados para outras atividades;
- Determinar as fases de implantação das atividades turísticas;
- Minimizar a degradação ambiental dos atrativos e recursos naturais utilizados turisticamente;
- Dar ciência para as devidas autoridades de todas as fases do planejamento;
- Capacitação de pessoal e dos serviços públicos;
- Atrair financiamentos;
- Garantir uma imagem adequada da localidade;
- Coordenar o turismo com outras atividades econômicas.

Ruschmann (1994) enfatiza que um dos problemas mais sérios enfrentado por qualquer planejamento turístico é a falta de integração deste com outros programas tais como programas sociais, econômicos e mesmo relativos ao planejamento físico-territorial.

Um outro fator a se considerar é que o planejamento turístico não deve estar enclausurado em um único município ou restrito a uma atividade, devendo haver na realidade, um plano regional, envolvendo diversos municípios e todas as atividades possíveis.

O planejamento turístico pode ser feito nos níveis local, regional, nacional e internacional, cabendo aos governos nos a responsabilidade de manutenção do meio

ambiente e planejamento do turismo. O planejamento pode ser feito para prazos de até vinte anos com algumas medidas tidas como de ajuste ou emergenciais cujo prazo pode ser de até um ano.

Com relação ao espeleoturismo, aparentemente, a definição é fácil: espeleoturismo pode ser definido como sendo as atividades turísticas realizadas nas cavernas.

Sendo as cavernas ambientes naturais, não podemos fugir de definir ecoturismo.

Entre as várias definições e até mesmo denominações utilizadas para designar esta atividade turística, neste trabalho utilizamos aquela contida no documento Diretrizes para Política Nacional de Ecoturismo (1995), que define o ecoturismo como sendo o...

“Segmento da atividade turística que utiliza, de maneira sustentável, o patrimônio natural e cultural, incentiva sua preservação e busca a formação de uma consciência ambiental através da interpretação do ambiente, promovendo o bem estar das populações envolvidas”.

Assim, segundo Rasteiro (2002), tanto o ecoturismo como o espeleoturismo implica em três fatos essenciais para a implantação de projetos de ecoturismo:

- Planejamento sustentável,
- Educação ambiental
- Inclusão social

Todavia, na prática, qualquer atividade turística desenvolvida fora do meio urbano vem recebendo a denominação genérica de ecoturismo, sendo extremamente raro o empreendimento ou atividade turística dita ecoturística que cumpra pelo menos um dos itens citados anteriormente.

O espeleoturismo não foge à regra. Os empreendimentos existentes tanto no Paraná quanto em outros estados brasileiros, nem sempre cumprem as premissas que uma atividade assim deveria seguir. No geral, tais empreendimentos não fazem se quer um planejamento por mais simples que seja. Os resultados são os impactos

adversos tanto no meio natural quanto nas questões sociais e econômicas das populações envolvidas.

Conforme destaca Ruschmann (1994), a inter-relação entre o turismo e o meio ambiente é incontestável, uma vez que a natureza é, ao mesmo tempo, o produto e o local onde se desenvolve as atividades turísticas.

Muitos dos lugares naturais procurados pelos ecoturistas possuem delicado equilíbrio natural. O aporte de pessoas pode ter sérias conseqüências, degradando tais ambientes. De uma maneira geral, as atividades turísticas e o meio ambiente não possuem relacionamento harmonioso.

Com o tempo e a constante busca de atrações, as diferentes atividades turísticas passaram a buscar novos espaços, além daqueles locais já consagrados.

Por exemplo, nos anos 80, a caminhada, o ciclismo, espeleologia, *rappel*, *rafting*, *motocross*, *mountain bike*, dentre outros, ganharam força enquanto atividades turísticas, sendo tais práticas desenvolvidas diretamente nos ambientes naturais. A natureza é, então, redescoberta, tornando pretexto para a iniciação, educação e espírito de aventura, tornando-se assim um novo e forte mercado.

Como vemos, trata-se de uma renovação do turismo para uma clientela em busca de calma, aventura e conhecimento mais detalhado de novos lugares.

Rasteiro (2002) salienta que, praticamente, todas as pessoas que trabalham com espeleologia se consideram aptas a trabalhar com espeleoturismo, o que não é verdade. Em muitos casos, pessoas completamente despreparadas atuam nesta área, tanto como guias, quanto planejadores e como empreendedores. Tal fato pode gerar muito mais problema do que benefícios.

Pessoas das mais diferentes áreas voltaram seus interesses para o turismo. Essa profusão desenfreada e súbita de interessados em estudar e trabalhar na área certamente está relacionada com a crescente demanda pelo turismo.

3.2.2. Ecoturismo

O ecoturismo envolve um tipo de viagem especializada, incorporando uma lista enorme de atividades que abrangem desde observação de pássaros, estudos científicos de um modo geral, fotografias, mergulho oceânico, caminhada na mata, até atividades relacionadas com recuperação de ecossistemas danificados.

Ecoturismo é um termo amplo e vago que, para alguns, constitui uma série de atividades turísticas baseadas na natureza. Para outros, o ecoturismo é um nicho de mercado, um tipo específico de turismo de interesse especial.

Sem sombra de dúvidas, o ecoturismo foi o termo mais alardeado, especialmente, no final da década de 90. O prefixo "eco" foi anexado às palavras como se fosse um título honorífico. Tal tendência pode ser verificada não só no turismo, mas em outras atividades também.

De uma maneira geral, o ecoturismo anda junto com o desenvolvimento sustentável.

O prefixo "eco" vem da palavra ecologia, que é derivada da palavra grega *oikos*, significando lar ou *habitat*. Podemos afirmar que o ambiente que habitamos é, em sua essência, o nosso lar, nossa morada e nosso sustento.

Apesar da relativa novidade do termo, o ecoturismo tem raízes mais antigas relacionadas aos movimentos conservacionistas e ambientalistas.

Historicamente, o movimento ambientalista nasceu do conservacionista, que reconheceu que a natureza é essencial para o bem estar do homem. Esta afirmação foi fortalecida recentemente com o entendimento científico de que a biodiversidade é fundamental para a sobrevivência humana.

Apesar das interpretações conflitantes e do oportunismo no aproveitamento do termo ecoturismo, uma coisa é certa: o crescente interesse global e o aumento exponencial do ecoturismo não podem ser explicados de uma maneira qualquer como apenas uma das muitas tendências no ramo do lazer.

Pelo contrário, o ecoturismo representa uma mudança fundamental no modo de observar e de se relacionar com a natureza.

O ecoturismo foi concebido, originalmente, como um turismo alternativo, comedido e que tivesse o menor impacto possível sobre os sistemas naturais. Todavia, o termo "turismo alternativo" deu início a uma série de discussões, posto que, para alguns autores, indicaria um pacote turístico especializado em lugares exóticos para pessoas ricas; enquanto que, para outros, diria respeito à "mochileiros" com recursos financeiros limitados.

Assim, a definição exata de ecoturismo é difícil, mas podemos afirmar, abrange ampla relação de elementos e atividades, listadas a seguir:

- Ecoturismo é uma forma de turismo que contrapõe o turismo em massa;
- Ecoturismo possui uma orientação particular filosófica voltada para a Natureza;
- Os ecoturistas, de um modo geral, possuem motivações diferentes daquelas dos turistas convencionais;
- Ecoturismo é uma prática e um produto turístico;
- Ecoturismo exige planejamento e abordagem relativa à política local, regional, nacional e internacional.

3.2.3. Espeleoturismo

O fato de visitar uma caverna pode despertar diferentes sensações nas pessoas, impressionando-as de modo distinto. Como Leonardo da Vinci escreveu um dia, "misto de temor e desejo; temor das trevas, do desconhecido e desejo de encontrar ali a chave de mistérios ainda sequer suspeitados".

Normalmente uma visita ao mundo subterrâneo desperta a curiosidade e uma certa sensação de exploração. Uma aventura que reflete em benefício direto dos interesses das pessoas, "onde cada passagem, cada volta, desfruta-se de uma nova visão, e a cada passo a uma diferente e nova perspectiva" (<http://www.cavern.com/cavern/why.htm>).

A verdade é que os motivos que levam as pessoas a visitarem as cavernas são diversos. Figueiredo (1998) afirma que as cavernas, do ponto de vista turístico, são interessantes devido à paisagem peculiar.

Já para Labegalini (1996), os principais motivos para o crescente interesse pelas cavernas e outros locais estariam relacionados com as raridades naturais.

O hábito de explorar as cavidades naturais é bem mais antigo do que a recente onda de ecoturismo e esta prática nem sempre esteve relacionada com as atividades turísticas. Marra (2001) cita que, desde o século XIX, várias cavidades naturais brasileiras foram visitadas por exploradores europeus; todavia, nem sempre com objetivos turísticos.

Alguns autores como Lino (1989) afirmam que a história da humanidade não pode ser contada sem que se faça referência às cavernas, sendo a relação entre homem e caverna quase tão antiga quanto o homem.

As primeiras explorações espeleológicas foram realizadas na região entre a Itália e a Iugoslávia, na província de Carso (Itália) e em Kras (Iugoslávia) e certamente o cuidado com o meio ambiente nem sempre estava presente.

Durante o século XIX, diversas atividades espeleológicas tiveram lugar na Áustria, França e Itália, sendo que estes estudos resultaram em grande conhecimento para a hidrogeologia.

No decorrer da 2ª Guerra Mundial e até a época do pós-guerra, deu-se um acentuado desenvolvimento nas pesquisas em cavidades naturais com o desenvolvimento de novos equipamentos e técnicas, formação de grupos de exploradores, cientistas e especialistas em técnicas verticais.

As cavernas européias foram utilizadas para diferentes atividades, inclusive, diversas vezes, para fins militares.

No Brasil, as primeiras referências de uso das cavernas vêm das crônicas de viagens de naturalistas do século XVIII e XIX. Vale a pena destacar que tais explorações tinham caráter depredatório.

Monteiro & Kaz (1998), em seu trabalho sobre Langsdorff, que foi um dos grandes exploradores do século XIX tratando-se na verdade de um geógrafo naturalista e etnógrafo que viajou pelo Brasil juntamente com L. Riedel, Kruzenstein e Liciasky, entre os anos de 1821 e 1829, relatam que nesta expedição deram especial importância a bioespeleologia que foi estudada em diferentes cavidades brasileiras. Segundo o autor, a Expedição Langsdorff coletou amostras diversas de minerais, coleções etnográficas, herpetológicas, ictiológicas, ornitológicas, dentre outros, constituindo um importante banco de informações sobre o meio natural brasileiro. Conforme o autor, foram coletados mais de cem mil exemplares da flora brasileira e, aproximadamente, cem exemplares etnográficos.

Ainda no Brasil, podemos afirmar que os primeiros estudos com rigor científico surgiram no século XIX com os europeus Peter Lund e Ricardo Krone, respectivamente, nas cavernas da região da Lagoa Santa e no Vale do Ribeira. Tais estudos abrangiam, basicamente, as áreas da Paleontologia e Arqueologia.

Peter Lund fez as primeiras referências às cavernas brasileiras por volta de 1800, destacando a Lapa Nova de Maquiné, localizada em Minas Gerais. Lund teria, inclusive, citado em seu testamento datado de 21 de junho de 1871 que *"Recomendo à alta proteção do ilustrado Governo à mencionada Lapa que no estado virgem em que se achou a sua parte pitoresca na ocasião de sua visita (1834) era talvez sem rival no continente americano"*.

Peter Lund, com seus trabalhos na Gruta de Maquine, deu origem a paleontologia brasileira posto que, devido à suas explorações, iniciou-se o estudo científico dos fósseis existentes nos solos das grutas, que até então eram desconhecidos (VALLE, 1975). Outro fato importante é que, Lung também demonstrou uma preocupação séria com a preservação das cavernas.

Neste ponto, uma pergunta vem à tona: qual o limite entre a Espeleologia e o Espeleoturismo? Pelo exposto anteriormente, fica a impressão de que as histórias da Espeleologia e do Espeleoturismo se confundem. Ou seja, muita coisa foi considerada como Espeleologia; todavia, na realidade, tratava-se mera e simplesmente de turismo

que muitas vezes foi realizado sem planejamento ou critérios, causando grandes prejuízos ao ecossistema do meio subterrâneo visitado.

Este fato comprometeu por muitos anos tanto a Espeleologia, que no Brasil não era bem aceita nos meios acadêmicos, quanto o Espeleoturismo, que também era visto com ressalvas.

Entendemos que a Espeleologia e o Turismo sempre tiveram uma relação muito próxima. As cavernas ocorrem mais comumente nas rochas carbonáticas. Estima-se que este tipo de rocha cubra aproximadamente 20% da superfície terrestre. Em termos mundiais existe um número significativo de parques e reservas ecológicas, justamente nas áreas de predomínio de rochas carbonáticas.

Assim, as cavernas estariam teoricamente preservadas e, ao mesmo tempo, com o desenvolvimento do turismo em áreas naturais, seriam alvos de turismo.

Todavia, apenas as cavernas desenvolvidas em rochas carbonáticas são alvo de uma maior atenção e objeto de preservação. Como tentaremos demonstrar, existe um número significativo de cavidades em outros tipos de rochas, como por exemplo, os arenitos. Tais cavernas, normalmente, estão fora de áreas de proteção e não despertam os interesses da maioria dos espeleólogos, pois, quando comparadas com as cavidades carbonáticas, possuem desenvolvimento menor e poucos ornamentos. Ou seja: as cavernas desenvolvidas em rochas ricas em sílicas são menos atraentes. Para o aproveitamento destas cavidades, inicialmente faz-se necessário conhecê-las.

De qualquer forma não podemos negar que existe crescente interesse dos turistas pelo turismo em áreas naturais, sendo que, a cada ano que passa, o número de visitantes em tais locais sofre significativo incremento. Também não podemos negar os benefícios e os malefícios que o turismo pode trazer para a população envolvida.

Dessa forma, a decisão de transformar o meio ambiente subterrâneo, bem como o meio existente na superfície localizada nas imediações das cavidades visando o turismo, deve ser precedida de uma série de estudos e planejamentos, visando, dessa forma, provocar o menor impacto possível ao meio ambiente. Assim, um

planejamento cuidadoso faz-se necessário e a Geologia pode contribuir para melhor planejar o meio físico.

As conseqüências positivas e negativas imediatas e em longo prazo, bem como a área de abrangência das alterações devem ser consideradas.

Sempre devemos ter em mente que qualquer modificação no meio físico e no ambiente como um todo, quando realizada sem planejamento prévio, gera riscos e danos tanto para o ambiente quanto para a população. O turismo em geral, e especialmente o espeleoturismo, não foge a essa regra. Acima de tudo deve-se considerar que uma caverna encontra-se em delicado equilíbrio onde qualquer atividade pode ser extremamente nociva para os usuários e para a caverna.

Conforme ressaltam Cigna & Forti (1989), o equilíbrio de uma caverna depende essencialmente do fluxo de energia, da temperatura, umidade, do microclima interno e das características atmosféricas internas da cavidade. Ainda segundo os mesmos autores, as cavernas podem ser consideradas como um ambiente exclusivo e peculiar, no que se refere à energia e massa. A energia, que para uma caverna é na maioria dos casos muito limitada, geralmente está relacionada com a "umidade excedida entre a superfície da rocha em relação à umidade constante na atmosfera da caverna" (MARRA, 2001).

Outros fatores, como temperatura do ar, umidade relativa do ar, concentração de diferentes gases na atmosfera interna da cavidade, características geoquímicas das águas existentes no interior da cavidade, luminosidade e aporte de matéria orgânica do meio externo para o interior da cavidade, também devem ser considerados.

Em resumo: qualquer alteração feita no meio subterrâneo e no entorno das cavernas, principalmente aquelas que visam o turismo, devem ser estudadas e planejadas, pois, caso contrário, os resultados podem ser imprevisíveis.

Segundo Marra (2001), o turismo em cavernas deve ser guiado pelos seguintes princípios básicos:

- “As cavernas fazem parte de nosso patrimônio nacional, e podem ser conhecidas pelo público em geral, desde que respeitando as normas técnicas e de controle definidas”;
- “O modo de utilização de uma caverna deve ter como concepção principal sua conservação, e não apenas o turismo predatório tradicional”;
- “O objetivo primário deve estar fundamentado na manutenção mínima do equilíbrio ambiental, muito acima de sua comercialização”;
- “O princípio é estabelecer mecanismos eficientes para garantir a proteção da integridade física da caverna, estando apenas disponível para contemplação locais que não apresentem riscos de danos ambientais, e que ofereçam segurança aos usuários”;
- O ambiente espeleológico deve estar apto a receber um número adequado de visitantes em função dos estudos de capacidade de carga suportável em cada caverna, estabelecendo um eficiente controle para cumprimento das orientações técnicas.
- A prática da visita em cavernas deve estar associada a um programa de educação ambiental, visando transmitir conhecimentos, instruindo e cativando as pessoas para sua conservação”.

A forma de utilização de uma caverna pode variar amplamente, bem como o motivo da visita (LINO, 2003; LABEGALINI, 2003).

Em todo o mundo, podemos vislumbrar desde cavernas que foram alvos de projetos grandiosos modificando amplamente a cavidade e seu entorno, como também de projetos que foram feitos posteriormente ao início da visita, sofrendo assim uma série de adaptações. Em ambos os casos, vários impactos adversos tiveram lugar. Tal fato é decorrente da não elaboração de estudo prévio e implantação efetiva do projeto, bem como da ausência de manejo adequado.

Na realidade, algumas cavernas “herdaram o encargo do turismo” sem qualquer tipo de planejamento, sem qualquer estimativa dos riscos envolvidos nem dos impactos possíveis.

A ausência de um planejamento adequado faz com que a ampla maioria das cavidades utilizadas para o turismo esteja, atualmente, com seu equilíbrio natural profundamente alterado.

Outra situação preocupante dá-se quando a utilização da cavidade ocorre de forma espontânea sem qualquer planejamento nem acompanhamento.

Considerando-se a crescente procura por esta atividade turística, os resultados podem ser desastrosos.

Atualmente, órgãos oficiais tais como o Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) e entidades como a SBE (Sociedade Brasileira de Espeleologia), dentre outros, vêm tentando reverter esse quadro.

Preocupada com a situação, a Federação Espeleológica da América Latina e Caribe (FEALC), da qual a Sociedade Brasileira de Espeleologia é filiada, criou a Comissão de Cavernas Turísticas, que vem atuando em toda a área de abrangência da FEALC.

No Brasil foi instituído, pela portaria 057 de 05/06/1997 e pelo Regimento do IBAMA, o Centro Nacional de Estudos, Proteção e Manejo de Cavernas (CECAV).

Somente depois de implantada uma política específica de proteção espeleológica, deu-se início às ações mais efetivas. Assim, em 2002 foi elaborado e implantado, de acordo com metodologia proposta pelo CECAV, o plano de manejo nas grutas do Lago Azul e de Nossa Senhora Aparecida em Bonito no Mato Grosso do Sul.

Em 2004 foram elaborados e implantados os planos de manejo para mais quarenta e três cavernas brasileiras, onde, atualmente já ocorrem visitação.

Castro (1987) cita que podemos entender a conservação ambiental sob dois aspectos distintos:

- O filosófico – ideológico: aonde o interesse da coletividade vem em primeiro lugar em detrimento a interesses de particulares. Nesta fase, são comuns os conflitos com a coletividade reivindicando seus direitos, normalmente, em momentos tardios.
- Conservação prática – operacional: onde o uso do meio subterrâneo é feito sob quatro aspectos: a) turismo, b) educacional, c) científico e d) conservação.

Tendo em mente as idéias de Castro (1987) e Marra (2001), com relação à utilização das cavidades, podemos distinguir as seguintes categorias:

- Cavernas com uso de caráter religioso;
- Cavernas com uso de caráter histórico;
- Cavernas com uso de caráter científico;
- Cavernas com uso de caráter turístico.

Por uso religioso de uma caverna entende-se a utilização da mesma como local para celebração de quaisquer atividades religiosas. Estas atividades podem ser desde missas, cultos a até locais para “pagamento de promessas” e depósitos de objetos diversos, tais como muletas, roupas, placas, pernas mecânicas dentre outros.

No Brasil, país com religiosidade um tanto quanto elevada, vários são os exemplos de cavidades utilizadas para fins religiosos e a utilização de cavidades para fins religiosos talvez seja uma das formas mais antigas de turismo no Brasil.

O registro mais antigo que se tem notícia data de 1690 na Gruta de Bom Jesus da Lapa, localizada nas margens do Rio São Francisco, no Estado da Bahia, quando foi organizada uma festa religiosa no interior da caverna.

Normalmente, as atividades religiosas em cavernas proporcionam ampla degradação ambiental, tanto pelo aporte de pessoas quanto pelas modificações impostas no ambiente. Em alguns casos, mesmo com poucas construções, o acúmulo de material representando a “graça alcançada”, introduz materiais estranhos e energia extra ao ambiente, causando dessa forma, desequilíbrio nas condições naturais.

Muitas vezes a degradação não se restringe à cavidade, atingindo todo o entorno da mesma, amplificando dessa forma o impacto adverso.

São comuns os sistemas de iluminação artificial que, dependendo do caso, exibem elevado grau de sofisticação, como no caso da Gruta Mangabeira, localizada no Estado da Bahia, onde foram iluminados aproximadamente 850 metros. O sistema implantado é acionado de modo progressivo, acompanhando o visitante à medida que o mesmo adentra na caverna.

Uma crença comum é que a água que brota no interior da cavidade é milagrosa, curando enfermidades e solucionando problemas. Esta crendice popular só

vem agravar ainda mais a situação de degradação das cavidades utilizadas para fins religiosos.

Com relação às cavernas com utilização de caráter histórico, ao longo da história da humanidade, as grutas sempre foram utilizadas pelos homens das mais diferentes maneiras. Algumas vezes as cavernas passaram a fazer parte de histórias diversas, por vezes reais, outras aumentadas pela tradição oral e, em outros casos, frutos da fértil imaginação humana.

No Brasil, existem vários relatos de ocupação das cavidades naturais para fins diversos. Todavia, podemos verificar facilmente que as cavernas estão relacionadas com os tempos de guerras e conflitos.

Assim, Lino (1989) relata a ocupação na década de 30 da Caverna dos Vieiras, bem como da Gruta Berta do Leão, ambas localizadas no Vale do Rio Ribeira, quando das disputas fronteiriças entre São Paulo e Paraná.

Marra (2001) cita que a Coluna Prestes utilizou as grutas dos Grilos (São Domingos, no Estado de Goiás) e Ponte da Terra (Itarandiba, Minas Gerais) para fugir das tropas federais.

Passagem similar aconteceu com o Capitão Carlos Lamarca, no Vale do Ribeira, no final da década de 60 e início dos anos 70.

Em Itararé, Estado de São Paulo, durante a Revolução Federalista, a Gruta da Barreira foi utilizada como depósito de armas. Historicamente, sabemos que não houve combates na região de Itararé, pois, a revolução foi contida ainda no Paraná. Todavia, recentemente, foi encontrado um esqueleto humano com restos de uniforme da época em uma das muitas fendas existentes na região. Possivelmente, o soldado caiu no abismo vindo a falecer e somente sendo achado em 2003.

No Estado do Paraná, durante o mesmo movimento armado, deu-se o episódio conhecido por Cerco da Lapa, onde um certo monge, popularmente denominado de Monge da Lapa, que vivia em uma gruta, teve importante papel mobilizando a população para participar do levante.

Temos que considerar ainda as cavidades que foram utilizadas como moradia pelos povos pré-históricos. Trata-se dos sítios arqueológicos, que, mais cedo ou mais tarde, todos aqueles que fazem Espeleologia se deparam.

Estes homens deixaram vários registros que vão desde pinturas rupestres, petrogrifos, restos de fogueiras, ossos de animais, cerâmica, e material lítico lascado e polido.

Algumas cavidades constituem, por motivos diversos, importantes locais de estudos e pesquisas.

Normalmente, são cavidades que apresentam fósseis, restos arqueológicos e até mesmo espécies de animais, plantas ou fungos que são objetos de estudos e pesquisas as quais por uma série de razões, devem ser feitas no interior das cavernas.

Uma outra forma de utilização das cavernas é para, pura e simplesmente, fins turísticos. Enquadra-se nesta categoria todas as cavidades onde a visita ocorre apenas para se deslumbrar com o mundo subterrâneo.

O Brasil, assim como toda a América Latina, conforme destaca Labegalini (2003), é um país bastante privilegiado em atrativos naturais diversos. Tratam-se de cachoeiras, cavernas, vales, mirantes naturais e paisagens de extrema beleza.

Como exemplo, podemos citar Cataratas do Iguaçu (PR), Vila Velha e Furnas (PR), Pão de Açúcar (RJ), Pantanal (MS / MT), Floresta Amazônica (AM / PA entre outros estados), Chapada Diamantina (BA / MG), Sete Cidades (PI), Cânion do Itambezinho (RS), Vale do Ribeira (SP / PR), sem contar as inúmeras e belas praias espalhadas pelo nosso vasto litoral. Trata-se de verdadeiros patrimônios da humanidade, que deveriam ser protegidos e preservados.

Estes e outros locais não citados atraem milhões de pessoas todos os anos.

Apesar da existência de alguns pontos turísticos, locais que poderiam ser aproveitados para tais fins, permanecem praticamente desconhecidos do público em

geral e até mesmo dos especialistas. Talvez, por estarem as cavernas escondidas naturalmente, pouco são exploradas turisticamente.

No Brasil, são conhecidas e cadastradas cerca de três mil cavernas em todos os estados, considerando Labegalini (2003) que este número representa somente 5% do patrimônio espeleológico nacional. Dessas cavernas, segundo Lino (2003), aproximadamente cinquenta e duas são utilizadas para fins turísticos (Tabela 03). Entretanto, Labegalini (2003) considera apenas quinze cavernas adequadamente preparadas para o espeleoturismo de massa (Tabela 04).

Tanto Lino (2003) quanto Labegalini (2003) consideram que apenas uma pequena fração das cavernas que poderiam ser exploradas turisticamente é utilizada. Contudo, na maioria dos casos, a exploração iniciou sem qualquer preocupação com a preservação do meio ambiente subterrâneo e dessa forma continua até os dias atuais.

Somente em 2003, apesar de todos os esforços, o Centro Nacional de Estudo, Proteção e de Cavernas (CECAV) órgão pertencente ao Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) começou a tomar medidas legais para a elaboração dos planos de manejo das cavernas com maior visitação ou para áreas com concentração elevada de cavidades. Todavia, devido a uma série de situações, algumas áreas estão sendo priorizadas: Chapada Diamantina (BA), Bonito (MS) e cavernas nas proximidades de Belo Horizonte (MG).

No Paraná, foram elaborados planos de manejo para as cavernas do Complexo Gruta das Fadas e Jesuítas e para o Parque Estadual de Vila Velha.

Tabela 03. - Cavernas Brasileiras Utilizadas para o Turismo. Fonte: Lino (2003)

Nº.	NOME	LOCAL	INFRA ESTRUTURA	ILUMINAÇÃO ELÉTRICA	USO RELIGIOSO
01	Gruta Refúgio do Maroaga	Pres. Figueiredo/AM	X		
02	Gruta de Ubajara	Ubajara/CE	X	X	
03	Gruta dos Martins	Apodi/RN			
04	Gruta do Convento	Campo Formoso/BA			X
05	Gruta dos Brejões	Irecê/Morro do Chapéu/BA			X
06	Gruta do Lapão	Lençóis/BA			
07	Lapa Doce I	Iraquara/BA			
08	Gruta da Pratinha	Iraquara/BA	X		
09	Gruta Azul	Iraquara/BA	X		
10	Buraco do Cão	Seabra/BA			
11	Poço Encantado	Itaetê/BA			
12	Poço Azul	Andaraí/BA	X		
13	Gruta do Padre	Santana/BA			X
14	Gruta da Mangabeira	Ituaçu/BA	X	X	X
15	Lapa do Bom Jesus	B.Jesus da Lapa/BA	X	X	X
16	Lapa da Angélica	S.Domingos/GO			
17	Lapa da Terra Ronca	S.Domingos/GO	X		X
18	Gruta dos Ecos	Corumbá de Goiás/GO			
19	Buraco das Araras	Formosa/GO			
20	Buraco do Inferno	Padre Bernardo/GO			
21	Gruta do Maquine	Cordisburgo/MG	X	X	
22	Gruta Rei do Mato	Sete Lagoas/MG	X	X	
23	Gruta da Lapinha	Lagoa Santa/MG	X	X	
24	Gruta dos Palhares	Sacramento/MG	X		
25	Gruta do Tamboril	Unai/MG			
26	Gruta Casa de Pedra	S.João Del Rei/MG			
27	Gruta do Limoeiro	Castelo/ES	X		X
28	Gruta do Lago Azul	Bonito/MS	X		
29	Gruta N.S.Aparecida	Bonito/MS			
30	Gruta do Mimoso	Bonito/MS			
31	Buraco das Araras	Jardim/MS			
32	Gruta Itambé	Altinópolis/SP	X		X
33	Caverna do Diabo	Eldorado/SP	X	X	
34	Caverna Santana	Iporanga/SP	X		
35	Caverna Morro Preto	Iporanga/SP			
36	Gruta do Couto	Iporanga/SP			
37	Caverna Água Suja	Iporanga/SP			
38	Caverna Laje Branca	Iporanga/SP			
39	Caverna Alambari de Baixo	Iporanga/SP			
40	Caverna Casa de Pedra	Iporanga/SP			
41	Gruta do Chapéu	Iporanga/SP			
42	Gruta Chapéu Mirim I e II	Iporanga/SP			
43	Gruta das Aranhas	Iporanga/SP			
44	Gruta Laboratório	Iporanga/SP	X		
45	Gruta Betari	Iporanga/SP			
46	Gruta da Lancinha	Rio Branco do Sul/PR			
47	Conjunto Jesuítas/Fadas	Cerro Azul/PR	X		
48	Furnas de Vila Velha I e II	Ponta Grossa/PR	X		X
49	Gruta de Botuverá	Botuverá/SC	X	X	

Tabela 04 – Cavernas Brasileiras Adaptadas para o Turismo de Massa. Fonte: Labegalini (2003) modificado

No.	Nome	Local	Principais características
1	Gruta de Maquine (MG-243)	Cordisburgo (MG)	Infra-estrutura local; completamente adaptada ao turismo; iluminação artificial; 1300 m de visitação.
2	Gruta da Lapinha (MG-219)	Lagoa Santa (MG)	Infra-estrutura local; completamente adaptada ao turismo; iluminação artificial; 700 m de visitação.
3	Gruta Rei do Mato (MG-343)	Sete Lagoas (MG)	Iluminação artificial; 980 m de passarela e escadas; infra-estrutura pesada e poluente visualmente.
4	Gruta de Palheres (MG-299)	Sacramento (MG)	Ambiente natural muito modificado pelas obras de infra-estrutura; 450 m de visitação; iluminação artificial; desenvolvida em rocha arenítica.
5	Gruta de Ubajara (CE-001)	Ubajara (CE)	Acesso feito por teleférico com 400 m de desnível; iluminação artificial; 1200 m de desenvolvimento.
6	Caverna do Diabo (SP-002)	Eldorado (SP)	Localizada no Parque Estadual de Jacupiranga; desenvolvimento superior a 7000 m; sendo 1000 m de visitação; infra-estrutura; passarelas; lagos e cascatas artificiais; iluminação artificial.
7	Furnas de Vila Velha (PR-001)	Ponta Grossa (PR)	Localizada no Parque Estadual de Ponta Grossa; trata-se de abismo com 30 m de diâmetro e 113 m de profundidade; possui elevador panorâmico e infra-estrutura; desenvolvido em rocha arenítica.
8	Lapa da Mangabeira (BA-003)	Ituaçu (BA)	Localizada dentro do perímetro urbano; turismo religioso; 23234 m de desenvolvimento; iluminação artificial;
9	Gruta de Botuverá (SC-001)	Botuverá (SC)	500 m de desenvolvimento, iluminação artificial com luz fria e de baixa produção de calor; infra-estrutura interna restrita a algumas escadas; utilizada para fins religiosos.
10	Gruta do Santuário do Bom Jesus da Lapa (BA-046)	Bom Jesus da Lapa (BA)	Localizada às margens do Rio São Francisco dentro de área urbana; turismo religioso existindo uma igreja católica em seu interior; caverna encontra-se completamente alterada com piso e iluminação artificial.
11	Gruta do Lago Azul (MS-002)	Bonito (MS)	Localizada em uma reserva biológica municipal; em seu interior existe um lago com águas de coloração azulada e completamente transparente; infra-estrutura local inexistente;
12	Gruta de São Miguel (MS-001)	Bonito (MS)	Próxima a Gruta do Lago Azul; exploração feita pela iniciativa privada. Sem infra-estrutura.
13	Caverna de Santana (SP-041)	Iporanga (SP)	Localizada dentro dos limites do PETAR; quase 7000m de desenvolvimento; 800 m de visitação; é a caverna brasileira mais ornamentada; entrada controlada; infra-estrutura interna restrita a algumas passarelas.
14	Abrigos do Parque Nacional da Serra da Capivara (PI)	Parque Nacional da Serra da Capivara (PI)	Inúmeros abrigos desenvolvidos em rocha arenítica; administrado pela Fundação do Homem Americano; pesquisa arqueológica em desenvolvimento; forte comprometimento das comunidades vizinhas com a preservação da área; trilhas interpretativas por toda a região.
15	Abrigos do Parque Nacional de Sete Cidades (PI)	Parque Nacional de Sete Cidades (PI)	Diversos abrigos desenvolvidos em rocha arenítica onde são encontrados diversos sítios arqueológicos

Outro fator de suma importância é que, em muitos casos, as cavernas são fundamentais para a criação de áreas de preservação permanente (LABEGALINI, 2003). Como exemplos, podemos citar: Parque Nacional das Cavernas do Peruaçu (MG), Parque Nacional das Sete Cidades (PI), Parque Nacional de Ubajara (CE), Parque Nacional da Serra da Capivara (PI), Parque Nacional da Chapada Diamantina (BA), Parque Estadual de Terra Ronca (GO), Parque Estadual de Vila Velha (PR), Área de Proteção Ambiental de Lagoa Santa (MG), Parque Estadual de Ibitipoca (MG) e Parque Estadual Turístico Alto Ribeira (SP).

Todos estes locais, foram declarados parques visando, principalmente, preservar seus respectivos sistemas espeleológicos.

Considerando a América Latina, o Brasil se destaca com relação ao turismo de massa em cavernas.

Labegalini (2003) cita ainda que um número elevado de outras cavernas tem recebido visitação turística, mesmo sem infra-estrutura. O turismo na maioria desses locais pode ser caracterizado como predatório e desorganizado. Como exemplos, podemos citar:

- São Paulo: Gruta do Morro Preto (PETAR); Gruta da Água Suja (PETAR), Gruta do Chapéu (PETAR), Gruta das Aranhas (PETAR), Gruta do Ouro Grosso (PETAR), Gruta de Itambé (Altinópolis), Gruta do Fazendão (Itaqueri da Serra), Gruta das Andorinhas (Itararé).
- Bahia: Lapa Doce I, Gruta do Lapão, Poço Encantado, Poço Azul, Gruta da Pratinha, Gruta da Torrinha e outras cavernas da Chapada Diamantina.
- Goiás: Gruta de Terra Ronca e Gruta dos Ecos.
- Distrito Federal: Buraco das Araras e Buraco do Inferno.
- Amazonas: Refúgio da Maruaga.
- Espírito Santo: Gruta do Castelo.
- Rio Grande do Norte: Furna Feia.
- Mato Grosso do Sul: Gruta Nossa Senhora Aparecida, Abismo Anhaumas e Gruta do Mimoso.
- Paraná: Gruta da Lancinha (Rio Branco do Sul), Gruta do Portão de Baixo (Sengés), Lapa do Monge (Lapa), Gruta Arco Verde (São Jerônimo da Serra), Gruta Encantadas (Ilha do Mel), Gruta da Água Virtuosa (Ribeirão Claro).
- Minas Gerais: Gruta do Janelão, Lapa dos Desenhos, Gruta dos Caboclos, Gruta Bonita, Gruta dos Troncos, Gruta dos Cascaudos, Arco do André, Gruta

do Carlúcio e outras cavernas do Vale do Peruaçu; Gruta das Bromélias e outras cavernas do Parque Estadual do Ibitipoca; Gruta do Éden (Pains), Gruta do Tamboril (Unai), Gruta da igreja (Ouro Preto), Gruta do Carimbado (São Tomé das Letras), Lapa Grande (Montes Claros), Gruta da Morena (Cordisburgo), Gruta do Urubu Rei (Lagoa dos Patos) Gruta do Baú, Irmão e Poções (Pedro Leopoldo).

No Brasil, o uso das cavernas para fins turísticos está relacionado com aspectos diversos. Em alguns casos, o empreendimento turístico foi implantado mediante projeto arrojado. Todavia, na maioria das vezes, a implantação do projeto é decorrente de uma demanda turística sem planejamento prévio. São feitas adaptações onde o turismo já acontece, tentando o empreendedor aproveitar-se da situação, por vezes apenas regularizando o já estabelecido.

Os resultados desses empreendimentos são muitas vezes desastrosos, ocorrendo profundas alterações e, por fim, a descaracterização do ambiente subterrâneo.

Muitas grutas onde hoje são desenvolvidas atividades turísticas herdaram um passivo relativo ao turismo sem qualquer tipo de planejamento, onde o que importava era a quantidade de visitantes e a infra-estrutura para atraí-los. O meio subterrâneo e seu entorno bem como a dinâmica sócio-econômica das populações próximas ao empreendimento eram simplesmente ignorados.

Merece destaque os trabalhos realizados pelo CECAV / IBAMA ao longo dos últimos anos, ressaltando, no entanto, que no Brasil ainda não foi implantada uma atividade turística em caverna mediante prévio estudo e planejamento, demonstrando de forma científica e eficaz, por exemplo, uma forma para o cálculo da Capacidade Ambiental Espeleológica. Este fator é de suma importância, posto que é justamente ele que vai definir a melhor estratégia de intervenção no meio subterrâneo.

Marra (2001) afirma ainda que o turismo de massa provoca profundas alterações no meio subterrâneo e no seu ecossistema. Sendo então, necessário um bom planejamento para compatibilizar as atividades turísticas com a preservação e a

conservação do ambiente cavernícola. O referido autor expõe uma lista de trinta e duas cavernas exploradas turisticamente no Brasil. São elas:

- Gruta Regúgio de Morroaga – MT
- Gruta São Domingos – GO
- Grutas da Chapada dos Guimarães - MT
- Gruta dos Ecos – GO
- Gruta dos Palhares – MG
- Grutas de Bonito - MS
- Gruta do Barreiro – SP
- Gruta de Botuverá – SC
- Grutas de Vila Velha - PR
- Grutas da Região Metropolitana de Curitiba - PR
- Gruta dos Jesuítas - PR
- Caverna do Diabo - SP
- Grutas do PETAR - SP
- Grutas da Intervales – SP
- Grutas de Ibitipoca – MG
- Gruta Casa de Pedra – MG
- Gruta do Castelo – ES
- Gruta da Lapinha – MG
- Gruta Rei do Mato – MG
- Gruta de Maquine – MG
- Gruta do Tamboril – MG
- Buraco das Araras – GO
- Gruta do Peroauçu - BA
- Gruta Maravilhosa – BA
- Gruta do Padre – BA
- Gruta do Bom Jesus da Lapa – BA
- Gruta da Mangabeira – BA
- Grutas da Chapada Diamantina – BA
- Gruta dos Brejões – BA
- Gruta do Convento – BA
- Gruta dos Martins – RN
- Gruta Ubajara - CE

É interessante notar que as três listas apresentadas são recentes e, mesmo assim, ocorrem discrepâncias. Enquanto que alguns autores citam mais de cinquenta grutas exploradas turisticamente, outros relacionam apenas cerca de vinte, considerando alguns casos como inexpressivos.

Na realidade, pode-se constatar que o número de cavidades onde são desenvolvidas atividades turísticas é cada vez maior. Certamente quantidade de cavidades turísticas seja superior as cinquenta e duas apresentadas por Lino (2003). Este fato vem reforçar a afirmação da falta de controle sobre este segmento turístico, que, com o seu desenvolvimento, pode causar danos irreversíveis às cavernas.

3.2.3.1. Capacidade de Suporte

- **Capacidade Espeleológica**

Ruschmann (1994) nos lembra que o desenvolvimento econômico do turismo é viável, sendo objeto de diversos planos locais, regionais e até mesmo nacionais. Por outro lado, seus impactos sociais e ambientais são inevitáveis.

O desenvolvimento acelerado e sem planejamento provocado pelo excesso de visitante resulta em degradação ambiental, o que pode, por sua vez, inviabilizar o turismo.

Diferentes pesquisadores, que se dedicam ao estudo desse assunto, propuseram uma série de conceitos e métodos para se calcular a capacidade de um determinado local para receber turistas sem, contudo, causar impactos que possam inviabilizar o turismo.

Dessa necessidade surgiu o conceito genericamente chamado de capacidade de carga ou de suporte.

Este conceito aplicado às áreas naturais surgiu tendo por base a capacidade de suporte animal em campos e matas (GOMES, 1987; CASTRO & STIPP, 2003; FARIAS & LUTGENS, 1995).

Posteriormente, passou também a ser aplicado, após algumas alterações e adaptações, para recursos naturais.

O conceito de capacidade de carga é, segundo Gomes (1987) Castro & Stipp (2003), altamente subjetivo, podendo ser definido como "a quantidade de uso a que pode ser mantida em tempo específico, em área desenvolvida a um certo nível, sem causar prejuízo a degradação dos recursos básicos". Uma outra definição apontada é que a capacidade de carga é definida como a quantidade de indivíduos de uma população que um ambiente natural ou ecossistema pode suportar sem causar degradação do recurso base, ou ainda, a densidade populacional que pode ser sustentada pelos recursos limitados.

Enfatizam os autores citados anteriormente que somente recentemente estes conceitos passaram a ser aplicado aos estudos de recreação ao ar livre, sendo tal fato conseqüência do crescente uso de tais áreas, gerando prejuízos ao ambiente, bem como à qualidade da recreação.

Segundo Cifuentes (1992), aplicado às áreas naturais protegidas, pode-se entender a capacidade de carga como sendo a quantidade de pessoas que um determinado lugar pode suportar em um determinado período de tempo, sem que a presença dessas pessoas cause danos ao ambiente ou à satisfação do usuário.

Clark (1991) afirma que existem várias metodologias para o cálculo da capacidade de suporte, inclusive computacionais; todavia, a utilização das mesmas ainda é restrita.

Faria & Lutgnes (1995) afirmam que a capacidade de carga deve ser aplicada em sítios específicos, perdendo o sentido quando aplicado na totalidade de uma unidade de conservação. Segundo eles, faz-se necessária à utilização da integração de informações de naturezas distintas, tais como apreciações subjetivas e dados precisos, afirmando ainda que a capacidade de carga de um local não tem relação com o número de visitantes, mas sim com a forma como eles realizam a visita.

Na mesma linha, Gomes (1987) afirma que qualquer consideração de capacidade de suporte voltada ao turismo deve reconhecer que ela (a capacidade de carga) não é pura e simplesmente uma função de números, mas, que expressa, de uma certa forma, conexões entre as atividades locais e o manejo. Considerando o contexto do turismo em áreas protegidas, devem-se também considerar os números e os tipos de operadores de turismo.

Ruschmann (1994) cita que todos os recursos naturais, bem como aqueles construídos pelo homem, possuem um limite para absorver visitantes e que o atrativo se deteriora quando este limite é ultrapassado. Afirma ainda que o número máximo de visitantes que uma determinada área pode suportar deve ser avaliado antes de qualquer intervenção no meio ambiente, devendo ser consideradas as características da área, solo, topografia, bem como os hábitos das pessoas envolvidas, os hábitos

dos animais e ainda da quantidade e da qualidade dos equipamentos a serem instalados para o atendimento dos turistas.

Ruschmann (1994) saliente também que, quanto maior o número de atrações, maior é a probabilidade de se ultrapassar o limite de suporte da área. Todavia, não existe um limite claramente definido, posto que a capacidade de um determinado atrativo depende de fatores um tanto que subjetivos, tais como diversos elementos culturais e naturais, os quais podem variar no tempo e no espaço. Afirma ainda que a natureza é o único produto turístico que não pode ser ampliado pelo homem.

Para o cálculo do número de turistas, deve-se levar em conta as seguintes variáveis:

- Tempo de visita dos turistas.
- Dispersão ou distribuição dos turistas dentro da área.
- Características do local visitado.
- Época do ano que ocorre a visita.

Para Marra (2001), a capacidade de carga recreativa pode ser definida como sendo o nível de utilização que uma área pode suportar, enquanto fornece uma qualidade sustentável de recreação. Várias críticas podem ser feitas a este conceito, principalmente pelo fato que a recreação no geral e em áreas naturais especificamente, é antes de qualquer coisa, uma experiência do imaginário das pessoas.

Segundo Kuss *et al.* (1990), a capacidade de carga recreativa possui duas características básicas. Uma delas é relacionada como o meio biofísico, ou seja, a qualidade ambiental, e a segunda relacionada com a qualidade e o tipo de experiência recebida.

Quanto à metodologia para o cálculo da capacidade de carga, foram propostos vários métodos, a saber:

- Washburne's Alternative Carrying Capacity Model
- Limits of Acceptable Changes – LAG
- Carrying Capacity Assesement Process – CCAP

- Visitor Impact Management - VIM
- Visitor Experience and Resource Protection

Ruschmann (1994) e Marra (2001) descrevem alguns desses métodos, demonstrando alguma predileção pelo método Visitor Impact Management (VIM), por Limits of Acceptable Change (LAC) e pelo Visitor Experience and Resource Protection (VERP). Embasado nesta última metodologia, Marra (2001) propõem uma metodologia que será discutida adiante.

Calcular a capacidade de suporte de atrativos turísticos e recreativos é tarefa muito difícil uma vez que esta é resultado de um grande número de variáveis e fatores, como por exemplo, tipos de encosta, solos, erosão, clima, cobertura vegetal e fauna, sendo necessário ainda, determinar o tipo e a quantidade das intervenções bem como o tipo de lazer a ser praticado (turismo contemplativo, passeios, turismo educacional, dentre outros). Por fim, cita a autora, deve-se determinar o comportamento dos visitantes, tarefa esta entre as mais difíceis.

Os impactos negativos decorrentes do turismo podem provocar alterações no meio físico, mas também na economia das localidades turísticas e no nível de aceitação social da comunidade receptora. Os limites físicos envolvem a capacidade máxima de pessoas em determinada área, bem como o impacto que essas pessoas causam ao meio natural.

A saturação psicológica é expressa pelo desconforto que os turistas passam a sentir com o aumento do número de visitantes em uma mesma área ao mesmo tempo. Quando isto acontece, os turistas buscam novos destinos.

Por outro lado, a capacidade de carga social de uma comunidade é marcada pelo fato dos componentes dessa comunidade não aceitarem mais os turistas, passando inclusive a hostilizá-los.

O limite econômico é ultrapassado quando, visando aumentar o lucro, é atraído um excesso de turista e os equipamentos e instalações existentes passam a não oferecer condições satisfatórias.

Ruschmann (1994) cita que a metodologia americana para a determinação da capacidade de suporte enfatiza os seguintes fatores:

- Delimitar as áreas para instalação dos equipamentos, construções, vias de acesso, estacionamento e camping, levando-se em consideração as necessidades individuais e coletivas dos turistas.
- Considerar as atividades e necessidades das comunidades receptoras, conferindo-lhes prioridade absoluta.
- Delimitar espaços específicos para os turistas, quantificando o número de pessoas por área, visando assim à determinação de uma densidade adequada e evitando as aglomerações.
- Delimitar os objetivos a serem alcançados com a implantação do turismo.
- As opções para os turistas devem ser ampliadas mediante a diversificação dos atrativos visando dessa forma, uma diminuição da frequência de uso de um mesmo atrativo.
- Estimular a visitação em todas as épocas do ano, inclusive na chamada baixa temporada.

Ainda citando Ruschmann (1994), uma série de formulas (fórmulas 06, 07, 08, 09, 10) são expostas, para se chegar a diversos coeficientes de limites para a capacidade de carga.

- **Índice Espacial de Frequência Turística (STI – Spatial Tourist Intensity)**

$$\frac{\text{Número de turistas (dia, mês ou ano)}}{\text{Área (hectare)}} \quad (06)$$

O número de turistas é calculado utilizando o total de pernoites ou de visitantes em uma determinada área, atrativo ou equipamento turístico.

- **Taxa de Desempenho Turístico (HTR – Hospitality Tourist Rate)**

$$\frac{\text{Número de leitos}}{\text{Número de habitantes}} \times 100 \quad (07)$$

Onde Alta = 10 e Baixa = 1

A fórmula 07 expressa um importante indicador que é a capacidade de hospedagem de um local. Para tal, são necessários dados quantitativos reais sobre o número de leitos em hotéis, pousadas, casas e *camping*.

- **Capacidade Carga de Água (WCC – Water Carrying Capacity)**

$$\text{m}^3 / \text{turistas} / \text{dia} \quad (08)$$

Quando essa taxa ultrapassa $2\text{m}^3/\text{turista}/\text{dia}$, existe a possibilidade de haver problemas não só de falta da água, mas também de erosão. Todavia, não existem estudos específicos para as condições reinantes no Brasil sendo este índice questionável.

- **Capacidade de Carga Ecológica**

A Capacidade de Carga Ecológica trata do limite biológico e físico de qualquer espaço aberto às atividades recreativas, sendo sua determinação altamente variável segundo a formação e pensamento do observador.

Uma pessoa que se encaixa no perfil dos “ecologistas puros” fixará limites mais severos, enquanto que um “ecologista administrativo” fixará limites mais flexíveis.

A determinação dos limites referentes à Capacidade de Carga Ecológica depende de elementos que constituem os diversos ecossistemas e suas respectivas interações. Envolve ainda conhecimentos geológicos, climatológicos, hidrológicos, geomorfológicos, bem como botânicos, zoológicos e ecológicos.

- **Capacidade de Carga Psicológica e Social**

A Capacidade de Carga Psicológica e Social é definida como sendo o impacto humano que, quando ultrapassado, ocasiona deterioração da qualidade da experiência do repouso ao ar livre.

O cálculo dessa taxa é extremamente complicado e subjetivo, sendo necessário considerar que os turistas, ao visitarem diferentes áreas, o fazem com determinadas expectativas e percepções distintas de um mesmo ambiente. Tais fatores estão relacionados com as motivações dos turistas, nível cultural, características sociais, bem com o número de pessoas que participam da visita.

- **Limite de Equipamentos**

Ruschmann (1994) trabalha com o número de equipamentos que podem ser instalados em um atrativo turístico. A ausência ou o excesso de equipamentos, bem como a qualidade dos mesmos pode refletir na presença ou não de um número maior de turistas. Apesar de reconhecer a importância, a autora citada não propõe fórmula para este cálculo.

- **Compatibilidade Entre os Diversos Usos do Espaço**

Este aspecto normalmente é pouco observado quando da utilização de espaços naturais. A diversificação de atividades em áreas naturais pode ser muito ampla, sendo que algumas situações pedem equipamentos simples (trilhas, mirantes, dentre outros), ao passo que outras necessitam de equipamentos mais complexos (elevadores, teleféricos, restaurantes panorâmicos, dentre outras idéias mirabolantes), que podem resultar em danos ambientais. Ruschmann (1994) utiliza a seguinte fórmula para o cálculo da capacidade de carga através da divisão de uma área para a utilização turística, segundo seu padrão de frequência (09).

$$\text{Capacidade de Carga} = \frac{\text{dimensões da área}}{\text{padrão de frequência}} \quad (09)$$

O total de visitas diárias é obtido por (10):

$$\text{Total de visitas diárias} = \text{capacidade local} \times \text{coeficiente de rotação} \quad (10)$$

Onde o coeficiente de rotação é determinado pela seguinte expressão (11):

$$\text{Coeficiente de rotação} = \frac{\text{tempo disponível para visitação}}{\text{duração média das visitas}} \quad (11)$$

Apesar da importância de se obedecer aos limites de cada local, bem como da capacidade de carga específica dos atrativos naturais, estes não devem ser encarados como limites absolutos. Trata-se de um instrumento para se identificar situações críticas que necessitam de intervenções a fim de sanar tais problemas. Cita ainda que a visão atual do turismo não separa a natureza do homem, mas sim, visa à integração entre ambos, promovendo diferentes experiências aos seres humanos e preservando o meio ambiente.

- **Capacidade Ambiental Espeleológica**

Considerando que o termo Capacidade de Carga (ou suporte) é proveniente de métodos que visam à determinação de quantos animais uma determinada área suporta, e também o fato de que uma atividade como o turismo envolve o imaginário das pessoas, sugerimos o uso de Capacidade Ambiental Espeleológica em detrimento à Capacidade de Carga.

Assim, adotamos as definições propostas e utilizadas por Marra (2001) que afirma que a descaracterização e deterioração de cavernas, bem como de seu entorno, é diretamente proporcional ao número de visitantes e inversamente proporcional à educação ambiental desses visitantes. Se o número de turistas ultrapassar o limite da capacidade da caverna, o ambiente se deteriora rapidamente.

Da mesma forma que em outras situações, o procedimento para o cálculo da capacidade ambiental da cavidade depende das condições locais. Todavia, o compromisso maior deve ser com o carste e não apenas como o ambiente da caverna propriamente dita.

Os primeiros passos estão relacionados com a busca da fragilidade do ecossistema espeleológico, caracterização da demanda de visitação e orçamento previsto.

Como o impacto no meio subterrâneo será inevitável, para se determinar a capacidade ambiental da caverna, além do número de visitantes, deve-se priorizar os meios para minimizar os impactos gerados. A definição de capacidade ambiental passa pela necessidade de se determinar o número máximo de visitas aceitáveis em uma unidade de tempo, que, sob condições definidas, não implique em modificações permanentes de um parâmetro.

Alguns trabalhos sobre a determinação da capacidade ambiental de cavernas apontam quatro parâmetros principais que devem nortear os trabalhos. São eles:

- Condições externas (temperatura ambiente, umidade relativa do ar e precipitação);
- Condições da caverna (temperatura da rocha, temperatura do ambiente, umidade relativa do ar, percolação de água (infiltração), fluxo de ar, concentração de CO₂ e pressão).
- Efeitos do turismo (temperatura corporal do visitante, respiração, iluminação e infraestrutura turística).
- Impactos ambientais (aquecimento geral da caverna decorrente do sistema de iluminação, crescimento de vegetação clorofilada, deterioração de espeleotemas, estresse na fauna da caverna).

Dessa forma, fica claro que, antes de qualquer planejamento, deve existir uma fase de caracterização e elaboração de um banco de dados com a maior quantidade possível de dados. Considerando a variação climática anual e a importância que tem o clima tanto externo quanto interno da caverna, tal levantamento deve durar pelo menos um ano.

Outro ponto que destaca é a questão do monitoramento do clima da caverna. A construção de um portão, por exemplo, pode impedir a circulação normal de ar no interior da caverna, alterando por completo seu micro-clima.

Como visto, não existe uma fórmula pronta e definitiva para a determinação da capacidade ambiental de uma caverna. Marra (2001) afirma que, em muitos casos, vale mais o bom senso e a consciência dos profissionais envolvidos em um trabalho desse porte.

3.2.3.2. Condições para a Implantação de Atividades Turísticas em Cavernas

Marra (2001) cita que, para a abertura de uma caverna para o turismo, deve-se levar em conta a estética e a dimensão da entrada, os acessos, a qualidade, a fragilidade e a ocorrência de ornamentos, os espaços internos, os recursos hídricos, o clima interno, dentre uma série de outros fatores.

Assim, é fácil de se entender que não se pode desenvolver o turismo em qualquer caverna. Na verdade, a maioria das cavernas não é adequada à implantação do espeleoturismo (LINO, 1998).

Ideal seria que, antes de qualquer atividade turística em uma caverna, fosse feito todo o levantamento, a caracterização e, por fim, todo o planejamento para que os impactos decorrentes destas atividades fossem mínimos, uma vez que não é possível evitá-los completamente.

Todavia, muitas das cavernas no Brasil onde se desenvolve o espeleoturismo não tiveram qualquer tipo de planejamento, tendo sido feitas adaptações quando a caverna já estava em utilização, nem sempre respeitando a legislação e nem o bom senso.

O turismo em cavernas sem controle ou mal planejado é prejudicial ao meio ambiente e também é perigoso para o turista (MARRA, 2001).

Também temos que considerar que as cavernas são patrimônio da União e todos têm direito de visitá-las desde que sigam as normas e legislações pertinentes. O que equivale dizer que não podemos pensar em manter as cavernas apenas para alguns eleitos, enquanto que outras pessoas não podem desfrutar do mundo subterrâneo.

Conforme ressalta Lino (1998), as atividades turísticas em cavernas podem constituir importante fonte de renda para comunidades. Isto quando este turismo é desenvolvido de maneira adequada.

Assim, não podemos pensar em não permitir o acesso da população nas cavernas. Temos que realizar levantamentos e estudos visando à identificação das cavidades que podem receber visitação.

Marra (2001) sugere alguns passos para a verificação se uma caverna é adequada ou não para implantações do ecoturismo.

O primeiro deles é um crivo preliminar onde se busca caracterizar se a caverna é penetrável naturalmente ou se é possível se tornar penetrável dentro das normas de conforto e segurança para o turismo, com a mínima intervenção do ponto de vista espeleológico.

Ainda nesta fase preliminar, Marra (2001) afirma que deve ser verificado se a caverna candidata ao ecoturismo não está sendo palco de pesquisas científicas. Posteriormente, devem ser verificados itens relativos à segurança, tais como, se a caverna não é foco de doenças, ou se está sujeita a desabamentos, enchentes ou qualquer outro fator que possa por em risco a integridade ou a vida dos visitantes.

Deve-se igualmente verificar se a cavidade está localizada em área de preservação total e se não está inserida em alguma área onde as atividades turísticas são proibidas.

Marra (2001) propõe que, após o crivo inicial, a caverna passe por um crivo qualitativo. Assim, devem ser avaliadas a estética, a beleza e a dimensão da entrada da caverna sob o argumento que este será o cartão de apresentação da mesma.

Posteriormente, deve ser avaliada a estética dos ornamentos da caverna. Este item torna-se importante se considerarmos que o turismo em caverna está fundamentado, principalmente, na contemplação do ambiente subterrâneo. Aqui surge espaço para conceitos subjetivos como o bizarro, o inesperado e o belo (MARRA, 2001).

Outro fator importante é a estética e dimensões dos espaços internos. São valorizados cavernas com amplos salões, mas também com passagens estreitas, teto rebaixado, fendas e abismos.

Os recursos hídricos também são importantes para a seleção de cavidades para o ecoturismo. A existência de lagos, cachoeiras e rios contribuem para a valorização dos espaços cavernícolas (MARRA, 2001).

Por fim, mas não menos importante, deve ser levada em consideração a Capacidade Ambiental. Esta capacidade é função das dimensões e morfologia na área de visitação (MARRA, 2001).

Huppert *et al.* (1993) afirmam que, antes de qualquer tentativa de planejamento, deve ser realizado o máximo de estudo possível, visando realmente conhecer a caverna. Deve-se buscar as peculiaridades de seu ecossistema, bem como determinar a Capacidade Ambiental da cavidade.

Marra (2001) afirma que a prioridade dos parâmetros que determinam se a caverna pode ou não receber turistas não são rígidos, variando de cavidade para cavidade, segundo as condições levantadas localmente.

Labegalini (1996) afirma que preservar uma caverna é resguardar sua integridade estética e ecológica. Assim, mesmo que uma caverna tenha uma certa Capacidade de Visitação, pode haver nesta caverna espeleotemas delicados o suficiente para que não permitam a aproximação de turistas. Ou podem existir ambientes especiais onde às visitas é extremamente restrita. Estes parâmetros são denominados de Parâmetros Críticos e eles determinam a utilização ou não de determinadas áreas no interior da caverna ou até mesma a não utilização da caverna para o espeleoturismo.

Além dos pontos ressaltados por Marra (2001), Lino (1998) cita outros parâmetros importantes, como por exemplo, o desenvolvimento específico do percurso turístico, o grau de dificuldade do percurso, os acessos externos, a potencialidade indireta e aspectos históricos e culturais.

Castro (1997) afirma que os seguintes itens devem ser levados em conta:

- Aspectos estéticos
- Acessos externos
- Acessos internos
- Capacidade interna
- Potencialidade indireta
- Fatores histórico-culturais
- Fauna
- Problemas relacionados à saúde humana
- Potencial científico
- Riqueza em espécies de espeleotema
- Riqueza em espeleotemas raros e frágeis
- Estado atual de depredação
- Distúrbios diversos
- Desenvolvimento específico do trecho turístico.

Em uma tentativa de quantificar os critérios para a utilização de uma caverna para fins turísticos, Lino (1998) e Marra (2001) propõem a Tabela 05.

Tabela 05 – Critérios para implantação de atividades turísticas em cavernas

Critérios	Peso
Estética e dimensões da entrada	5
Estética das ornamentações	5
Estética dos espaços internos	5
Estética dos recursos hídricos	4
Capacidade interna (de visitação)	3
Desenvolvimento específico do percurso	3
Grau de dificuldade do percurso	4
Acessos externos	4
Potencialidade indireta (proximidade e qualidade de outros recursos turísticos)	2
Fatores históricos culturais	2

3.2.3.3. Impactos Decorrentes do Não Planejamento do Espeleoturismo

Entende-se por impacto causado pelo ecoturismo todas as modificações ou eventos causados nas comunidades receptoras em decorrência das atividades turísticas (RUSCHMANN, 1994).

Para poder prever e mesmo avaliar o impacto é necessário que previamente existe todo um estudo caracterizando o meio natural. Para minimizar os impactos, é fundamental o planejamento voltado ao turismo.

As variáveis que provocam os impactos possuem natureza, intensidade e magnitude diversas; todavia, estes diferentes fatores se interagem e os resultados são, geralmente, irreversíveis causando sérios danos para o meio natural.

Outro fator importante a se considerar é que os impactos não constituem eventos pontuais e não possuem uma causa simples. Eles são consequência de um processo complexo da interação entre os turistas, as comunidades receptoras e o meio ambiente.

Muitas vezes, atividades turísticas similares provocam resultados diferentes dependendo do local de desenvolvimento e das pessoas envolvidas.

Devido ao amplo desenvolvimento do turismo de massa em meados da década de 80, a degradação do meio natural nos locais visitados foi intensa. Como as atividades turísticas ainda estão se desenvolvendo e em um ritmo cada vez mais acelerado, podemos concluir que a degradação do meio ambiente só tende a piorar. Contudo, várias tentativas de reverter este quadro estão sendo tomadas por diversas autoridades dos locais onde as atividades se desenvolvem.

Lembramos que o meio ambiente passou a ser o principal produto do turismo, sendo sua manutenção de forma sadia essencial para a evolução e continuidade da atividade.

A avaliação dos impactos decorrentes do turismo sobre o meio ambiente é extremamente difícil devido (RUSCHMANN, 1994):

- Ao homem modificar a Terra a milhares de anos, tornando-se difícil estabelecer uma base para se medir as modificações;
- À impossibilidade de dissociar o papel do homem do da natureza. Devemos lembrar que, mesmo sem a presença do homem, o meio ambiente se altera.
- Às complexas interações entre os turistas e o meio, que fazem com que o impacto total se torne impossível de ser quantificado ou mesmo caracterizado;
- À descontinuidade espacial e temporal entre a causa e efeito;
- À dificuldade metodológica para a seleção de indicadores e variáveis capazes de indicar as mudanças provocadas pelo turismo e, conseqüentemente, a dificuldade da determinação do que medir.

Os fatos citados acima mostram a complexidade que é analisar o impacto causado pelo turismo. Assim, os impactos estão sendo analisados de forma pontual, considerando projetos específicos ou áreas isoladas.

Não podemos nos esquecer que o turismo é uma atividade dinâmica e que seus impactos e suas conseqüências mudam constantemente, devendo ser então objeto de monitoramento contínuo.

Os impactos negativos mais comuns do turismo sobre o meio natural são:

- Poluição (ar, da água, poluição sonora, resíduos sólidos);
- Destruição da paisagem natural;
- Destruição da fauna e da flora;
- Degradação da paisagem, de sítios históricos e de monumentos históricos;
- Congestionamentos;
- Conflitos;
- Competitividade.

Com relação ao ecoturismo, sua filosofia implica em um turismo responsável com a menor degradação possível. Entretanto, tal fato é muito questionado.

Ruschmann (1994), cita como principal impacto ambiental positivo relativo ao ecoturismo à criação de áreas, programas e entidades governamentais e não governamentais para a proteção do meio ambiente, e como principais impactos ambientais negativos: o acúmulo de resíduos sólidos; o uso de sabonetes, detergentes em águas não contaminadas; a contaminação de fontes e mananciais de água doce e salgada por excrementos humanos; a poluição sonora e ambiental;

a coleta de "souvenirs" pelos turistas; alteração da temperatura e aumento da umidade relativa do ar e do microclima em cavernas e grutas; pichação em rochas, cavernas, árvores e monumentos; a coleta e destruição da vegetação ao longo de trilhas e estradas; erosão devido ao traçado inadequado de trilhas e inexistência de sistema de drenagem; alargamento de trilhas e pisoteio da vegetação; alimentação de animais com produtos com conservantes; aumento de insetos e odores devido aos restos deixados pelos turistas; caça e pesca ilegal; Incêndios; desmatamentos; descaracterização da paisagem devido à construção de equipamentos.

Uma vez que o meio natural passa a ser o produto principal do ecoturismo, é fundamental que o mesmo seja preservado de forma adequada.

O não planejamento ou o planejamento inadequado das atividades turísticas pode resultar em prejuízos irreparáveis ao ambiente, podendo até mesmo inviabilizar a continuidade da exploração turística.

Não existem regras para o planejamento turístico. Todavia, podem ser traçados alguns princípios gerais para o equilíbrio entre o turismo e o meio ambiente (segundo RUSCHMANN, 1994):

- Garantir o equilíbrio entre a proteção e a programação de equipamentos turísticos;
- Não existe um turista "bom" ou "mau", ou um que respeita o meio ambiente e outro que destrói;
- Não fazer generalizações;
- Evitar políticas do tipo "ou tudo ou nada";
- A consideração da qualidade do meio ambiente representa um critério essencial para a definição de um turismo qualitativo que, entretanto, apresenta custos elevados;
- Apesar dos turistas dos países ricos terem sido devidamente sensibilizados sobre a necessidade da preservação ambiental, continua-se a devastar as localidades turísticas das nações mais pobres;
- Considerar a realidade tanto ambiental quanto sócio-econômica do local de implantação do empreendimento turístico.

Especificamente sobre o turismo em cavernas, Huppert *et al.* (1993) citam que em todo o mundo existem, aproximadamente, setecentos e cinquenta (750) cavernas onde são desenvolvidas atividades turísticas. O mesmo autor afirma ainda

que cerca de trinta (30) milhões de pessoas visitem anualmente uma caverna. Com números dessa magnitude, é previsível que problemas ambientais venham a existir.

National Caving Association (1997) afirma que uma caverna turística deve ter como enfoque principal à conservação e não a comercialização. A idéia seria fazer das cavidades locais de contemplação mantendo sua integridade física e biológica. Ainda segundo National Caving Association (1997), deve-se evitar até mesmo as pequenas alterações no meio subterrâneo, sendo o número de visitantes determinado pelas condições da caverna e não em decorrência das obras realizadas.

A National Caving Association (1997) enfatiza ainda a necessidade de programas de educação ambiental, tanto para as comunidades envolvidas quanto para os visitantes, o que ajuda tanto na interpretação quanto na preservação do ambiente.

Marra (2001) e Scaleante (2003) citam uma série de prejuízos impostos à caverna devido ao turismo, dentre eles:

- Desgaste da rocha;
- Introdução de excesso de energia e massa na caverna;
- Alterações no micro-clima e da atmosfera interna;
- Introdução de excesso de CO₂, que combinado com a água, origina o ácido carbônico, que decompõe os carbonatos;
- Resíduos sólidos.

Para Cigna & Forti (1989) o turismo em caverna desencadeia três tipos de poluição: a) poluição térmica; b) poluição química; c) poluição biológica.

Entretanto, talvez os maiores impactos decorrentes da visita estejam relacionados com o aumento da temperatura devido ao aporte de pessoas e materiais estranhos ao meio subterrâneo. Tal situação pode ser ainda mais séria se for considerado o fator tempo e o tamanho da caverna. Faz-se necessário um monitoramento constante do micro-clima da caverna.

Diferentes autores apontam a dificuldade que envolve a questão da temperatura e de todo o micro-clima das cavernas (MARRA, 2001; CIGNA & FORTI, 1989). Os primeiros trabalhos sobre micro-clima de cavernas datam de 1947. Talvez o principal resultado destas pesquisas foi o aperfeiçoamento de métodos e instrumentos para monitoramento do clima nas cavernas, haja vista que, até os dias de hoje, pouco se sabe sobre esse assunto, ficando claro, no entanto, sua importância como fator limitante quando da implantação de atividades espeleoturísticas.

Muitos impactos observados em cavernas poderiam ser evitados caso fosse prestada mais atenção na questão da temperatura e do micro-clima.

Diante do exposto, o monitoramento das cavidades com visitação turística é de suma importância.

Um caso que merece ser citado é o da Caverna *Cueva Agua*, localizada na Espanha. De acordo com Calaforra *et al.* (1986), antes da caverna ser aberta para visitação pública, foi instalado um laboratório de controle visando quase que exclusivamente monitorar o meio ambiente, em especial o micro-clima da caverna.

Em cavernas com visitação intensa, como por exemplo, a Caverna *Reed Flute*, China, que recebeu, em um ano 1.230.769 pessoas, dando a incrível média de 3.418 pessoas por dia, os impactos decorrentes da visitação são evidentes. Na Itália, a Gruta *Frasassi*, recebe até 850 pessoas por dia. Nestas condições, espeleotemas são descaracterizados, inclusive com alteração da coloração, havendo o desgaste intensivo da rocha e o acúmulo de resíduos ao redor de tais cavernas.

Outro fator importante é a umidade relativa do ar. O turismo pode tanto aumentar quanto diminuir a umidade relativa do ar de uma caverna. Em ambos os casos os resultados são desastrosos.

Um outro exemplo a ser citado é o da caverna chinesa *White Dragon*. Nesta caverna foi realizada uma série de obras visando desobstruir passagem, facilitando assim o acesso dos turistas. Tais obras, aliadas ao aumento da temperatura

causado pela iluminação, bem como pela visitação, fez com que o ar circulasse livremente, acarretando sensível diminuição da umidade relativa do ar.

Todavia, as atividades turísticas normalmente causam um incremento na umidade relativa do ar de uma caverna. Este aumento proporciona deteriorização de espeleotemas.

A introdução de materiais originalmente estranhos ao meio subterrâneo pode igualmente trazer conseq ncias adversas. Materiais facilmente degradáveis, tais como madeira, algodão e restos de comida, podem ser um bom meio para o desenvolvimento de col nias de fungos comprometendo a cadeia alimentar da caverna.

Outro impacto negativo para uma caverna   a retirada de *souvenir*. Estas lembranças podem ser pegas tanto pelo turista quanto pelo pessoal que explora a caverna para abastecer o comércio, que, certamente, se desenvolve ao redor da cavidade.

Quando ocorre a visitação descontrolada da caverna, um impacto comumente observado   a pichação das paredes e teto da caverna. Muitas vezes o pseudo-turista não se contenta em pichar e deixa marcas entalhadas na rocha, que são muito mais difíceis de serem removidas.

Outro impacto muito comum   aquele causado pela construção de obras na parte externa da caverna. São construídas casas, hotéis, restaurantes, lanchonetes, portarias, estradas, passarelas, escadas; são instalados grades com portões e roletas; a vegeta o nativa ao redor da caverna   substituída; placas de sinaliza o são instaladas tanto no interior da caverna quanto na sua parte externa.

Marra (2001) cita que, quanto ao impacto negativo, pode haver:

- Polui o térmica (aquecimento da caverna pela introdução no sistema subterrâneo de ilumina o, visitantes, bem como de toda a infra-estrutura);
- Polui o visual interna (constitu  no acúmulo de passarelas, escadas pontes, placas de sinaliza o que destoam da paisagem da caverna);

- Poluição visual externa (constituída pelo conjunto de obras externas, tais como estradas, hotéis, lanchonetes e restaurantes, portaria, portões, comércio, dentre outros, além das placas de sinalização);
- Poluição química (consiste no conjunto de reações químicas que ocorrem no interior da caverna devido aos materiais exóticos ao meio subterrâneo introduzido para a construção de pontes, passarelas, escadas, dentre outros);
- Poluição biológica (trata-se de toda a interferência no processo biológico natural da caverna)
- Poluição sonora (consiste em todos os distúrbios sonoros em excesso introduzidos no ambiente subterrâneo)

A Tabela 06 mostra os principais impactos decorrentes do turismo, bem como as devidas correlações entre causa e efeito.

Tabela 06 – Impactos referentes às poluições térmica e visual em cavernas com suas respectivas causas e conseqüências. Fonte: Marra (2001) – modificado

TIPO DE IMPACTO	CAUSA	CONSEQÜÊNCIA
Poluição térmica	Visitação de turistas	Concentração de CO ₂ , aumento e interferência no balanço e comportamento da umidade relativa do ar e do O ₂ .
		Aquecimento da caverna e desequilíbrio do clima interno da caverna.
		Aquecimento da caverna, desequilíbrio climático e elevação da umidade relativa do ar.
		Alcance da saturação do ambiente pelo aumento excessivo da umidade relativa do ar.
	Instalação de iluminação com lâmpadas incandescentes acesas constantemente	Aquecimento geral da caverna com a descaracterização de espeleotemas e grande interferência no clima da caverna.
Poluição visual	Infra-estrutura turística externa	Placas de sinalização e publicidade. Construção de restaurantes, banheiros, lanchonetes, comércios, portaria, portões, estradas, dentre outros.
	Infra-estrutura turística interna	Instalação de portões, grades, passarelas, pontes, escadas, corrimão, anteparos de proteção, dentre outros. Instalação de placas de sinalização no interior da caverna destoando do ambiente
	Acúmulo de resíduos sólidos na entrada da caverna, bem como em sua parte externa e nas trilhas de acesso.	Altera a estética da caverna, além de proporcionar o desenvolvimento de microorganismos que podem alterar a cadeia alimentar e causar doenças aos visitantes.
	Reatores, cabos e refletores expostos.	Sensação de desordem
Bloqueio físico para entrada de pessoas na caverna	Instalação de portões, catracas e grades.	Prejuízo à estética, aparência desagradável e muitas vezes material impróprio na construção.
Poluição química	Visitação turística	Concentração de CO ₂ e alterações na umidade relativa do ar, interferências no balanço e no comportamento do microclima e na atmosfera interna da caverna.
	Número de visitantes muito elevado ao mesmo tempo e em um curto intervalo de tempo	Alcance da saturação de CO ₂ proveniente da respiração e da queima de diferentes substâncias
Poluição biológica	Iluminação de salões e galerias, grande quantidade de barulho e visitantes.	Surgimento de musgos e vegetação clorofilada. Mudança de hábitos de animais
	Instalação de portões grades, roletas, catracas sem abertura para o trânsito da fauna.	Expulsão, estresse e morte de diversos animais da fauna torgloxena.
	Infra-estrutura turística externa	Efluentes provenientes de fossas dos banheiros, água servida proveniente dos restaurantes e lanchonetes.
	Visitação turística	Pisoteio das formações situadas no chão da caverna ou das margens das trilhas ou em locais com pouca fiscalização; quebra de espeleotemas e pichações.
Poluição sonora	Conversas excessivas (falar muito e alto) por parte dos visitantes	Distúrbio no ambiente e estresse na fauna
	Soltar rojões e disparos de tiros para demonstração de fenômenos sonoros	Desestabilização do ambiente
	Utilização de explosivos para abertura de túneis, desobstrução de passagens e abertura de novos caminhos para os visitantes.	Eliminação de fauna, desestabilização de blocos no teto e nas paredes, podendo ocorrer o abatimento dos mesmos.

4. PROPOSTA DE SEQÜÊNCIA METODOLÓGICA DE ESTUDOS GEOLÓGICOS E GEOESPELEOLÓGICOS APLICADOS AO DESENVOLVIMENTO DO ESPELEOTURISMO

A proposta metodológica aqui apresentada pode ser subdividida em duas partes distintas: uma primeira visa a realização de estudos que abrangem a totalidade da área pesquisada. Nesta etapa a intenção é a elaboração de um banco de dados o mais amplo possível sobre a região.

Na segunda parte são utilizados métodos que fornecem informações mais detalhadas, métodos estes aplicados diretamente em uma determinada caverna buscando identificar situações de riscos quando da utilização da mesma para o desenvolvimento das atividades turísticas.

Posteriormente, considerando as análises realizadas nas duas etapas, elaborase a avaliação da possibilidade de utilização de uma determinada caverna bem como, são propostos critérios para esta utilização. Ressaltamos que os critérios aqui considerados são todos referentes aos aspectos do meio físico, não sendo consideradas variáveis do meio biótico ou sócio-econômico.

4.1. SEQÜÊNCIA METODOLÓGICA PARA A ELABORAÇÃO DE BANCO DE DADOS SOBRE A ÁREA DE ESTUDO.

De acordo com esta proposta, deve ser elaborado inicialmente um banco de informações sobre a região em estudo. Estas informações devem ser dispostas em mapas diversos, a saber:

- Mapa Planialtimétrico;
- Mapa de Rede Hidrográfica (Drenagens);
- Mapa da Rede Viária;
- Mapa Base;
- Mapa de Clinográfico e Mapa Hipsométrico;
- Mapa Geológico e Mapa Geológico Estrutural;
- Mapa Pedológico;
- Mapa de Uso e Ocupação do Solo;
- Mapa das Áreas de Uso Especial (parques e reservas indígenas);
- Mapa das Áreas de Preservação Permanente (30 metros a partir de curso d'água, 50 metros ao redor de uma nascente, 250 m ao redor das cavernas, Parques e Áreas Indígenas);
- Mapa de Localização das Cavernas e Outros Atrativos naturais (inventário dos atrativos naturais).

Da interação das cartas geradas anteriormente, utilizando a técnica conhecida por Superposição de Cartas proposta inicialmente por Tricart (1966) e McHarg (1969), elabora-se um mapa mostrando as áreas mais susceptíveis a impactos ambientais. É sugerido que os mapas citados anteriormente sejam elaborados no meio digital, facilitando assim a sobreposição, a interação e o cruzamento entre diferentes tipos de informação.

Neste trabalho as diferentes cartas são apresentadas no transcorrer do texto, conforme é feita à caracterização e descrição da área de estudo (Capítulo 5).

- **Elaboração do Mapa Planialtimétrico**

Deve ser elaborado um mapa planialtimétrico. Nesta tese o mapa planialtimétrica foi gerado a partir da digitalização parcial das cartas de escala 1:50000 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a saber: Santa Cecília do Pavão (Folha SF-22-Z-C-IV-1/ MI-2785-1, IBGE, 1992), Congonhinhas

(Folha SF-22-Z-C-IV-2/ MI-2785-2, IBGE, 1991), Sapopema (Folha 22-Z-C-IV-4/ MI-2785-4, IBGE, 1992) e Terra Nova (Folha, SF 22-Z-C-IV-3 / MI-2785-2, IBGE, 1991).

A partir das folhas citadas, foi montado um mosaico onde a área de interesse estava contida e posteriormente, deu-se à digitalização.

A digitalização foi feita em mesa digitalizadora utilizando o *software* Spring (2004). Foram digitalizadas todas as curvas de níveis constantes no mapa original, sendo a equidistância de 20 metros.

Esta carta, juntamente com os mapas de hidrografia e da malha viária, irá compor o chamado mapa base.

Posteriormente, quando da elaboração do banco de dados propriamente dito mediante a utilização do programa *Arcview* 3.2 (2000), devem ser acrescentadas informações relativas a toponímia local como os nomes de serras, morros, dentre outras, bem como a altitude de diferentes locais.

- **Mapa de Rede Hidrográfica (Drenagens)**

Para a confecção do Mapa da Rede Hidrográfica deve-se tomar como partida a mesma base utilizada para a elaboração do mapa planialtimétrico. No caso deste trabalho foram utilizadas as mesmas folhas do IBGE e o mesmo mosaico utilizado para elaboração do mapa planialtimétrico.

As drenagens inicialmente devem ser digitalizadas da mesma maneira como descrito para o mapa planialtimétrico. Após, deve ser realizada uma análise cuidadosa das curvas de níveis visando a identificação de drenagens que não estejam marcadas na carta original.

Após este procedimento, devem ser identificadas as diferentes bacias hidrográficas envolvidas sendo as mesmas analisadas identificando os diferentes padrões, tropias, angularidades e orientações.

Mediante essa análise, as drenagens existentes na área de estudo devem ser divididas em compartimentos onde as mesmas possuam características similares. Tal fato é indicativo do tipo de rocha existente no local, bem como das estruturas impressas nas rochas.

Quando da elaboração do banco de dados no *software* Arcview 3.2 (2000), devem ser acrescentadas informações tais como: nome do curso d'água, comprimento, vazão, área das bacias, principais afluentes e principais quedas d'água.

- **Mapa da Rede Viária**

Para a elaboração do mapa da rede viária da região em estudo devem ser utilizadas diversas fontes entre elas: as folhas do IBGE além de imagens de satélites. Para a demarcação de trilhas deve-se fazer uso de GPS e, em alguns casos de trena, bússola e clinômetro.

A digitalização da rede viária ocorre utilizando-se dos mesmos procedimentos e materiais descritos anteriormente.

Na elaboração do banco de dados, os nomes das estradas e localidades devem ser acrescentados. Por uma questão do grau de detalhamento deste trabalho, não foram acrescentados os nomes das ruas existentes nos núcleos urbanos.

- **Mapa Base**

O mapa base deve ser elaborado a partir da interação e sobreposição dos mapas planialtimétrico, da rede hidrográfica e da rede viária.

Considera-se este mapa como base, pois nele devem ser lançadas as demais informações, tais como localização dos atrativos naturais, geologia, pedologia, uso e ocupação, hipsométrico, declividade, dentre outros.

Esta carta também deve ser utilizada nos trabalhos de campo para a anotação das informações coletadas.

Uma vantagem da elaboração deste trabalho no meio digital é que, conforme a situação, podemos gerar um mapa específico, eliminando dessa forma, informações não necessárias para o desenvolvimento de uma etapa da pesquisa.

- **Mapa Clinográfico e Mapa Hipsométrico**

Os mapas clinográfico e hipsométrico devem ser feitos no meio digital, mediante a utilização do programa *Spring* (2004) a partir das curvas de nível previamente digitalizadas.

Para o mapa clinográfico devem ser utilizados intervalos constantes de acordo com a escala utilizada e o grau de detalhamento.

No mapa hipsométrico o intervalo entre as diferentes classes altimétricas pode ser de 50 metros, seguindo o mapa planialtimétrico originalmente digitalizado.

O objetivo principal deste mapa é identificar as áreas com declividade superior aos 30%, áreas estas consideradas como sendo de preservação permanente, segundo a legislação ambiental em vigor no país atualmente.

De posse desses dados é possível também elaborar modelos digitais de sobrelevação (modelos 3D). Todo este material é muito útil na caracterização geomorfológica bem como na localização de cavernas e quedas d'água.

- **Mapa Geológico e Geológico Estrutural**

Para a elaboração do mapa geológico pode-se seguir a metodologia proposta por Soares e Fiori (1976). Dessa forma tem-se inicialmente, um mapa fotogeológico preliminar, que posteriormente deve ser confirmado em campo.

Durante os trabalhos de campo devem ser colhidas informações geológicas e estruturais visando conferir e aferir o mapa preliminar. Uma vez realizados os ajustes, é elaborado o mapa geológico definitivo o qual deve ser digitalizado.

Para a confecção do mapa geológico estrutural devem ser coletadas atitudes das diferentes estruturas impressas nas rochas sendo que posteriormente tais atitudes são tratadas e sendo elaborados gráficos circulares de orientação das mesmas.

No banco de dados gerado posteriormente devem ser, em cada unidade litoestratigráfica identificada na área, acrescentadas informações sobre as principais características dos diferentes litotipos encontrados, sobre os minerais, fósseis e estruturas impressas nas rochas.

- **Mapa Pedológico**

Para a elaboração do mapa pedológico da área de estudo pode-se partir de um mapa pedológico regional previamente elaborado.

Neste trabalho, para a elaboração do mapa pedológico, digitalizou-se a região correspondente à área de estudo da carta pedológica de Senagro (1998). Esta carta foi checada confirmada em campo.

Foram consideradas apenas as grandes unidades pedológicas, não sendo realizados maiores detalhamentos.

- **Mapa de Uso e Ocupação**

O Mapa de Uso e Ocupação da área de estudo pode ser elaborado a partir da composição das bandas 3, 4, 5 e 6 das imagens de satélite LandSat (2004).

Neste mapa devem ser identificadas as áreas recobertas por vegetação de grande e médio porte (áreas de mata nativa ou reflorestamento), áreas com pastagens, áreas com lavouras temporárias bem as áreas urbanizadas.

No banco de dados a ser elaborado devem ser acrescentadas informações sobre as áreas mais importantes dentre elas as principais lavouras e fazendas.

- **Mapa das Áreas de Uso Especial**

As áreas consideradas como sendo de uso especial são as reservas indígenas e os parques destinados à preservação ambiental. Seus limites devem ser identificados e plotados no mapa pois se tratam de áreas de uso restrito.

Para a realização deste tipo de mapeamento, os órgãos federais e estaduais responsáveis pelas áreas de uso especial devem ser consultados sendo que, os limites devem ser obtidos nestas fontes.

No caso específico deste trabalho, considerando a existência de áreas indígenas (Área Indígena de São Jerônimo da Serra e Área Indígena de Barão do Antonina) bem como de um parque estadual (Parque Estadual Penhasco Verde), foram realizados levantamentos junto à Fundação Nacional do Índio (FUNAI) e junto ao Instituto Ambiental do Paraná (IAP).

Uma vez obtidas as informações desejadas, os limites das reservas indígenas bem como do Parque Estadual Penhasco Verde foram plotados em mapa.

Quando da elaboração do banco de dados sugere-se acrescentadas informações tais como: denominação, área, principais características físicas e do meio biótico, em especial a vegetação, breves informações sobre o uso e ocupação da área e, no caso das áreas indígenas, população estimada bem como a tribos envolvidas.

- **Mapa das Áreas de Preservação Permanente**

Considerando a legislação ambiental em vigor no Brasil devem ser demarcadas as seguintes áreas de preservação permanente, tais como:

- Áreas localizadas ao redor de cursos d'água, dependendo da largura do mesmo;
- Áreas localizadas até 50 metros ao redor das nascentes;
- Áreas localizadas até 250 metros ao redor da projeção em superfície das cavidades naturais
- Parques e outras unidades de preservação;
- Áreas indígenas;
- Áreas com declividade superior a 30%.

Para a elaboração deste mapa devem ser utilizadas informações já obtidas anteriormente bem como novas informações foram produzidas.

No caso específico deste trabalho, as unidades de preservação (Parque Estadual Penhasco Verde) e as reservas indígenas foram identificadas e mapeadas anteriormente. Com relação às áreas de declividade acima de 30%, estes dados foram obtidos a partir das cartas planialatimétricas e de declividade.

Todavia, para a demarcação das faixas de preservação permanente ao redor das nascentes e cursos d'água foi gerado um novo mapa. Assim, foi criado um *buffer* no *software* utilizado para que tais áreas fossem demarcadas. Posteriormente em campo, o mapa foi checado e, de volta ao laboratório, as correções necessárias foram feitas sendo gerado assim uma carta definitiva com as áreas de preservação permanente.

- **Localização das Cavernas e Outros Atrativos Naturais**

Para a localização das cavernas existentes na área de estudo pode ser utilizada a seguinte metodologia:

- Pesquisa no Cadastro Nacional de Cavernas (CNC) visando a identificação das cavidades previamente conhecidas e estudadas na área de estudo;
- Entrevista com a população local para identificação das cavidades conhecidas e não cadastradas no CNC;
- Identificação de controles das cavernas (controle litológico, controle topográfico, controle altimétrico).
- Trabalhos de campo dirigido nas áreas identificadas como tendo uma maior probabilidade de ocorrência de cavidades visando a localização das mesmas.

Para o inventário dos demais atrativos naturais, segue-se o descrito a seguir:

Mirantes Naturais:

- Identificação mediante a utilização dos mapas gerados anteriormente, de pontos com altitude acima da média geral da área em estudo;
- Identificação de pontos de declividade acentuada (acima de 100%);
- Verificação em campo dos locais selecionados.

Quedas D'água:

- Entrevista com a população,
- De posse das cartas clinográficas bem como da modelagem 3D, identificar os locais prováveis de ocorrência de quedas d'água;
- Estudos em imagens de satélites e em aerofotografias em escala diversas, visando identificar quedas d'água;
- Trabalhos de campo nos locais selecionados em gabinete visando a confirmação das ocorrências das quedas d'água.

Os atrativos inventariados devem ser localizados em campo sendo que suas coordenadas obtidas com GPS. Posteriormente as coordenadas foram lançadas em um mapa específico de localização dos atrativos naturais.

Na elaboração do banco de dados, devem ser acrescentadas informações adicionais sobre cada atrativo, tais como: descrição do local, trilha existentes, estruturas e apóio e equipamentos existentes, dificuldades encontradas no local e tempo de duração das trilhas.

Ressaltamos que durante toda essa etapa da pesquisa, os trabalhos de campo são fundamentais para que as cartas elaboradas reflitam a real situação existente no local. Quanto maior a quantidade dos trabalhos realizados em campo maior será a precisão das diferentes cartas.

De posse dos diferentes mapas, bem como do banco de informações gerado, podemos fazer inúmeras interações entre tais as mesmas visando à obtenção de novos dados.

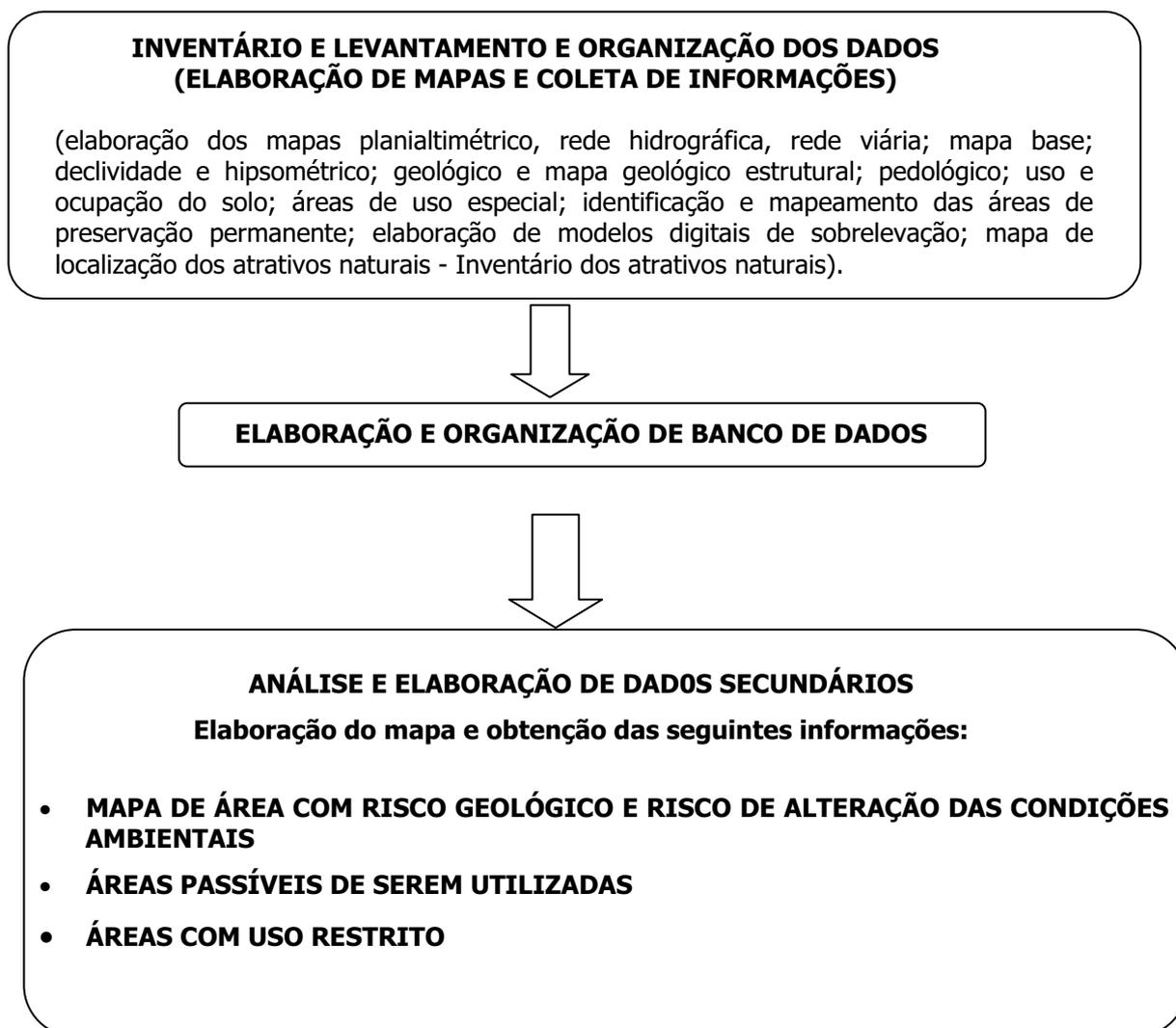
Assim, cruzando as cartas de declividade, de áreas de preservação permanente, de áreas de uso especial, de áreas de afloramento do arenito Botucatu (áreas de recarga do Aquífero Mercosul normalmente com solo arenoso facilmente erodido) pode ser gerado um mapa das áreas de risco geológico e riscos de alteração das condições ambientais. Podemos obter ainda um mapa onde as atividades turísticas devem ser restritas.

Todavia, o mesmo mapa fornece informações sobre os locais sem restrição de uso, onde as atividades turísticas podem ser desenvolvidas sem maiores problemas para o meio ambiente.

Tal interação dos dados, neste trabalho, foi feita tendo como base à proposta de Tricart (1966) e McHarg (1969) para análise de impacto ambiental. Todavia, estas propostas inicialmente foram elaboradas para avaliação do impacto ambiental proveniente de diferentes obras de engenharia.

Entretanto, acreditamos ser uma metodologia atual que pode ser perfeitamente aplicada para o desenvolvimento de empreendimentos turísticos voltados ou não para a espeleologia, pois se trata de um método bastante amplo e que ganhou novo fôlego com o advento do recente desenvolvimento tecnológico.

Assim, para a primeira parte da metodologia aqui proposta e utilizada, esquematicamente temos:



4.2. SEQÜÊNCIA METODOLÓGICA PARA O ESTUDO DE VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO DE ATIVIDADES TURÍSTICAS EM CAVERNAS

Um dos objetivos deste trabalho é propor uma seqüência metodológica de estudos relativos a Geologia e Geologia de Engenharia para serem aplicados no desenvolvimento de atividades e estudos espeleológicos e turísticos.

Conforme se procurou demonstrar anteriormente, quando aplicados ao Turismo, tanto a Espeleologia como a Geologia são instrumentos preciosos.

Ressaltamos que a seqüência metodológica proposta considera o meio físico e, em especial, os aspectos geológicos. Temos ciência que adequações podem ocorrer de acordo com a situação específica identificada nos diferentes locais onde o turismo pode se desenvolver. Todavia, a contribuição da proposta está justamente em fazer um ordenamento abrangente de levantamentos visando uma melhor utilização dos atrativos naturais para a finalidade em questão.

Uma vez localizada a caverna com o método sugerido anteriormente e adotados neste trabalho, passava-se para os seguintes procedimentos:

4.2.1. Localização da Entrada da Caverna

Este procedimento deve ser realizado mediante o uso de GPS (*Global Position System*).

4.2.2. Demarcação da Trilha de Acesso à Caverna

A trilha de acesso à caverna deve ser demarcada com o uso do GPS, ou com trena, clinômetro e bússola.

Posteriormente, o entrono da cavidade deve ser descrito, caracterizado e fotografado, dando ênfase para as características geológicas, geomorfológicas, drenagens, micro-clima, uso e ocupação do solo.

Com relação à geologia, além da descrição dos litotipos existentes nas proximidades da cavidade, também deve ser realizado levantamento das estruturas impressas nas rochas, sendo suas atitudes anotadas para estudos posteriores em laboratório.

Após a localização da cavidade e descrição de seu entorno iniciava-se o seguinte procedimento:

4.2.3 Mapeamento da Cavidade Natural

Para a realização do mapeamento das cavernas devem ser utilizadas bússolas, clinômetros, trenas de fibras de vidro, além de material para iluminação (reatores de carburetos e lanternas).

No mapeamento das cavidades naturais podem ser utilizados diferentes métodos, de acordo com a situação, dentre eles os métodos conhecidos como poligonal fechada, poligonal aberta e ramificada e o chamado método radial. Neste trabalho, segundo o sistema utilizado pela Sociedade Brasileira de Espeleologia, o mapeamento realizado foi classificado como possuindo precisão 4D no sistema BCRA, o que confere um grau razoável de informações e detalhamento.

Todos esses métodos de mapeamentos de cavernas são descritos por vários autores, entre eles Kruger (1969), Lalou & Dudan (1975), Lino & Allievi (1980), Magalhães (1997), Spoladore (2001) e Rubbioli & Moura (2005).

Uma vez realizado a cartografia da caverna, passa-se para a realização de estudos específicos conforme lista a seguir:

- Caracterização espeleológica;
- Estudos referentes ao micro-clima da caverna;
- Levantamentos de evidências arqueológicas no interior da caverna;
- Levantamento da fauna e flora no interior da caverna;
- Estudos referentes às drenagens existentes no interior da caverna;
- Caracterização geológica da caverna;
- Levantamentos referentes à geologia estrutural;
- Elaboração de documentação fotográfica

Para a realização da aqui chamada caracterização espeleológica, deve-se realizar uma descrição minuciosa das principais características da caverna, sendo que tais informações devem ser anotadas no mapa previamente elaborado.

Especial atenção deve ser dada para a descrição dos ornamentos, formas do teto, das paredes e do piso da caverna, depósitos de sedimentos, zonas de iluminação direta e de penumbra e formas de dissolução da rocha que por ventura estivessem presentes no interior da caverna.

Com relação aos estudos relacionados com o micro-clima cavernícola, termômetros e higrômetros devem ser espalhados pela cavidade bem como na porção externa da mesma. As leituras devem ser feitas de hora em hora visando à caracterização da variação da temperatura e umidade do interior da caverna e sua relação com a temperatura e umidade externas. Como as cavernas estudadas se desenvolveram em meio a rochas areníticas, não foram realizados estudos referentes à composição gasosa da atmosfera interna das cavidades. Em cavernas desenvolvidas em rochas carbonáticas tal estudo seria de grande importância.

Posteriormente devem-se identificar evidências arqueológicas tais como: pinturas rupestres petrogrifos, restos de fogueira, material cerâmico, material lítico lascado e polido, ossos e conchas.

Caso alguma evidência arqueológica fosse identificada, faz-se apenas a localização no mapa da caverna previamente elaborado e a documentação

fotográfica. Em hipótese alguma o material arqueológico era removido ou até mesmo tocado sendo que tais estudos são da competência de arqueólogos.

Uma vez cumprida essa etapa, deve realizar a de documentação fotográfica fauna e da flora existente no interior da caverna. Ressaltamos que neste trabalho não foram coletadas quaisquer exemplares, sendo a identificação feita apenas mediante o uso de fotografias.

Posteriormente devem ter início os estudos referentes aos corpos d'água existentes no interior da caverna, visando mapear seu curso permanente e identificar seu curso de cheia e as áreas de inundação. Também se deve ser obtida a vazão, o pH da e a temperatura da água. Os locais de entrada e saída do curso d'água na caverna (respectivamente sumidouro e ressurgência) devem ser observados. Tais pontos são críticos para procurar a verificação da possibilidade de enchentes no interior da caverna.

Quanto aos estudos referentes à geologia e geologia estrutural, inicialmente devem ser identificados as diferentes litologias ali existentes. Para tal são feitas observações de suas composições mineralógicas e granulométricas.

Posteriormente os estudos voltam-se para as estruturas impressas nas rochas. Primeiro observa-se as estruturas de origem sedimentar e em seguida, as estruturas secundárias.

As atitudes dos diferentes planos e superfícies identificadas devem ser tomadas com o auxílio de bússola geológica para posterior elaboração de gráfico adequado.

Por último sugere-se a elaboração da documentação fotográfica de todo o interior da caverna.

Assim, esquematicamente temos:



4.3. CRITÉRIOS PARA A SELEÇÃO DE CAVERNAS PARA FINS TURÍSTICOS

Conforme foi discutido no Capítulo 3 devem ser considerados alguns critérios para a seleção de cavidades tendo em vista a implantação de o desenvolvimento de atividades turísticas. Tais propostas no entanto, se referem a cavernas carbonáticas.

Considerando que na área de estudo as cavidades naturais são todas desenvolvidas em rochas psamíticas, apresentamos agora uma nova proposta de critérios para a seleção de cavidades areníticas para fins turísticos.

Ressaltamos, no entanto, que apesar dos critérios de seleção aqui apresentados estarem organizados em uma determinada ordem, tal ordem não reflete o grau de importância dos mesmos, sendo que neste trabalho todos os critérios são considerados, a princípio, com igual importância.

Pode acontecer porém que, dependendo da situação específica de cada caverna, ai sim, um determinado critério pode ser mais relevante do que os outros.

Os critérios a serem observados quando da escolha de uma cavidade para o turismo são:

- Caverna objeto de pesquisas científicas especiais;
- Localização em área de preservação permanente;
- Riscos à saúde humana;
- Facilidade de acessos externos na caverna;
- Facilidade de acessos internos da caverna;
- Fatores estéticos do interior e exterior da caverna;
- Riqueza, diversidade e fragilidade da ornamentação da caverna;
- Riqueza, diversidade e fragilidade da fauna da caverna;
- Estado de impacto ambiental no interior da caverna e em seu entorno;
- Capacidade interna;
- Fatores histórico-culturais e arqueológicos.

Os critérios apresentados são na sua maioria subjetivos, o que dificulta uma análise mais precisa.

Considera-se ainda que os três primeiros itens são excludentes, sendo que se a cavidade analisada estiver em qualquer uma dessas situações deve ser excluída imediatamente da análise.

4.3.1. Caverna Objeto de Pesquisas Científicas Especiais

Algumas cavidades são utilizadas para fins de pesquisas científicas onde são montados verdadeiros laboratórios subterrâneos para o estudo, por exemplo, de espécies que só vivem no ambiente subterrâneo. Um outro exemplo são os estudos arqueológicos onde a remoção de lugar de um simples fragmento lítico pode resultar na perda de informações preciosas. As atividades turísticas são incompatíveis nestes locais.

Deve ser considerada também a potencialidade da cavidade para o desenvolvimento de pesquisas. Por exemplo, um sítio arqueológico esteja localizado no interior da uma caverna, antes de mais nada deve ocorrer o estudo do sítio. Somente após esta etapa é que as atividades de visitação podem ocorrer.

4.3.2. A caverna Localizada em Área de Preservação Permanente

Algumas áreas de preservação permanente, unidades de conservação ou outras áreas como, por exemplo, as áreas indígenas são objetos de legislação própria sendo o acesso em tais locais, restrito e permitido somente em algumas situações específicas. Cavidades localizadas parcialmente ou totalmente no interior destas áreas não devem ser objetos de qualquer atividade turística.

4.3.3. Riscos à Saúde e a Vida Humana

A caverna não pode conter situações que coloquem em risco a saúde e a vida humana. Como tal entende-se aqui que a caverna não pode conter ou ser focos de doenças transmissíveis ao ser humano e nem pode estar sujeita a desabamentos ou

enchentes nem outra situação qualquer que coloque em risco a vida e a saúde daqueles que visitam o local.

4.3.4. Facilidade de Acessos Externos à Caverna

Um dos primeiros fatores a se considerar para a utilização de uma caverna para o turismo é a facilidade de acesso à cavidade. O local deve ficar próximo a um centro urbano e ser servido de vias de acessos e de trilhas para se chegar até a caverna. O grau de dificuldade do acesso a caverna também deve ser considerado como um fator limitante ao desenvolvimento do turismo.

Considerando que estamos lidando com a atividade turística, este item passa a ter grande importância posto que para o desenvolvimento do turismo, o turista tem que chegar até o local. As estradas devem ter boa conservação, sendo de tráfego constante ao longo de todo o ano e as trilhas devem facilitar a caminhada até o local. Ao mesmo tempo deve ser considerado que a interferência no entorno da caverna deve ser a menor possível.

4.3.5. Facilidade de Acessos Internos da Caverna

O interior da caverna deve ser amplo com salões e corredores que permitam aos visitantes andarem normalmente. O pavimento deve apresentar uma certa regularidade, não apresentando desníveis abruptos e nem muitos blocos abatidos. Todavia, um certo grau de dificuldade também é salutar, pois ajuda a despertar o imaginário dos turistas.

4.3.6. Fatores Estéticos do Interior e Exterior da Caverna

Apesar deste critério ser extremamente subjetivo é de grande importância para as atividades turísticas. Aqui devem ser levados em consideração desde a estética e dimensões da entrada e dos salões da caverna até a estética dos frágeis

espeleotemas bem como dos corpos d'água existentes no interior da cavidade. Deve ser levada em consideração também, a estética da área de entorno da caverna.

4.3.7. Riqueza, Diversidade e Fragilidade da Ornamentação da Caverna

A ornamentação interna da caverna é um dos fatores de maior apelo nesta modalidade turística. Os espeleotemas juntamente com a ausência de luz, despertam a imaginação, ajudando a criação uma "atmosfera" de novidade que envolve o turista. Espeleotemas raros, delicados, com formas incomuns ou extremamente grandes sempre foram motivos de curiosidades por parte dos turistas.

4.3.8. Riqueza, Diversidade e Fragilidade da Fauna da Caverna

A riqueza e fragilidade da fauna existente no interior da caverna também podem influenciar tanto positivamente como negativamente para a seleção de uma certa cavidade para o desenvolvimento do turismo. A fauna pode ser um atrativo para o turismo. Todavia, o turismo gera poluições sonoras, térmicas, químicas entre outros, causando alterações nas condições ambientais subterrâneas podendo colocar algumas espécies em perigo. Assim, um trabalho minucioso sobre a fauna deve ser elaborado antes do início das atividades turísticas.

4.3.9. Estado de Impacto Ambiental no Interior da Caverna e em Seu Entorno

Outro fator a se considerar é o estado de degradação ambiental da caverna e de seu entorno. As cavernas sem visitação espontânea e com seu ambiente interno e externo bem preservados devem ser preservadas. Caso exista previamente uma

visitação espontânea na caverna causando impactos de maneira descontrolada, o turismo deve ser regularizado.

4.3.10. Capacidade interna

Podemos afirmar que a capacidade interna de uma caverna de receber visitantes sem que este fato cause impactos significativos no meio ambiente está relacionada com a dimensão e morfologia da área de visitação. Equivale a dizer, genericamente, que quanto maiores forem os espaços internos da cavidade, maior vai ser a capacidade de caverna em receber turistas. Cavernas pequenas, com salões e corredores apertados não são adequadas para receber muitos visitantes.

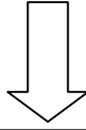
4.3.11. Fatores Histórico-Culturais e Arqueológicos

O fato de uma caverna ser um sítio arqueológico, paleontológico ou mesmo um sítio histórico também pode vir a ser um fato positivo para o desenvolvimento do turismo. Por outro lado, e estes mesmos fatores podem atuar de maneira inversa inviabilizando as atividades turísticas. As atividades religiosas também devem ser consideradas nesta análise.

4.3.12. Ordenação dos Critérios

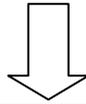
Os critérios abordados devem ser analisados seguindo a ordenação esquemática apresentada a seguir:

Critérios para escolha da caverna para atividades turísticas



Critérios Excludentes

- A caverna não pode ser objeto de pesquisas científicas especiais;
- A caverna não pode estar localizada em área de preservação permanente, unidades de preservação ou outras áreas com legislação específica;
- Riscos à saúde humana



Outros critérios

- Facilidade de acessos externos à caverna;
- Fatores estéticos do interior e exterior da caverna;
- Facilidade de acessos internos da caverna;
- Riqueza, diversidade e fragilidade da ornamentação da caverna;
- Riqueza, diversidade e fragilidade da fauna da caverna;
- Estado de impacto ambiental no interior da caverna e em seu entorno;
- Capacidade interna;
- Fatores histórico-culturais e arqueológicos.

Propõe-se que, uma vez analisadas as cavernas e aplicados os critérios de seleção e de exclusão citados, seja elaborada uma matriz semelhante às matrizes de impacto ambiental, onde nas linhas sejam listados os critérios de seleção e exclusão, enquanto que nas colunas, listam-se as cavernas analisadas.

Para a representação gráfica da cavidade analisada é sugerido que se usem diferentes cores, mais especificamente:

- **Verde** (quando aquele fator analisado não representa impedimento para a utilização da caverna);
- **Amarelo** (quando o fator analisado apresenta a necessidade de maiores estudos e/ou de cuidados para a utilização da cavidade para o turismo);
- **Vermelho** (quando o critério analisado representa um impedimento ao uso turístico da cavidade).

4.4. IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS DE RISCOS NO INTERIOR DAS CAVERNAS

Uma vez que os estudos anteriores foram realizados e a caverna passou pelo crivo dos critérios de seleção de cavidades para o turismo, ou seja, a caverna possui condições para o desenvolvimento de atividades turísticas, o passo seguinte é identificar áreas de risco no interior e entorno da caverna. Tal fato é necessário, pois, mesmo a caverna tendo sido selecionada para o turismo, ainda podem existir áreas de risco em seu interior. Assim, faz-se necessário à identificação de tais áreas para que o trajeto a ser efetuado pelos visitantes seja o mais seguro possível.

Os riscos aqui citados estão relacionados com quedas e blocos e movimentação de massa no interior da caverna e em seu entorno e áreas sujeitas à inundação.

A determinação de tais áreas de risco é feita tomando por base a interação entre as seguintes informações:

- Geologia e geologia estrutural da caverna e de seu entorno;
- Uso e ocupação da área de entorno da caverna;
- Declividade do entorno da caverna;
- Pedologia da área envolvida;
- Características específicas da caverna;
- Área livre da caverna (interior).
- Estudos dos cursos d'água existentes na cavidade e em seu entorno.

4.4.1. Determinação de Área Sujeitas a Enchentes e Inundações

Para verificar se a caverna está ou não sujeita a alagamento temos que saber basicamente a quantidade de água que entra e sai da cavidade.

Por sua vez, a quantidade de água que entra na caverna depende:

- Do clima;
- Da vazão do curso d'água;
- Das dimensões da boca por onde entra o curso d'água na caverna (sumidouro);
- Das dimensões e formas dos salões e passagens no interior da cavidade por onde a água passa;
- Das dimensões e forma da boca de saída da água (ressurgência).

Para se obter essas informações, se faz necessário:

- A caracterização do clima local;
- O mapeamento detalhado da caverna;
- O mapeamento dos corpos hídricos no interior e nas proximidades da caverna;
- A vazão histórica dos corpos d'água envolvidos;
- Levantamentos sobre o grau de fraturamento da rocha;
- Caracterização do corpo d'água envolvido.

O passo inicial mais uma vez é o mapeamento da caverna, com especial detalhamento da região do portal ou dos portais da caverna e dos locais de passagens, tais como corredores e condutos. Algumas vezes, corredores e condutos estreitos podem causar o alagamento de salões isolados, posto que, caso essas passagens forem estreitas, atuarão como um fator de represamento da água.

Quanto maior for a boca de entrada e saída da água, mais facilmente ocorrerá o escoamento da mesma, diminuindo assim a possibilidade de enchentes. Caso o sumidouro possua grandes dimensões e a ressurgência possua dimensões reduzidas, a tendência será o acúmulo de água no interior da cavidade.

Estes fatos por si só não eliminam o uso da caverna para fins turísticos. Todavia, cavernas com espaços internos reduzidos não são adequadas para visitação durante precipita es atmosféricas, o mesmo acontecendo com salões com entradas e passagem estreitas ou corredores e condutos de dimensões reduzidas.

As formas de blocos, teto e paredes no interior da caverna são importantes indicadores de a o da  gua. Blocos, teto e paredes arredondadas indicam a a o hídrica enquanto que rochas com arestas e angulosas são evidências de um baixo grau de trabalho pela  gua.

Observa es da presença de materiais próprios do meio externo, tais como restos vegetais também podem indicar transporte mediante a a o da  gua.

Por fim, o alagamento da caverna vai estar relacionado como a vazão do corpo d' gua. Assim, a série histórica de vazão do curso d'água deve ser conhecida. Caso este dado não esteja disponível, a vazão deverá ser medida tanto a montante como a jusante da caverna bem como no interior da mesma.

4.4.2.  reas Sujeitas   Queda de Blocos

Com rela o   queda de blocos, duas situa es devem ser distinguidas. A primeira   mais evidente e diz respeito a grandes pilhas de blocos abatidos. Tais locais devem ser evitados posto que, esses depósitos são extremamente instáveis. As

trilhas e percursos devem evitar passar em áreas onde o piso da caverna é recoberto por blocos abatidos.

Estas pilhas de blocos abatidos são responsáveis por vários acidentes em cavernas sendo que em 2004 aqui no Brasil foi relatado um acidente ocorrido no vale do Ribeira devido à queda parcial de depósito de blocos abatidos. Felizmente, tal acidente não gerou vítimas fatais. Todavia no Brasil, não existe cadastro dos acidentes ocorridos em cavernas. Nos Estados Unidos da América onde um cadastro sobre acidentes em cavernas é mantido atualizado, em 2003 foram registrados 23 acidentes envolvendo queda de depósitos inconsolidados de blocos abatidos no interior de caverna.

A outra situação que envolve risco são blocos existentes no teto e paredes da caverna e que podem cair sem que se perceba antes do fenômeno de instabilização. Esta situação deve ser identificada e tais locais devem ser evitados.

Durante os estudos realizados em São Jerônimo da Serra, em algumas das cavidades foi possível observar blocos de grandes dimensões abatidos depositados sobre o pavimento da caverna. Na Gruta do Cedro I, um grande bloco abateu sobre restos de uma fogueira de idade incerta, mas pelo contexto observado no local, possivelmente pré-contato. Caso houvesse homens ao redor da fogueira naquele momento, poderia ter ocorrido um acidente grave. Uma outra situação identificada foi a Caverna Arco Verde. O teto de dois grandes salões abateu gerando duas dolinas de abatimento.

Em outros casos foram observados blocos praticamente soltos, podendo abater a qualquer momento, logicamente, considerando o tempo geológico, mediante esforços pequenos. Como exemplo citamos a Gruta do Cedro I, Gruta do Cedro II e a Gruta Água do Capim. Nestes locais blocos de grandes dimensões estão se desprendendo do teto, podendo, mediante a um pequeno esforço de qualquer origem qualquer, entrar em colapso.

Pelo observado em campo, a queda de blocos está relacionada com a área sem sustentação existente no interior da cavidade (vão livre da caverna), com as

estruturas tectônicas (fraturas e falhas) e com as estruturas sedimentares tais como as estratificações cruzadas e plano paralelas. Assim, cavernas com uma área livre muito grande, desenvolvidas em rocha muito fraturada e com estratificações bem desenvolvidas, estão mais sujeitas a quedas de blocos do que cavidades com vão livre reduzido, desenvolvidas em litologias pouco fraturadas e com estratificação pouco desenvolvidas.

Um outro fator a ser considerado é a variação litológica no interior da caverna. A intercalação de litotipos com diferentes competências, diferentes graus de coesão, diferentes granulometria e mineralogia e com diferentes respostas ao intemperismo podem condicionar o desenvolvimento da cavidade e o abatimento de blocos.

Para realizar tal análise, inicialmente, tendo como partida o mapa da caverna previamente elaborado, calcula-se a área e o volume do interior da caverna.

Durante os trabalhos de campo devem ser realizados levantamentos do grau de fraturamento da rocha na qual a caverna se desenvolveu bem como, devem ser tomadas as atitudes de tais juntas. Devem ser identificadas as diferentes famílias de fraturas e dentre estas, aquelas que são abertas. Posteriormente, em laboratório, as orientações dos planos de fraturas obtidos em campo devem ser plotados em gráficos circulares sendo identificadas às direções das famílias de fraturas em especial aquelas que condicionam abatimentos de blocos.

4.4.3. Determinação de Área de Risco no Entorno da Caverna

Os riscos considerados no entorno das cavernas estão relacionados especialmente com a movimentação de massa, ou seja, quedas de blocos e desmoronamentos.

Por sua vez, estes fenômenos na área de estudo, possui íntima relação com o uso e ocupação do solo, declividade e formas de relevo e por último, com o tipo de solo envolvido.

Assim, para determinação das áreas de risco nas áreas adjacentes a caverna, áreas estas onde alguma atividade relacionada com o turismo poderá estar ocorrendo, são necessárias as seguintes informações:

- Caracterização geomorfológica e da declividade;
- Caracterização pedológica;
- Uso e ocupação;
- Caracterização geológica e estrutural

Vale ressaltar que estes fatores normalmente atuam em conjunto, sendo que, quando ocorre um movimento de massa normalmente deu-se devido a uma interação de fatores cuja somatória desencadeou o processo.

4.4.3.1. Caracterização geomorfológica local

A caracterização geomorfológica e em especial uma análise cuidadosa da declividade e das formas de relevo da área envolvida pode fornecer informações preciosas sobre os locais mais propícios à atuação de fenômenos erosivos bem como os locais onde pode ocorrer a formação de depósitos sedimentares.

Em locais com declividades elevadas os movimentos de massa tais como os escorregamentos, desmoronamentos e quedas de blocos, podem ocorrer mais facilmente.

As formas de relevo são importantes indicadores de locais sujeitos à erosão e à deposição de sedimentos e locais com problemas de instabilidade de encostas.

Basicamente podemos ter encostas retilíneas, côncavas, convexas bem como encostas compostas por mais de uma das formas citadas anteriormente.

A erodibilidade do solo e a estabilidade da encosta estão relacionadas, entre outros fatores, com a forma da vertente, com o tipo do solo e com o uso e ocupação do solo.

4.4.3.2. Caracterização Pedológica

Sabe-se que alguns solos apresentam certas características que os tornam mais susceptíveis à erosão e a fenômenos de instabilização do que outros solos. Assim, um levantamento detalhado dos principais parâmetros físicos do solo pode ser útil.

4.4.3.3. Uso e Ocupação do Solo

O uso e a ocupação do solo pode influenciar diretamente na ocorrência de movimentos de massa e na atuação dos processos erosivos. Em locais mesmo com declividade elevada, mas com a cobertura vegetal preservada, os movimentos de massa são mais raros ou pelo menos, mais lentos. Por outro lado, onde a vegetação original foi completamente suprimida, podem ocorrer movimentos de massa mais facilmente, especialmente se a declividade for elevada e se o solo for propício à remoção.

Por outro lado, dependendo das características do solo, o uso inadequado do mesmo pode proporcionar o desenvolvimento de processos erosivos ou mesmo a aceleração dos processos já implantados.

4.4.3.4. Caracterização Geológica e Estrutural

As estruturas das rochas também podem influenciar a movimentação de massas, especialmente na questão do abatimento de blocos.

Assim, um detalhamento na Geologia e na caracterização da estruturas das rochas existentes na área de entorno faz-se necessário a fim de se caracterizar os contatos geológicos, os diferentes litotipos envolvidos e suas principais características bem como as fraturas e outras estruturas de qualquer origem impressas nas rochas existentes na área.

Os planos das juntas devem ser medidos e suas características devem ser descritas. Posteriormente em gabinete, tais atitudes devem ser tratadas e plotadas em gráfico próprio a fim de se identificar as diferentes famílias de fraturas.

5. A POTENCIALIDADE TURÍSTICA DE SÃO JERÔNIMO DA SERRA

Para se aplicar a proposta metodológica apresentada no Capítulo 4 foi escolhida uma área no município paranaense de São Jerônimo da Serra.

Esta área foi escolhida em função de apresentar uma série de atrativos naturais, tais como: cavernas, cachoeiras, mirantes naturais, fragmentos de matas nativas, sítios arqueológicos, além de um clima mais ameno, uma vez que no local são encontradas elevações de até 1.200 metros.

Abrange ainda um parque estadual (Parque Estadual Penhasco Verde) não implantado, e duas áreas indígenas (São Jerônimo da Serra e Barão de Antonina)

O Município de São Jerônimo da Serra, que está localizado próximo a Londrina, que por sua vez recebe turistas de vários pontos do Brasil de passagem para a região de Foz do Iguaçu, poderá se beneficiar com o mesmo público para o turismo da cidade vizinha.

Além de Londrina, outros Municípios próximos, como por exemplo, Tamarana, Sapopema, Ventania, Mauá da Serra, também possuem atrativos naturais e, no caso de um planejamento regional, poderão também ser alvos de visitas turísticas.

Um outro aspecto interessante é o fato de que as atividades turísticas em São Jerônimo serem ainda incipientes, o que favorece a implantação de um processo de planejamento com melhores resultados para tal finalidade.

5.1. LOCALIZAÇÃO E ACESSOS

São Jerônimo da Serra está localizada no norte do Paraná distando cerca de 80 km da cidade de Londrina (Figura 04).

A porção central de seu sítio urbano está a 51°47'06" de longitude e 23°22'05" de latitude sul.

Seus limites com outros Municípios são:

- ao norte: Santa Cecília do Pavão;
- à nordeste: Santo Antônio do Paraíso;
- à leste: Congoinhas
- à oeste: Londrina e Tamarana
- ao sul: Sapopena e Ortigueira

A principal via de acesso é a PR-090. Trata-se de via pavimentada em bom estado de conservação, onde o tráfego de veículos automotores é constante ao longo de todo o ano.

No Município de São Jerônimo da Serra as estradas vicinais não possuem pavimentação asfáltica, estando precariamente preservadas. Tal fato acarreta que, em épocas chuvosas, o tráfego em algumas dessas vias torna-se impraticável.

5.2. ASPECTOS HISTÓRICOS DO MUNICÍPIO

Segundo Faissal (1981), a fundação do atual Município de São Jerônimo da Serra remonta ao ano de 1854, com a formação do então chamado Aldeamento de São Tomás de Papanduva.

A direção deste aldeamento foi entregue a Joaquim Francisco Lopes sendo substituído pelo Frei Luiz de Cemitile.

Posteriormente, em 1870, o Frei Cemitile construiu uma pequena capela em homenagem a São Jerônimo (Figura 03).

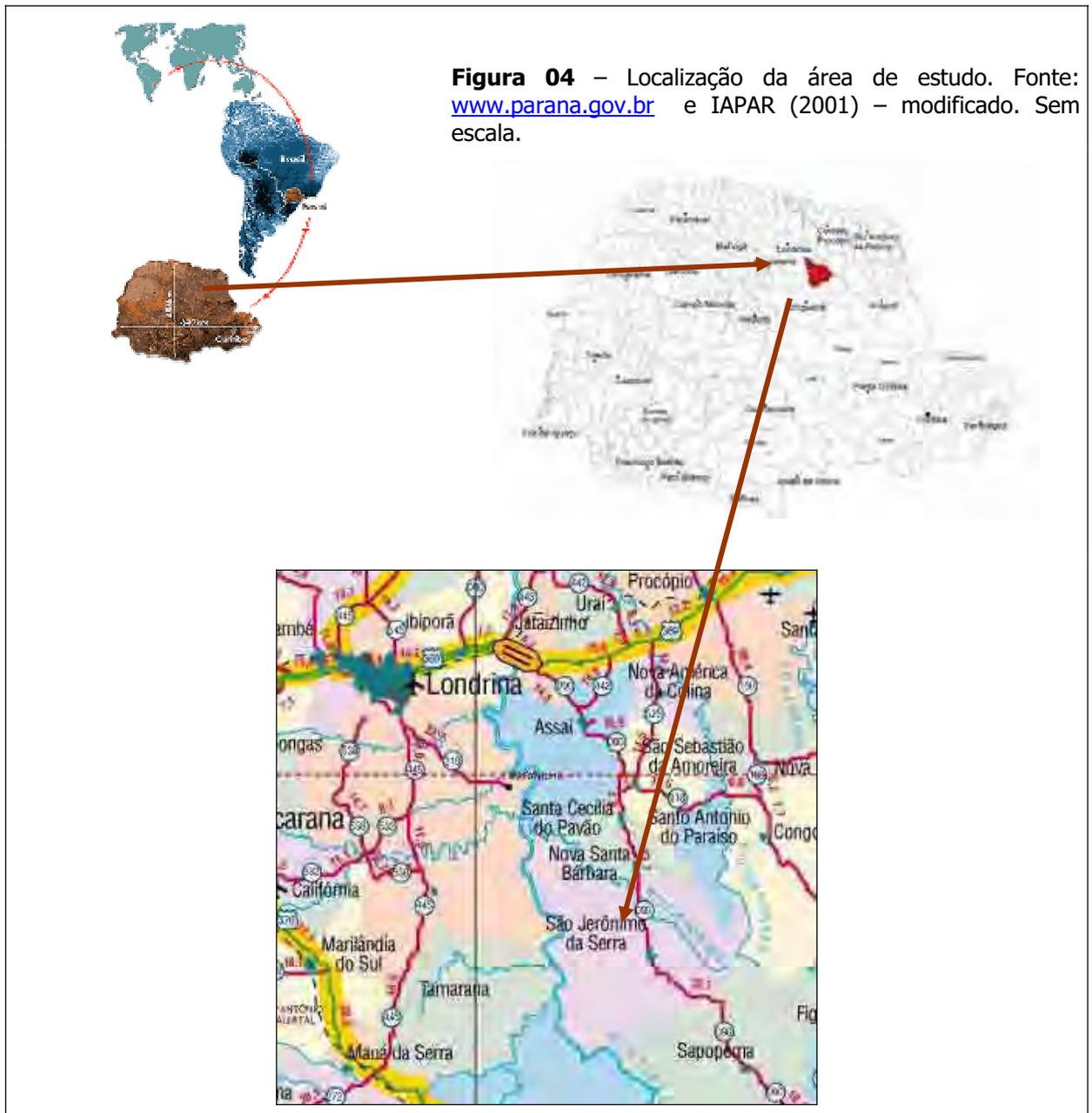


Figura 05 – Representação do Aldeamento de São Jerônimo da Serra em 1863. Fonte Faissal (1981).

Em 23 de fevereiro de 1920, pela Lei Estadual número 1918, foi criado o Município de São Jerônimo da Serra e em abril de 1943, criou-se a comarca sendo instalada por Joaquim de Oliveira Sobrinho na presença do então prefeito Flávio Maria e de toda a comunidade local.

Quando era prefeito o Major José Schellder, a sede da comarca foi transferida para Assai, e pouco tempo depois, São Jerônimo da Serra perdeu a condição de Município, passando a ser distrito de Congoinhas.

A condição de Município somente foi reconquistada em 10 de outubro de 1947, mediante a Lei Estadual nº. 02. Todavia, segundo a mesma lei, São Jerônimo da Serra passava a se chamar Araiporanga.

Somente em 08 de fevereiro de 1949 foi restabelecida a comarca da então Araiporanga e pela Lei 790 de 14 de fevereiro de 1949, o lugarejo passou a se chamar definitivamente de São Jerônimo da Serra.

Faissal (1981) afirma que a denominação de São Jerônimo da Serra está relacionada com a religiosidade e a geografia, sendo uma referência ao santo padroeiro do dia da chegada no local da atual sede municipal (Serra do Caeté).

Mas afinal, quem foi São Jerônimo?

São Jerônimo ou Sofronio Aurélio Jerônimo (Figura 05) nasceu na cidade de Estridão entre os anos de 331 e 340. Aos vinte anos se mudou para Roma onde estudou com Élio Donato tendo sido a sua formação vinculada aos mestres Terêncio e Virgílio bem como aos filósofos gregos. Estudou ainda em Tréveris onde iniciou se dedicou à teologia.

São Jerônimo morreu em 30 de setembro de 420 na cidade de Belém.



Figura 06 – São Jerônimo. Fonte: <http://www.lepanto.org.br/HagJer.html>

5.3. ASPECTOS SÓCIO-ECONÔMICOS

5.3.1 Generalidades

Segundo dados obtidos junto ao IBGE, a população de São Jerônimo da Serra no ano de 2000 totalizava 11.750 habitantes. Desse total, 5.331 pessoas residiam na área urbana e 6.419 na área rural. Ressalta-se que do montante das pessoas residentes na área rural está incluída a população de povoados ou aglomerados rurais, que chega a 260 pessoas.

Analisando os dados verificamos uma pequena diferença no número de habitantes na área urbana e rural, prevalecendo este último, ou seja, 54,6% da população residem na área rural e 45,4% na área urbana, o que contraria o esperado para a região. Tal fato é indicador de que o Município não apresentou um desenvolvimento urbano satisfatório, o qual pudesse provocar o deslocamento das pessoas da zona rural para a urbana.

De acordo com os dados dos censos do Instituto Brasileiro de Geografia de 1991, 1996 e 2000 (IBGE, 2004), constatamos que houve na verdade um declínio no número de habitantes (1991 – 13.275 habitantes; 1996 – 11.049 habitantes; 2000 - 11.750 habitantes). Como a maioria das cidades pequenas, São Jerônimo da Serra está diminuindo o seu número de habitantes, pelo fato de não possuir atividades econômicas que gerem um grande número de empregos.

A cidade não possui sistema de esgoto e apenas recentemente passou a contar com abastecimento de água.

O lixo gerado nas residências é coletado em apenas 1.315 domicílios, os 1.853 restantes apresentam outro destino, o qual não foi especificado no censo do IBGE. Os resíduos eram depositados a céu aberto em um terreno próximo à entrada da cidade. A partir de 2002 foi implantado um aterro sanitário.

No município em estudo existe apenas um hospital com 18 leitos hospitalares, contando ainda com 9 unidades ambulatoriais, 4 postos de saúde e um centro de saúde. Vale ressaltar que a mortalidade infantil em São Jerônimo da Serra é alta.

Com relação à área agrícola, o Município de São Jerônimo da Serra, produz café, uva, abacate e tangerina (lavoura permanente) e algodão, alho, amendoim, arroz, feijão, mandioca, milho, milho, soja, tomate e trigo (lavoura temporária).

Dentro da lavoura permanente, o café é o principal produto com área plantada de 805 ha e produção de 870 toneladas enquanto que soja, o trigo e o milho são os principais produtos da lavoura temporária. No que tange a extração vegetal e silvicultura, pode-se destacar a madeira (lenha) com uma quantidade anual produzida de 11.130m³ e madeira (tora) com produção de 10.120m³.

A pecuária também é importante para o Município, destacando ainda a criação de suínos e ovinos.

São Jerônimo possui 6.622 eleitores; 2.836 alunos matriculados no ensino fundamental, 626 no ensino médio e 174 na pré-escola. Conta ainda o Município com 39 escolas do ensino fundamental, 02 de ensino médio e 09 pré-escolas.

Destacamos que, segundo IPARDES (2003) até 1991 o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) de São Jerônimo da Serra era inferior a 0,3. A partir de 2000, subiu para 0,65. Todavia, quando comparados com os outros Municípios da região, São Jerônimo da Serra fica com o IDH mais baixo. O mesmo trabalho aponta a expectativa de vida em São Jerônimo entra 60 e 70 anos. O índice a alfabetizados é inferior a 80% e a renda *per capita* média é inferior a R\$150,00. IPARDES (2003)

cita que ainda é grande o número de residências em São Jerônimo sem banheiro e sem energia elétrica.

5.3.2. A Área Urbana

São Jerônimo da Serra possui uma área urbana pequena e com o formato alongado segundo a direção norte-sul (Figura 07) sendo a parte mais alta aquela situada na entrada da cidade. O principal curso d'água nas proximidades é o Rio do Tigre que passa nas ao sul da área urbana.

Para melhor caracterizar o núcleo urbano de São Jerônimo da Serra, foi realizado um levantamento visando à identificação não só das condições ambientais bem como, das indústrias, comércios e as áreas residenciais. Foram observadas as condições das moradias e construções, ruas; calcamento, arborização; topografia, coleta, transporte e disposição de resíduos sólidos, saneamento básico dentre outros fatores. A caracterização da área urbana é necessária, pois a mesma também passa a ser objeto de atividades turísticas, e para tal, também deve ser objeto de planejamento.



Figura 07 – Arruamento da área urbana de São Jerônimo da Serra. Fonte: ZEE (2004)

A partir desse levantamento, foi possível dividir a cidade em três zonas distintas: a) a aqui chamada zona norte, localizada ao norte da área urbana envolvendo a porções mais elevadas da área urbana; b) a zona central; c) e as partes baixas localizadas ao sul, oeste e leste da área urbana.

Cada uma dessas subdivisões apresenta características e problemas ambientais distintos merecendo atenções adequadas.

Zona Norte (Áreas Altas)

Esta região está localizada ao norte da área urbana onde predominam as maiores elevações sendo possível avistar praticamente toda a cidade (Fotografia 01).

O relevo é suave, predominando morros com cumes amplos e planos. As vias públicas não possuem pavimentação asfáltica e a arborização é precária.

Nesta região estão localizadas as principais indústrias (Fotografias 02, 03, 04), Tratam-se de 02 cerâmicas, 01 madeireira e a Cooperativa VALCOOP.

A concentração de tais atividades industriais, embora que em pequena escala, gera a emissão de particulados diversos bem como gases, em especial aqueles provenientes das chaminés. Tal fato aliado à ausência de pavimentação das vias pode acarretar uma queda da qualidade do ar.

Quanto aos resíduos sólidos industriais, estes podem ser desprezados posto que são gerados em quantidades reduzidas sendo normalmente reaproveitados na própria atividade industrial. Problema maior pode ser causado pela queima ocasional de restos de madeira.

Nesta região está localizado o cemitério municipal bem como alguns conjuntos habitacionais (Fotografia 04).

Com relação aos conjuntos populares, os mesmos possuem ruas não pavimentadas e arborização de pequeno porte ou ausente. A não pavimentação e a conseqüente exposição do solo proporciona a atuação de processos erosivos

laminares e em sulcos. Localmente tais processos ganham vulto podendo comprometer estruturas de casas e benfeitorias nas vias públicas.



Fotografia 01 – Vista geral da área urbana de São Jerônimo da Serra. Autor: Ângelo Spoladore.



Fotografia 02 – Detalhe da madeireira. Observa o acúmulo de restos das atividades depositados diretamente sobre o solo. Autor: Ângelo Spoladore.



Fotografia 03 – Detalhe de uma das cerâmicas. Notar que as chaminés não apresentam qualquer tipo de filtro e que os resíduos gerados pela atividade industrial são depositados diretamente no solo bem como a matéria prima para a fabricação dos artefatos cerâmicos. Autor: Ângelo Spoladore.



Fotografia 04 – Visão geral da parte alta da cidade. Observar os conjuntos habitacionais, as ruas sem pavimentação asfáltica e a arborização precária. Ao fundo vê-se o cemitério municipal. Autor: Ângelo Spoladore.

A localização do cemitério justamente na porção mais alta da área urbana é, certamente, um fator complicador e que pode comprometer a qualidade da água de algumas regiões da cidade. Se for considerado que as covas são simples, sem impermeabilização e a porosidade e composição do solo local (altamente poroso e arenoso) constatamos que a localização do referido cemitério é imprópria.

Esta região é desprovida de saneamento básico sendo ainda o sistema de galeria pluvial precário ou ausente. Em alguns locais foi constatado o fluxo de água

servida a céu aberto. O depósito de lixo da cidade também está localizado nesta região. A questão do lixo será discutida em momento apropriado.

Região Central

Trata-se da principal porção da cidade. Nesta área estão localizadas as atividades comerciais, bancárias, administrativas, de prestação de serviço bem como as moradias. Pode ser caracterizada como uma área comercial e residencial (Fotografia 05).



Fotografia 05 – Visão geral da porção central de São Jerônimo da Serra Autor: Ângelo Spoladore.



Fotografia 06 – Visão parcial da região oeste da área urbana. A mesma apresenta diversas características rurais, vias não pavimentadas, declividade moderada e precariedade quanto a arborização pública Autor: Ângelo Spoladore.

Está localizada à meia encosta possuindo topografia suave com caimento discreto a moderado em direção à calha do Rio do Tigre (Fotografias 05 e 06). A maioria das ruas possui pavimentação asfáltica. Todavia, o estado de preservação da pavimentação é extremamente heterogêneo podendo localmente, apresentar-se bastante deteriorado.

Com relação à arborização podemos afirmar que, embora a mesma se apresente, comparativamente, em melhor estado que as demais regiões da cidade, a mesma é deficiente em relação às espécies bem como quanto ao número de indivíduos arbóreos.

Está área não apresenta sistema de esgoto e o sistema de galerias pluviais é deficiente.

Todavia, considerando as condições ambientais, podemos afirmar que esta região proporciona uma boa qualidade de vida para os moradores.

Zonas Sul, Leste e Oeste (Partes Baixas)

Nestas regiões foram identificadas as piores condições ambientais. Trata-se de áreas com declividades acentuadas, gerando aclives e declives fortes. As ruas não possuem pavimentação asfáltica. O saneamento básico é inexistente. A arborização pública é precária (Fotografias 06 e 07). Estas regiões encontram-se nos limites das áreas urbanizadas podendo ser consideradas áreas de expansão imediata ou de médio prazo. Por isso, podem ser visualizadas características próprias de áreas rurais.

Foram observados processos erosivos laminares e em sulcos atuando livremente, tendo os mesmos, comprometido vias públicas e construções diversas. Localmente foram constatadas obras relativas ao preenchimento dos sulcos com solo e material lítico, em uma tentativa de conter o processo erosivo.

Nestas regiões estão concentradas populações com rendas baixas. Tal fato é evidenciado pela qualidade das construções ali existentes.

Em diversos pontos verificou-se esgoto doméstico e água servida escoando diretamente nas vias públicas. Em determinados pontos a vazão e volume eram consideráveis.

Constatou-se a presença de afloramentos de rochas areníticas identificadas como pertencentes à Formação Botucatu (Fotografia 08)

Ao sul da área urbana, está localizada a chamada Vila do Grilo. Trata-se de casas construídas em região com declividade acentuada, sem qualquer infraestrutura, onde é comum encontrar esgoto escoando livremente a céu aberto.

Ainda nesta mesma região, estão localizadas três minerações como a mostrada na Fotografia 09, sendo que duas encontram-se praticamente dentro dos limites da cidade, colocando em risco casas e prédios públicos.



Fotografia 07 – Visão geral da zona oeste. Repare na declividade acentuada. Autor: Ângelo Spoladore.



Fotografia 08 – Afloramento rochoso (arenito) pertencente à Formação Botucatu do Grupo São Bento (Bacia Sedimentar do Paraná) na área urbana. Autor: Ângelo Spoladore.

Dessas duas minerações, uma encontra-se em atividade e a outra foi desativada servindo para depósito de resíduos sólidos urbanos. São minerações de areia de barranco sendo o desmonte realizado mediante força hidráulica ou com o auxílio de tratores. Estas minerações encontram-se inadimplentes juntos aos órgãos públicos e não se tem o menor cuidado em relação o meio ambiente.

As atividades mineiras alteraram por completa a topografia local, promovendo a retirada da vegetação original e, posteriormente, o solo e a rocha. Em decorrência da lavagem da areia, as áreas baixas nas proximidades sofrem certo grau de assoreamento.

A terceira mineração está localizada mais afastada do sítio urbana todavia às margens da estrada que une São Jerônimo à Terra Nova. A mineração está colocando em risco a referida estrada.



Fotografia 09 – Mineração de areia de barranco localizada às margens da estrada que liga Terra Nova a São Jerônimo da Serra. Autor: Ângelo Spoladore.

Resíduos Sólidos Urbanos

Até recentemente, todo o sistema de coleta e disposição final de resíduos sólidos era inadequada. A disposição final era feita em um terreno às margens da rodovia e ao trevo de acesso escondido por vegetação (Fotografia 10)

O chorume infiltrava no solo arenoso, pois não havia qualquer forma de impermeabilização drenagem ou retenção do mesmo. Não foram realizados estudos visando a determinação da pluma de contaminação proveniente desse depósito de resíduos sólidos urbanos. Na época, foi constatada ainda uma grande quantidade de insetos e odores característicos.

Segundo a pesquisa realizada na prefeitura sobre o lixo, que o órgão responsável pelo destino dado ao lixo é a Secretaria de Obras e Serviços, organizadora do sistema de coleta.

Quando dos trabalhos, foram identificadas as seguintes situações:

- Lixo hospitalar era levado para uma fossa existente no terreno do próprio hospital;
- Lixo doméstico, de escritório e as podas das árvores têm o mesmo destino no trevo da cidade;
- O entulho proveniente das construções civis é reaproveitado para a pavimentação de estradas vicinais.

A partir de 2002, foi implantado um depósito de resíduos urbanos mais adequado em melhores condições de uso e ambiental (Fotografia 11). Também se deu a implantação de coleta seletiva na área urbana. No local do aterro foi

construído um barracão onde é realizada a triagem, armazenamento, lavagem e prensagem de resíduos sólidos (Fotografias 12 e 13)

No local foram observados os seguintes fatos:

- Depósito dos resíduos em valas com o posterior aterramento;
- Vala especial para os resíduos hospitalares;
- Restos verdes depositados em local apropriado;
- Pneus depositados em local separado, todavia a céu aberto;
- Os materiais provenientes de coleta seletiva bem como os resultantes da triagem parcial dos resíduos urbanos são armazenados em locais separados existentes no interior de barracão;
- Dependendo do material, pode ocorrer a prensagem, lavagem ou trituração para posterior venda e destinação para a reciclagem;
- Os resíduos industriais são depositados no mesmo local que os resíduos domésticos.

O depósito de resíduos urbanos de São Jerônimo da Serra conta ainda com dois funcionários diurno e um vigia para o período noturno.

Todavia, mesmo com uma sensível melhora nas condições ambientais do depósito municipal de resíduos, a coleta não sofreu alteração, sendo realizada com uma pequena carreta puxada por um trator. A coleta seletiva é feita mediante a utilização de um caminhão furgão.



Fotografia 10 – Aspecto geral do antigo depósito de lixo de São Jerônimo da Serra. Autor: Ângelo Spoladore.



Fotografia 11 – Situação do atual depósito de resíduos sólidos urbanos da São Jerônimo da Serra. Autor: Ângelo Spoladore.



Fotografia 12 – Prensa utilizada para elaboração de fardos de papel proveniente da coleta seletiva na área urbana de São Jerônimo da Serra. Autor: Ângelo Spoladore.



Fotografia 13 - Material proveniente da coleta seletiva de resíduos em São Jerônimo da Serra. Autor: Ângelo Spoladore

5.3.3. Os Distritos

O Município de São Jerônimo da Serra possui 05 distritos, a saber:

- Taquara
- Caratua
- Terra Nova
- São João do Pinhal (conhecido por Pinhal)
- Vila Nova do Pote (conhecido por Pote)

Desses, os dois de maior importâncias são Terra Nova e Pinhal. Caratua, Taquara e o Pote constituem apenas um aglomerado de casas, sem atividades ou serviços significantes, estando completamente dependente da cidade de São Jerônimo da Serra.

Terra Nova está localizada estrategicamente no vale do Rio Tibagi, próximo a vários atrativos naturais como, por exemplo, as duas cachoeiras do Córrego do

Tamanduá, da Caverna de Terra Nova e do Vale do Tibagi, podendo ser em caso de implantação de atividades turísticas, um ponto altamente privilegiado.

Terra Nova possui vários comércios dentre eles mercado, posto de gasolina, materiais de construção, lojas de roupas, de móveis e eletrodomésticos (Fotografias 14 e 15).

Assim, Terra Nova possui vida própria, sem depender diretamente de São Jerônimo. Uma das explicações possíveis é que a ligação entre São Jerônimo e Terra Nova é feita por estrada com 32 km, não pavimentada e em estado de conservação precário. Assim, a viagem entre estas duas localidades, é um tanto que difícil. Já a ligação com os outros distritos é melhor sendo a viagem mais rápida e confortável.

Terra Nova dispõe ainda de posto de saúde, correio, posto telefônico, consultório odontológico e duas escolas de ensino fundamental e médio.

A principal atividade econômica da Terra Nova é a pecuária e criação de ovinos.

Com relação São João do Pinhal, o mesmo também possui um comércio razoavelmente forte com posto de gasolina, mercado, loja de roupas, móveis e eletrodomésticos, e restaurante (Fotografias 16 e 17). Atualmente a principal atividade econômica é o cultivo de tomates, Pinhal conta com posto de saúde, cartório, duas escolas, posto de correio e posto telefônico.

Pinhal teve uma importância grande quando a lavoura de café era intensa na região. Foi uma época próspera. Todavia, após as geadas de 1975 e a erradicação quase por completa da cultura de café, Pinhal passou a enfrentar dificuldades semelhantes às identificadas no resto do município.



Fotografia 14 – Comércio em Terra Nova.
Autor: Ângelo Spoladore.



Fotografia 15 – Visão geral de Terra Nova. Autor:
Ângelo Spoladore



Fotografia 16 – Aspecto geral da rua principal
de Pinhal. Autor: Ângelo Spoladore.



Fotografia 17 – Praça central de Pinhal onde á
possível observar caixas usadas para o transporte
de tomates. Autor: Ângelo Spoladore.

5.3.4. Uso e Ocupação do Solo

Conforme podemos verificar na Figura 8 na região estudada é muito nítida a separação entre três áreas com ocupações distintas. Estas ocupações estão relacionadas com o tipo de solo e, em última análise, com a geologia.

Assim, na região norte/nordeste da área de estudo, verifica-se a predominância de culturas temporárias. Na Figura 08 tais culturas são representadas

por colorações arroxeadas. Geologicamente esta área é dominada pelos litotipos da Formação Serra Geral que, quando decompostos, originam solos férteis.

Uma mancha da Formação Serra Geral também ocorre na porção centro sul da área (Figura 08). Desta feita, as culturas concorrem com as pastagens. Apesar do solo ser fértil, ele possui caráter misto, uma vez que, devido às pequenas dimensões da área de ocorrência do basalto, ocorre assim uma mistura deste solo com o solo proveniente da decomposição do arenito. Além do mais, o acesso a esta região é difícil, fato este que dificulta o escoamento das safras, inviabilizando uma agricultura extensiva.

No restante da área predominam as áreas com pastagens e áreas com vegetação remanescente. As áreas com pastagens apresentam-se em tons de rosa enquanto que as matas estão representadas em verde.

As áreas com pastagens aparecem predominantemente nas áreas de ocorrência dos arenitos das Formações Pirambóia / Botucatu.

Os fragmentos remanescentes da vegetação nativa são mais representativos ao longo dos vales dos Rios Tibagi e do Tigre, sendo mais comuns ainda em locais com declividade elevada. Os fragmentos mais representativos encontram-se no interior das áreas indígenas existentes no Município.

Analisando a Figura 08 podemos afirmar que, apesar de ainda serem encontrados fragmentos significativos da vegetação original, a maior parte da área em questão foi amplamente desmatada, não sendo poupados nem mesmo as áreas de proteção ambiental permanente, como por exemplo, os trinta metros contados a partir de cada margem dos cursos d'água. Tal situação fica evidente nas regiões com um maior desenvolvimento da agricultura.

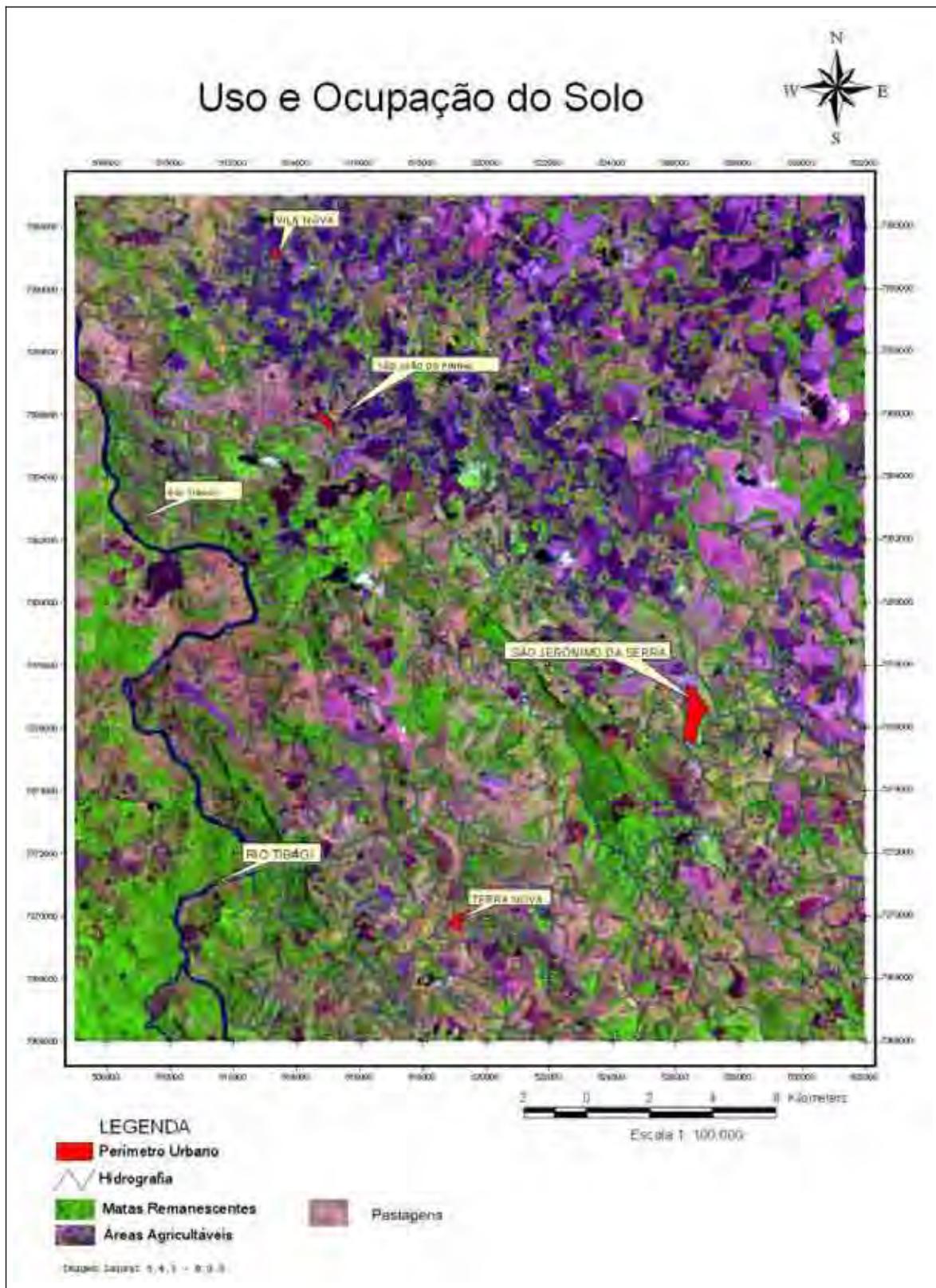


Figura 08 - Uso e ocupação do solo em São Jerônimo da Serra

5.4. O MEIO BIÓTICO

5.4.1. Flora

Dessa forma, segundo Torezan (2002), na região onde a área de estudo encontra-se inserida ocorre uma vegetação de transição entre a floresta ombráfila mista e a floresta estacional semidecidual.

Um dos fatos mais marcantes é o desaparecimento da araucária (*Araucária angustifolia*) próximo a uma altitude de 800 metros, passando a ocorrer a peroba-rosa (*Aspidoperma polyneuron*) e outras espécies características da floresta estacional semidecidual.

Torezan (2002) afirma que, devido ao relevo acidentado, na região de passagem do Segundo para o Terceiro Planalto Paranaense estão localizados dois importantes fragmentos florestais.

Ainda segundo o mesmo autor, na região em questão ainda podem ser encontrados, como ocorrência subordinada, fragmentos remanescentes de savana, ou como é mais conhecido, o cerrado. Ressalta ainda que este tipo de vegetação é de ocorrência restrita no Estado do Paraná, estando seriamente ameaçado.

Em Dias *et al.* (2002) podemos encontrar um levantamento das principais espécies vegetais que ocorrem não só na área de estudo, mas também em toda a bacia do Rio Tibagi.

5.4.2. Fauna

Com relação à fauna, levantamentos detalhados podem ser encontrados em Peracchi *et al.* (2002) – mamíferos não voadores; Reis *et al.* (2002) – morcegos; Anjos (2002) – avifauna; Bernarde & Machado (2002) – fauna reptiliana; Machado & Bernarde (2002) – anurofauna; Lopes (2002) – mosquitos.

Os autores citados acima trabalharam com toda a bacia do Rio Tibagi, inclusive a área alvo desta pesquisa, realizando extenso levantamento das principais espécies encontradas.

Destaque para as 39 espécies de morcegos pertencentes a quatro famílias que foram encontradas na região do médio e baixo Tibagi (REIS *et al.*, 2002).

5.5. O MEIO FÍSICO

5.5.1. Clima

O Paraná está localizado entre zonas intertropicais e equatoriais (Figura 09). Ao Norte, há predomínio do clima tropical úmido com chuvas de verão - tipo Aw, e de sistemas extra-tropicais ao sul (clima tropical de altitude com verão fresco - tipo Cfb. O clima da região de São Jerônimo da Serra pode ser definido, segundo a classificação de Köppen, como sendo do tipo Cfa - clima subtropical úmido ou mesotérmico sem estação seca e verão quente, tendo média de temperatura no verão superior a 22°C, e no inverno com médias inferiores a 18°C.

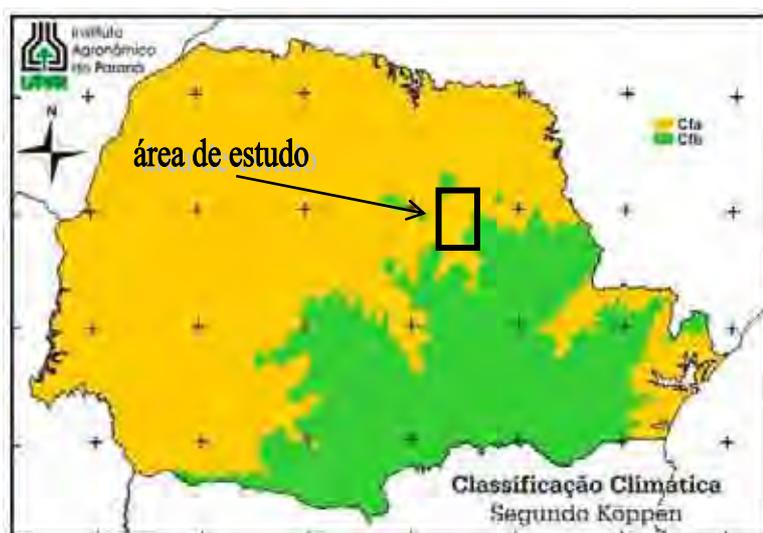


Figura 09 – Classificação climática do Estado do Paraná.

Os fatores responsáveis pelo clima local são:

- Posição geográfica.
- Altitudes que variam entre 600 a 1100 metros de altitude.
- O caráter eminentemente continental da área que intensifica as amplitudes térmicas e higrométricas.
- Os desmatamentos também contribuem para a quebra de energia atmosférica, alterando o balanço hídrico local.

A seguir, apresentamos os principais dados climáticos da região. Ressaltamos que os dados são referentes à Estação Climática do IAPAR (Instituto Agrônômico do Paraná) Ibiporã, a qual se encontra mais próxima à área de estudo.

- **Regime Térmico**

Nos últimos trinta anos observou-se uma temperatura média de 21°C, com médias entre de 18°C e 22°C. A temperatura média das máximas situa-se em torno de 27°C, e a média das mínimas em 15,5°C (Painel 01).

Os meses mais quentes do ano são Dezembro, Janeiro e Fevereiro. Nesta época do ano, as temperaturas absolutas podem atingir 40°C. Já os meses mais frios, junho e julho, coincidem com o solstício de inverno, sendo que a temperatura pode atingir índices negativos. Julho pode ser considerado o mês mais frio do ano, e é, também, o mês de maior incidência de geadas na área.

Facilmente pode ser verificado que o clima vem sofrendo alterações a nível mundial e local. A área estudada não foge à regra.

- **Regime Pluviométrico**

A média pluviométrica observada nos últimos trinta anos na região está entre de 1500 a 1.600 mm (Painel 01). A distribuição das chuvas não é regular, tendo em vista o registro de alguns anos secos e outros bastantes úmidos.

A atuação do fenômeno *El Niño* foi bastante clara nos anos de 1965, de 1972 a 1976, e 1980, elevando os totais pluviométricos nestes anos. Assim como o fenômeno anti-*El Niño* provocou a queda nestes valores, fato que evidencia a participação deste fenômeno na determinação no clima da área.

Os meses de dezembro e janeiro se caracterizam como os meses de maiores índices pluviométricos, com médias acima de 220 mm e picos esporádicos de até 120mm diários. Os menores índices pluviométricos ocorrem no mês de agosto e situam-se em torno de 60mm.

No período compreendido entre os meses de Setembro e Abril, ocasionalmente ocorrem períodos de estiagem, os quais podem chegar até quinze dias e atingir algumas vezes 0 (zero) mm. Devido a incidência direta dos raios solares, com conseqüente aumento da temperatura e queda da umidade relativa do ar, verifica-se um desconforto térmico.

- **Disponibilidade Hídrica**

A área apresenta um bom índice hídrico em todos os meses do ano e tem uma média anual de cerca de 550mm (Painel 01). Os extremos negativos ocorrem no mês de Agosto (período mais seco, com índice igual a zero), e Janeiro (o mais úmido e que apresenta um excedente de 95mm).

- **Temperatura do Ar**

As maiores temperaturas predominam nos meses de Janeiro, Fevereiro e Março, com média máxima de 30°C (média dos últimos 27 anos), e média mínima de 20,4° C, sendo os meses de Janeiro, Fevereiro e Março os mais quentes, e os meses de Junho, Julho e Agosto, os mais frios, conforme indicado no Painel 01.

- **Umidade Relativa do Ar**

A umidade relativa do ar é diretamente proporcional à temperatura. A análise dos dados indica que maiores índices nos meses de Janeiro e Fevereiro, chegando a valores de 75%. Em Julho e Setembro encontramos as menores taxas, com índices oscilando entre 61 e 64%. A média anual está em 69.2%, e estas informações podem ser vistas no Painel 01.

- **Ventos**

A direção preferencial dos ventos na calha do Rio Tibagi durante praticamente oito meses do ano, é Sudeste/Noroeste, com sentido para Sudeste. Nas estações mais frias, entre Maio e Agosto, observa-se mudança na direção, passando a soprar para Leste, com velocidade média de 2,6 m/s, conforme o gráfico do Painel 01.

- **Precipitação**

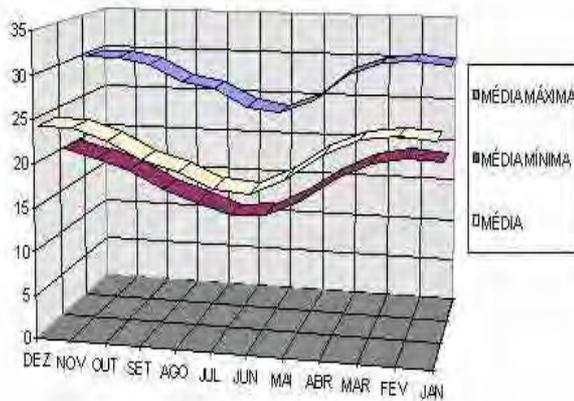
As chuvas são relativamente bem distribuídas ao longo de todo o ano, registrando-se média de 1.566,9 mm/ano (média dos últimos 27 anos). O mês de Dezembro, o mais chuvoso, apresentou média de 217,5 mm. Agosto pode ser considerado como sendo o mês mais seco, com média de 46,9 mm, conforme o gráfico do Painel 01.

- **Evaporação**

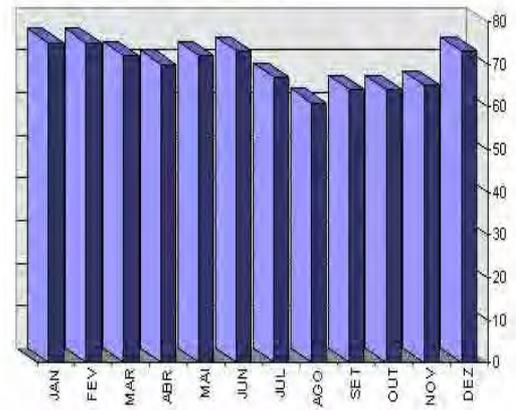
Os meses com maior grau de evaporação não são os meses mais chuvosos, e sim os meses que antecedem o verão. As maiores taxas de evaporação estão entre os meses de Agosto e Outubro, sendo este último o de maior índice (148,3 mm), e o mês de Junho o de menor índice (78,8 mm), conforme gráfico do Painel 01.

- **Insolação**

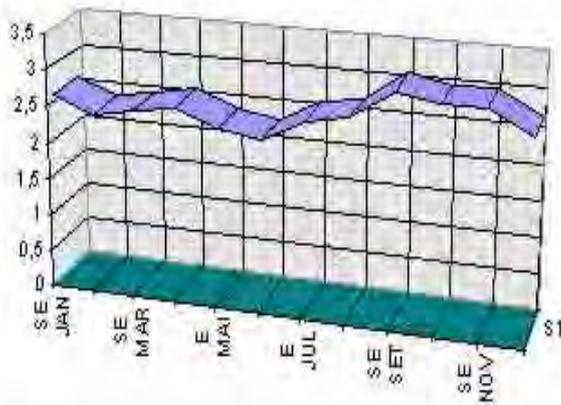
A média anual de insolação é de 2.577,2 horas. O mês de Julho recebe a maior média de horas de sol (232.1 horas), e o mês de Setembro a menor média (190.3 horas), conforme Painel 01



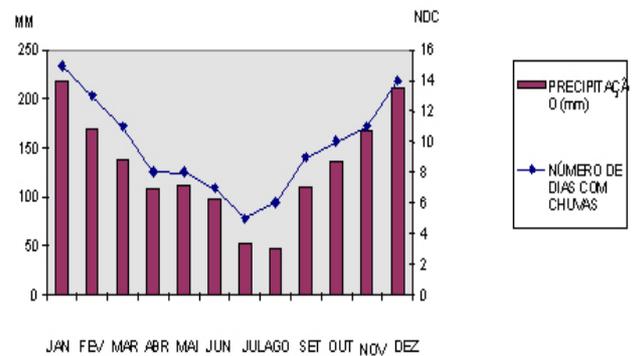
A



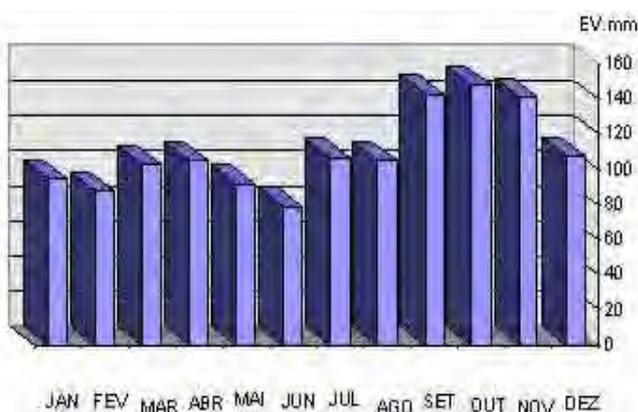
B



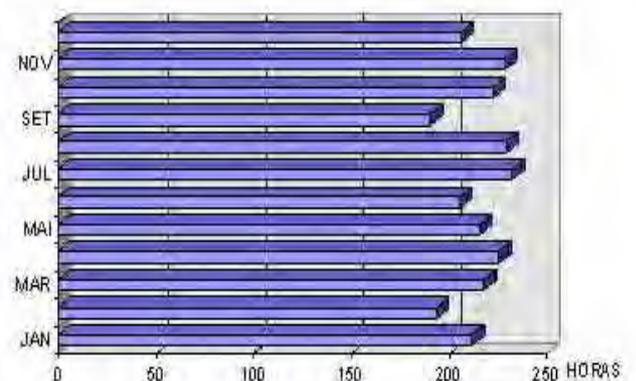
C



D



E



F

Painel 01 – A) Temperatura da região de estudo; **B)** Umidade relativa do ar. Média mensal no período de 1972 a 2000; **C)** Velocidade média (m/s) e direções preferenciais dos ventos na área de estudo; **D)** Precipitação média mensal nos período entre 1972 e 2000.; **E)** Evapotranspiração mensal média no período entre 1972 e 2000; **F)** Insolação média mensal no período entre 1972 e 2000. Fonte: IAPAR (2000)

5.5.2. Geomorfologia

Geomorfologia Regional

Segundo Maack (1981), o Paraná está dividido geomorfologicamente em cinco compartimentos distintos: a Zona Litorânea; a Serra do Mar; o Primeiro Planalto (ou Planalto de Curitiba); o Segundo Planalto (ou Planalto de Ponta Grossa) e o Terceiro Planalto (ou Planalto de Guarapuava) - Figura 10.

A região estudada encontra-se em uma área de transição entre os chamados Terceiro e o Segundo Planalto Paranaense, na área da chamada Serra da Esperança.

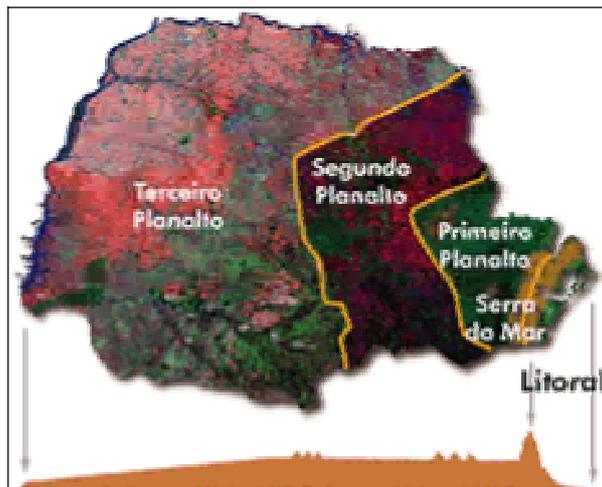


Figura 10 - Regiões naturais do Paraná. Fonte: www.pr.gov.br

O Segundo e o Terceiro Planalto do Paraná apresentam estrutura monocliná, com inclinação discreta e constante em direção à calha atual do Rio Paraná, sendo tais feições características de uma seqüência de superposição de camadas dentro de um contexto de uma bacia sedimentar.

Os relevos gerados nessa situação são sub-tabulares, assimétricos sendo caracterizados por *cuestas* (escarpas), possuindo uma rocha mais resistente à erosão

sobrepondo e protegendo mecanicamente camadas de rochas com uma menor resistência à erosão.

Estes relevos apresentam, portanto, um lado com um perfil côncavo em declive íngreme e outro lado com um planalto suavemente inclinado.

Na região de *cuesta* que limita o Terceiro e o Segundo Planalto do Paraná, possui em seu *front*, a *cornija* constituída pelas rochas vulcânicas da Formação Serra Geral e o tálus formado pelos arenitos friáveis das formações Pirambóia / Botucatu.

Já a depressão ortoclinal ou subsequente, que representa o negativo da *cuesta*, que se desenvolve abaixo do tálus, é formada pelos sedimentos do Grupo Passa Dois, em especial pelas litologias pelíticas e psamíticas da Formação Rio do Rasto.

O reverso da *cuesta* é o topo do planalto, suavemente inclinado em sentido oposto ao *front*, sendo diretamente derivado do mergulho das camadas envolvidas. Também pode ser denominado de reverso estrutural. O reverso da *cuesta* do Terceiro Planalto é formado pelas rochas da Formação Serra Geral.

Maack (1981) propôs uma subdivisão para o Terceiro Planalto Paranaense baseada em limites hidrográficos, procurando ao mesmo tempo, agrupar regiões relativamente homogêneas, levando em conta aspectos tais como, a estrutura, as modificações locais de mergulho, a seqüência de derrames de lavas, a qualidade e consistência litológicas e também a formação orográfica e características da hidrografia.

A região da Serra da Esperança encontra-se fragmentada pelos Rios Tibagi, Laranjinha, Cinzas, Jacarezinho e Itararé, originando blocos menores o que diferencia esta unidade das demais, em que a "serra" se apresenta sob a forma de um *front* contínuo.

Maack (1981) descreve essa região como sendo um bloco relativamente baixo e cortado por platôs isolados e mesetas pelos Rios das Cinzas, Laranjinha e Congonhas. O platô, em sua maior elevação exibe declive de 1150 a 300m para o

Rio Paranapanema desde a Serra da Esperança, ao sul de São Jerônimo, que é conhecida como Serra Fria. Ocorrem ainda algumas mesetas isoladas a leste do Rio Congonhas e entre os Rios Laranjinha e das Cinzas.

Merecem destaque os diques com direção preferencial NW compostos por rochas básicas relacionadas geneticamente como a Formação Serra Geral, que cortam todas as rochas envolvidas. Os diques originam elevações retilíneas e contínuas as quais localmente, podem controlar o relevo.

Maack (1981), salienta ainda que o ingresso do Rio Tibagi no Terceiro Planalto é marcado por um vale antecedente, penetrando por uma garganta estreita e profunda.

Geomorfologia da Área de Estudo

Analisando o mapa da Figura 11, verificamos que o relevo da área de estudo é bastante acidentado sendo marcante o vale do Rio Tigre, o vale do Rio Tibagi, os terrenos mais elevados localizados no extremo sudeste da área, região da nascente o Rio Tigre e as áreas mais planas no norte / nordeste da área, região esta de afloramento da Formação Serra Geral.

Também na mesma figura podemos verificar um maior destaque para os diques de diabásio na região sudoeste da área onde os mesmos condicionam vales e morros alinhados.

O vale do Rio Tigre fica especialmente visível nas Figuras 11 e 12, evidenciado pelas declividades e inclinações pronunciadas.

Analisando o mapa de declividade (Figura 11) verificamos que existem três domínios distintos. O primeiro é aquele caracterizado por declividades baixas, normalmente inferiores aos 30%, relevos homogêneos e que domina a porção norte/

nordeste e secundariamente porção sudoeste da área de estudo. Estes locais representam as áreas de afloramento da Formação Serra Geral.

O segundo domínio geomorfológico é aquele que ocorre no sul da área alvo deste trabalho e é caracterizado por um relevo mais movimentado, onde as declividades oscilam entre 10% e 60%. Estas áreas estão localizadas nas proximidades da borda do Terceiro Planalto onde ocorrem diferentes termos litológicos pertencentes às Formações Serra Geral, Botucatu / Pirambóia e Rio do Rasto. As maiores elevações identificadas na área de estudo se encontram justamente nesta porção.

O terceiro e último domínio é caracterizado pelos vales limitados por paredões verticais onde a declividade atinge valores superiores a 60%. Geologicamente estas áreas são de transição entre as Formações Botucatu/ Pirambóia e Rio do Rasto.

O Rio do Tigre tem sua origem em nascentes nas proximidades da borda do Terceiro Planalto, onde a Escarpa da Esperança atinge altitudes próximas aos 1200m (Figura 12), antes de se precipitar através da escarpa da *cuesta* para o Segundo Planalto.

Associados aos contatos geológicos, em especial aquele entre os Arenitos Pirambóia/Botucatu com os argilitos do Rio do Rasto, surgem nascentes as quais originam os primeiros canais de drenagem permanente.

A montante da bacia, onde ocorrem porções embasadas por riodacitos, folhelhos e arenitos, o relevo apresenta-se suavemente ondulado, com vertentes alongadas.

Conforme as rochas de menor resistência á erosão vão predominando, os rios iniciam o entalhe, segundo os planos de discontinuidades existentes nas rochas. Tal fenômeno é mais acelerado nos arenitos e argilitos, sendo mais lentos nos basaltos e arenitos silicificados. Os vales tornam-se encaixados (Figuras 13 e 14).

Formas de relevo tabulares estão normalmente associadas com derrames localizados ou restos de derrames não erodidos da Formação Serra Geral. Desta

feita, as encostas são escarpadas e abruptas sendo o contato entre os basaltos e arenitos facilmente reconhecido. Tais encostas íngremes apresentam grande vulnerabilidade a movimentos de massa, tornando-se assim uma área de risco geológico.

No geral, o vale do Rio Tigre possui uma forma em "V", e gera assimetrias quanto à distribuição de seus afluentes. Tal assimetria deve-se ao fato de variações geológicas.

Quando os rios atingem os argilitos e siltitos da Formação Rio do Rasto, a erosão se processa com mais facilidade e os vales se alargam, ocasionalmente apresentando fundo chato, e, à medida que tal fato ocorre, dá-se o recuo das escarpas.

Uma outra característica marcante na área é a constante presença de cristas alongadas orientadas segundo NW.

Tais feições são originadas pelos diques de rochas básicas, as quais são mais resistentes à erosão, especialmente quando comparados com os arenitos, siltitos e argilitos. Os diques são mais comuns na porção sul / sudoeste da área de estudo.

Nas porções à jusante, o Vale do Tigre apresenta drenagem encaixada e orientada pela estrutura geológica. Verificam-se encostas íngremes e escalonadas, topos aplainados com suaves declives em direção à calha fluvial principal. Os trechos com baixos terraços aplanados e várzeas nos fundos de vale, são marcados por afloramentos areníticos. Marcado pelas escarpas abruptas com desníveis de até 200 metros, o Vale do Tigre, é o de maior expressão no Município de São Jerônimo da Serra.

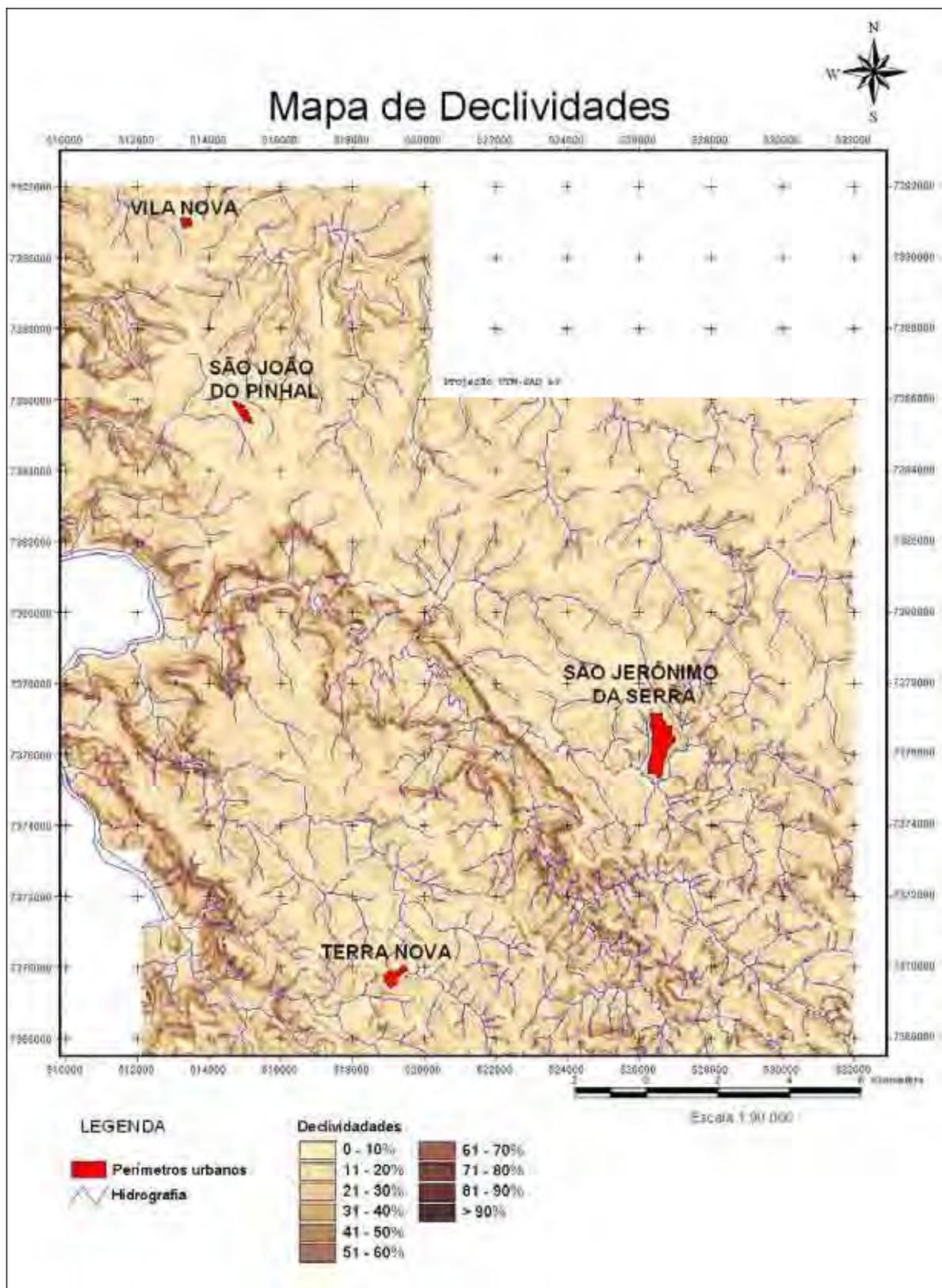


Figura 11 – Mapa de Declividades da área de estudo.

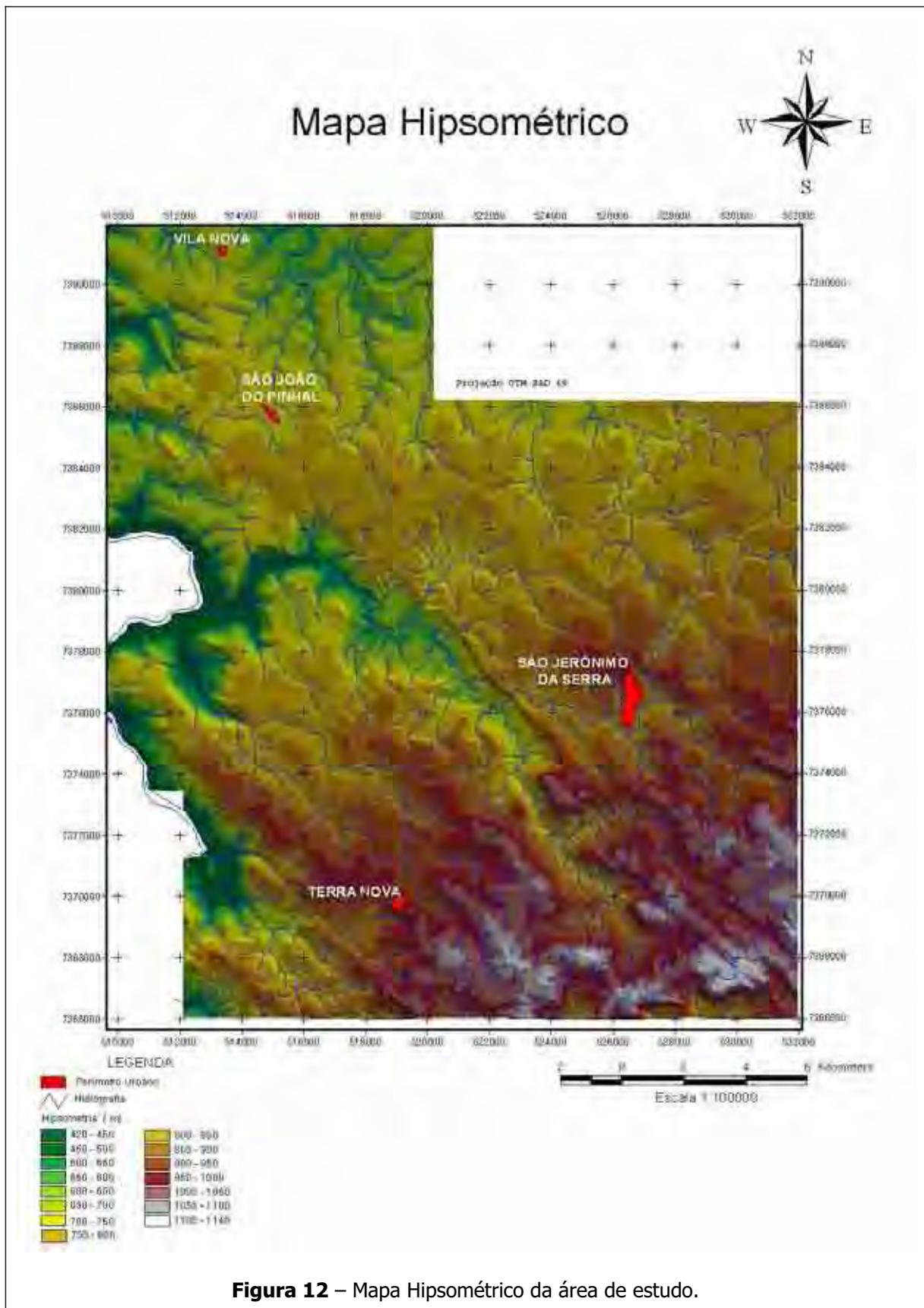


Figura 12 – Mapa Hipsométrico da área de estudo.

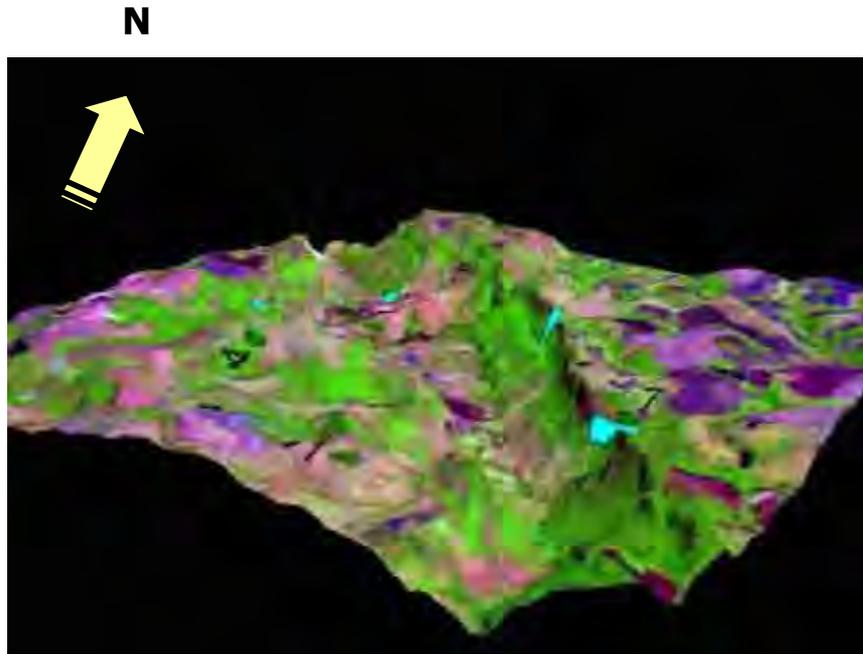


Figura 13 – Representação tridimensional do Vale do Rio Tigre em sua porção média. Destaque para as áreas com cultivo temporário (em tons de roxo) localizadas a norte e nordeste e as áreas de pastagens situadas mais a oeste. Observar ainda o caráter meandrante do Rio do Tigre. Figura sem escala e sobre-elevada três vezes.

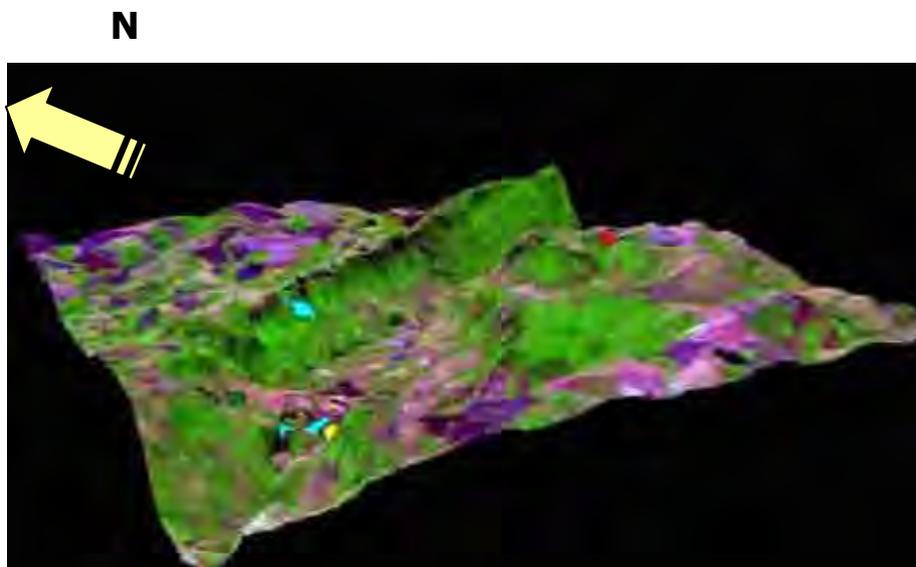


Figura 14 – Representação tridimensional da área de estudo.

Formas Cársticas em São Jerônimo da Serra

Na área de estudo foram identificadas as seguintes formas cársticas:

- **Cavernas e Dolinas**

As cavernas e dolinas são as formas mais comumente aceitas como indicativas da dissolução da rocha e como diagnósticas de relevo cárstico.

Na área de estudo foram localizadas diversas cavernas e algumas dolinas, sendo que em alguns casos, as dolinas estavam associadas às cavernas.

As dolinas identificadas possuem características e dimensões similares às observadas em rochas carbonáticas. Também foram caracterizadas dolinas de abatimento.

- **Espeleotemas**

Os espeleotemas são feições extremamente comuns em cavernas carbonáticas e eles são aceitos como provas incontestes da ocorrência de dissolução e precipitação de minerais carbonáticos.

Com os espeleotemas compostos por sílica tais afirmações continuam sendo verdadeiras.

Nas cavernas estudadas foram identificados espeleotemas diversos tais como estalactites, estalagmites, corais, couve-flor, dentre outros (vide fotografias do capítulo referente às cavernas de São Jerônimo da Serra).

- **Caneluras de Dissolução e Canais de Escoamento de Drenagens**

Locais onde as águas de escoamento superficial escoam com maior frequência originam os chamados canais de escoamento superficial.

Também foram identificadas caneluras de dissolução as quais representam uma série de depressões paralelas formadas pela dissolução da rocha e como pela remoção mecânica de fragmentos líticos.

- **Bacias de Dissolução**

Na área de estudo foram identificadas pequenas bacias centrípetas e de formato circular. Em alguns casos chega a formar lagos nas partes mais baixas. A paisagem é similar a aquela formada por algumas dolinas em áreas carbonáticas.

Tais feições morfológicas são citadas por Wray (1999).

- **Sumidouros e Drenagens Subterrâneas**

Em praticamente todas as cavernas estudadas foi identificada uma drenagem associada. Trata-se de lagos e corpos de água corrente de diferentes dimensões e volumes.

Em algumas situações o volume é tal que a água é aproveitada para o abastecimento de diversas casas e até mesmo de parte da cidade de São Jerônimo Serra.

Em pelo menos duas situações foram identificados sumidouros, ou seja, locais onde cursos d'água penetram na rocha aparecendo novamente dezenas de metros à frente.

5.5.3. Solos

Segundo o Instituto de Terras e Cartografia do Estado do Paraná (1987), predominam no Estado do Paraná 17 diferentes tipos de solos. Os mais famosos são aqueles que cobrem o Terceiros Planalto Paranaense pela sua alta fertilidade natural. O Segundo Planalto não apresenta solo com tanta fertilidade natural, são solos menos profundos e menos férteis.

Os principais tipos pedológicos que ocorrem na região em questão são (Figura 15):

a) Latossolos

Os latossolos dominam a região noroeste, norte e sudeste da bacia do Rio Tibagi. Também encontrados na sua parte central, porém em associação com a terra roxa estruturada.

Na maioria das situações estes solos se encontram em área de relevo plano a suavemente ondulado. A fertilidade varia, sendo na região norte e nordeste encontrados solos de caráter eutrófico, derivado de rochas do derrame do *trapp*. Na região sudeste os solos são de caráter ático, derivados de rochas sedimentares.

Tais características determinam usos diversos. Na área norte e noroeste encontram-se áreas de lavoura como soja, trigo e café. A área sudeste, onde ocorrem os latossolos com reflorestamento, os solos apresentam uma erodibilidade pequena.

b) Podzólitos

Os podzólitos associados aos solos litólicos abrangem a maior parte da bacia denominando principalmente a região leste, centro e oeste.

As características básicas destes solos são o horizonte "B" textural que reduz a infiltração de água associada a relevo ondulado. Tais fatores provocam nos solos uma alta erodibilidade.

Os solos litólicos também possuem alta erodibilidade, pois apresentam horizontes "A" pouco profundo (20cm), contato lítico ou litóide e na maioria dos casos grande declividade.

Nos levantamentos de uso do solo, verifica-se que esta área é denominada por campo/pastagem e atividades agropecuárias. Devido a pouca proteção que estas atividades oferecem aos solos, a erodibilidade destes solos aumenta, principalmente decorrente do manejo inadequado.

c) Brunizem

Outras classes de solos tais como brunizem avermelhado associado a solos litólicos, terra roxa estruturada e solos litólicos com o caráter eutrófico, na maior parte da área, apresentam alta erodibilidade pois estão associados com relevo ondulado a forte ondulado e horizonte "B" textural. Todavia estes solos se encontram associado à presença de cobertura florestal, condição que reduz seu potencial em sofrer erosão. Em áreas de pastagens, em geral mal manejadas, estes riscos são maiores.

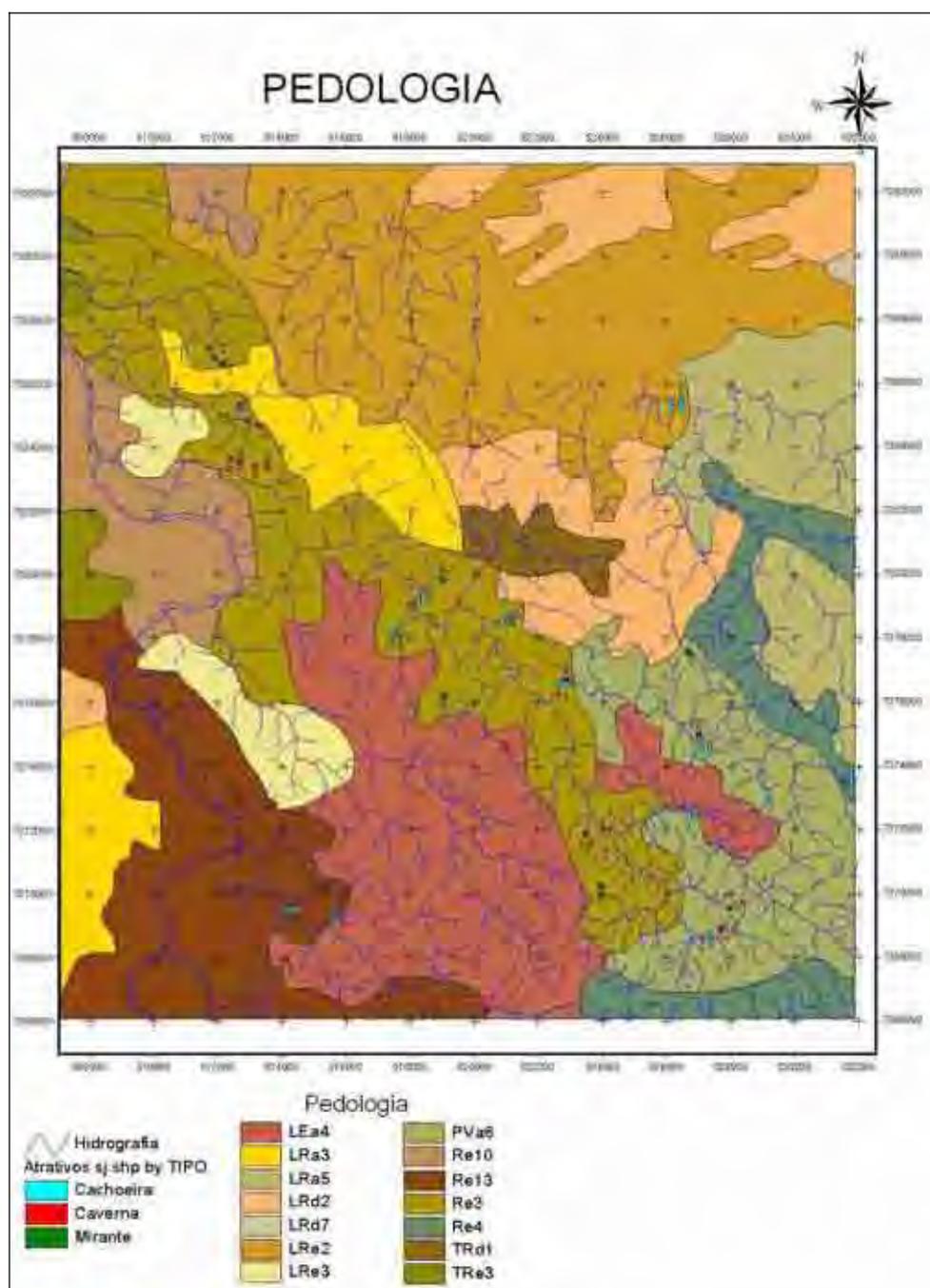


Figura 15 - Mapa dos solos área de estudo. Fonte: Senagro (1998) modificado.

5.5.4. Aspectos Geológicos

5.5.4.1 Geologia Regional

- **Estratigrafia Regional**

A Bacia Sedimentar do Paraná é uma extensa depressão deposicional situada na parte centro-leste do continente sul-americano, cobrindo cerca de 1.600.000Km². Destes, 1.000.000Km² localizam-se no território brasileiro (SCHNEIDER *et al.*, 1974).

Abrange parte dos Estados de Goiás e Minas Gerais e grande parte dos Estados de São Paulo, Paraná, Santa Catarina, Rio Grande do Sul e Mato Grosso. Presume-se que o centro da bacia alcance entre 4500 a 5000 metros de espessura.

É uma bacia intracratônica simétrica, preenchida por sedimentos do paleozóico, mesozóico, lavas basálticas e, localmente, rochas cenozóicas.

De acordo DNPM (1984), a sedimentação da bacia ocorreu num ambiente pouco perturbado por fenômenos tectônicos e, devido a tal fato, as unidades litoestratigráficas apresentam grande continuidade lateral, com pequenas variações faciológicas e são, geralmente subparalelas às linhas do tempo. No entanto, este fato não é verificado nas formações depositadas sob influência glaciais ou com as áreas marginais da bacia. Nas áreas marginais houve subsidência muito lenta em relação ao centro da bacia e os processos erosivos nos episódios de soerguimento foram mais intensos, foi encontrado um registro do tempo geológico muito incompleto.

De acordo com Mineropar (2001), o empilhamento litoestratigráfico da Bacia do Paraná é o apresentado na Tabela 07 O Mapa Geológico do Paraná pode ser visualizado na Figura 16.

Tabela 07. – Tabela Litoestratigráfica da Bacia do Paraná

Era	Período	Grupo	Formação	Principais Rochas	
Mesozóico	65 M.a Cretáceo	Bauru	Adamantina	Arenitos, siltitos, e lamitos marrons	
			Santo Anastácio	Arenitos e lamitos	
			Caiuá	Arenitos arroxeados	
	Jurássico -Triássico 140 M.a	São Bento	Serra Geral	Basaltos, Riolitos e Riodacitos	
			Botucatu e Pirambóia	Arenitos e siltitos ocasionalmente conglomerados	
Paleozóico	230 M.a Permiano	Passa	Rio do Rasto	Siltitos e arenitos verdes ou vermelhos e calcarenitos	
			Dois	Teresina	Siltitos e calcários
		Guatá	Serra Alta	Lamitos e folhelhos	
			Irati	Argilitos e folhelhos pirobetuminosos	
			Palermo	Siltitos acinzentados	
			Rio Bonito	Arenitos e siltitos acinzentados, calcários e camadas de carvão.	
		Itararé	Rio do Sul	Folhelhos e siltitos acinzentados, arenitos e diamictitos.	
			Mafra	Arenitos, siltitos e ritmitos.	
			Campo do Tenente	Arenitos grosseiros, siltitos e diamictitos.	
		280 M.a Devoniano 96 M.a	Paraná	Ponta Grossa	Folhelhos e siltitos acinzentados
				Furnas	Arenitos e siltitos

Fonte: Mineropar (2001) - modificado

Grupo Paraná

Formação Furnas: Esta formação foi depositada em ambiente aluvial e litorâneo, sendo constituída por arenitos médios a grosseiros, subordinadamente ocorrem arenitos conglomeráticos e siltitos esbranquiçados. As estruturas mais comuns são as estratificações cruzada e horizontal

Formação Ponta Grossa: A Formação Ponta Grossa é composta por depósitos litorâneos e de plataforma. Suas litologias mais comuns são os folhelhos e siltitos acinzentados, localmente betuminosos, com intercalações de arenitos muito finos, esbranquiçados. São comuns estruturas como laminação paralela, ondulada e *flaser*.

Grupo Itararé

Formação Rio do Sul: As rochas da Formação Rio do Sul foram formadas em ambientes litorâneos de plataforma periglacial e deltáica. Suas litologias compõe-se de folhelhos e siltitos cinzentos dos Membros Passinho e Guaraúna, arenitos finos a médios, esbranquiçados, diamictitos e raras camadas de carvão do Membro Ribeirão Novo. As estruturas mais freqüentes são a laminação paralela, ondulada, microcruzada e convoluta.

Formação Mafra: Constituída por depósitos de planície litorânea e de plataforma periglacial, a Formação Mafra tem como litologias os arenitos finos a grosseiros de coloração esbranquiçados e amarelados bem como os siltitos e ritmitos. São comuns as estratificações cruzada, horizontal, paralela rítmica e ondulada.

Formação Campo do Tenente: As litologias dessa unidade tiveram origem em depósitos flúvio-glaciais, sendo constituídas por arenitos grosseiros, de coloração avermelhada. São comuns os siltitos, ritmitos e diamictitos, incluindo aos arenitos Vila Velha e da Lapa. Estas rochas normalmente apresentam estratificações cruzada horizontal e camadas contorcidas.

Grupo Guatá

Formação Palermo: As rochas pertencentes à Formação Palermo foram geradas em ambiente de plataforma epinerítica e planície litorânea. Litologicamente é constituída por siltitos cinzentos, os quais apresentam laminações paralelas, *flaser* e bioturbação.

Formação Rio Bonito: Esta unidade é constituída por arenitos, siltitos, folhelhos, camadas de carvão e calcários, sendo subdividida nos Membros Siderópolis (formados por arenitos finos originados em planície litorânea), Paraguaçu (depósitos de planície de marés e plataforma, constituído por arenitos e siltitos cinzentos, esverdeados e amarronzados, intercalações de níveis calcários, micríticos e estromatolíticos. Apresenta laminação plano-paralela e ondulada, microestratificação

cruzada e bioturbação) e Triunfo (composto por depósitos flúvio-deltáicos de arenitos cinzentos esbranquiçados, finos a grosseiros e níveis conglomeráticos, siltitos, folhelhos carbonosos e estratificação cruzada, marcas onduladas e camadas de carvão).

Grupo Passa Dois

Formação Irati: A Formação Irati é subdividida nos Membros Taquaral e Assistência. O Membro Taquaral, formado em plataforma rasa, é constituído por argilitos e folhelhos cinzentos com laminação paralela. Já o Membro Assistência, foi depositado em ambiente de bacia restrita, sendo formado por folhelhos pretos, pirobetuminosos, com intercalações de calcário e laminação paralela.

Formação Serra Alta: As rochas pertencentes a esta unidade foram depositadas em plataforma epinerítica, sendo compostas por de lamitos e folhelhos cinza escuros, microlaminados ou maciços.

Formação Teresina: Esta unidade é constituída por siltitos acinzentados com intercalações de calcário micrítico e estromatolítico, gerados em ambiente de planície de marés e plataforma epinerítica. Apresenta laminação paralela, ondulada e flaser.

Formação Rio do Rasto: A Formação Rio do Rasto é subdividida nos Membros Morro Pelado e Serrinha. O Membro Morro Pelado foi depositado em ambiente fluvial e de planície deltáica, sendo composto por siltitos e argilitos avermelhados com intercalação de arenitos finos. Por sua vez, o Membro Serrinha foi desenvolvido em ambiente de frente deltáica e planície de marés. É formadas por siltitos e arenitos esverdeados muito finos, micríticos e calcarenitos.

Grupo São Bento

Uma vez terminada a deposição da Formação Rio do Rasto, sobreveio um ciclo erosivo de proporções continentais. Tal evento transcorreu durante o Triássico Médio. Após, tiveram este evento, foram depositadas as rochas que compõem o Grupo São Bento, compreendendo:

Formações Pirambóia e Botucatu: Trata-se de seqüências sedimentares continentais formadas no decorrer do Triássico-Jurássico. Litologicamente os termos mais freqüentes são os arenitos avermelhados, bem selecionados depositados em ambientes fluviais e desérticos respectivamente. As principais estruturas identificadas nestas litologias são as estratificações cruzadas de grande porte.

Formação Serra Geral: Esta unidade, de idade jurássica-cretácica, é constituída por extensos derrames de rochas ígneas, onde os basaltos são os termos predominantes. O Membro Nova Prata é formado por rochas ígneas cuja composição varia de básicas a ácidas (basaltos pórfiros, dacitos, riódacitos e riólitos). As atividades tectono-magmáticas que ocorreram durante o Mesozóico relacionadas com a reativação do Arco de Ponta Grossa, são representadas regionalmente por um enxame de diques preenchidos por diabásio, diorito, diorito pórfiro e quartzo diorito.

Grupo Bauru

Uma vez findado o vulcanismo gerador da Formação Serra Geral, deu-se a deposição, no final do Cretáceo, dos sedimentos que compõe o Grupo Bauru, o qual é subdividido da base para o topo nas Formações Caiuá, Santo Anastácio, Adamantina

Formação Caiuá: A Formação Caiuá é constituída por depósitos originados em ambientes eólico e fluvial, sendo representada por arenitos finos a médios, com tons arroxeados. Normalmente estas litologias apresentam estratificações cruzadas de grande porte e estratificação plano paralela.

Formação Santo Anastácio: A deposição da Formação Santo Anastácio se deu em ambiente de planície aluvial. Esta unidade litoestratigráfica é formada por arenitos muito finos a médios, com raros leitos de lamitos avermelhados. Suas estruturas sedimentares mais comuns são estratificações cruzadas.

Formação Adamantina: Esta unidade foi depositada em ambiente de planície aluvial, sendo composta por arenitos muito finos a finos, com bancos de lamitos e siltitos. Estes litotipos apresentam estratificações cruzada e plano-paralela.

Formação Marília: A Formação Marília é constituída de arenitos grosseiros a conglomeráticos, com grãos angulosos e teor de matriz variáveis, ricos em calcários e nódulos carbonáticos. Esta formação só ocorre na porção centro sul do Estado de São Paulo e está ausente no Estado do Paraná.

- **Geologia Estrutural e Tectônica Regional**

Estruturalmente a Bacia do Paraná é marcada por zonas de cisalhamento rúptil (falhas) e fraturas com direções predominantemente segundo NE/SW e NW/SE.

Mais raro, mas não de menor importância, é a direção E/W. As estruturas orientadas segundo esta direção normalmente representam planas abertas sendo esta direção usada como critério para locação de poços tubulares profundos posto que, os poços locados nas proximidades das mesmas, via de regra, apresentam boas vazões.

Uma quarta direção também de grande importância, porém pouco conhecida, é a direção N/S. Esta direção é representativa especialmente no Norte do Paraná onde condiciona vales de rios de grande porte, como por exemplo, o Rio Tibagi.

Os elementos estruturais citados são lineares de origem tectônica e condicionam a bacia sedimentar (alguns deles estavam ativos durante a sedimentação).

As falhas podem ocorrer isoladas ou compor feixes paralelos ou sub-paralelos. Segundo diferentes autores, como por exemplo, Celligoi (1993), estes

planos representam reflexos de estruturas mais profundas e antigas as quais sofreram reativações recorrentes durante a evolução da Bacia Sedimentar do Paraná.

Na região de estudo foram identificadas principalmente fraturas diversas. Conforme destaca Celligoi (1993), as fraturas apresentam boa regularidade por toda a região afetando as rochas em geral nos mais diferentes níveis. Foram observadas fraturas verticalizadas e horizontalizadas estando geneticamente relacionadas com processos relativos ao resfriamento magmático, alívio de carga e ainda por processos tectônicos.

O mesmo autor caracterizou quatro direções preferenciais de fraturas. São elas: N-S, N45W, N50E e N83E. Celligoi (1993) salienta que, via de regra, as estruturas de direção NS e de pequeno porte e fechadas enquanto que as estruturas orientadas segundo EW são abertas se prolongando por vários quilômetros.

A forma superficial côncava da Bacia Sedimentar do Paraná deve-se ao soerguimento flexural denominado Arqueamento de Ponta Grossa.

“As extensas deformações estruturais tais como arcos, flexuras, sinclinais e depressões, posicionadas ao longo das margens da bacia, são classificadas como arqueamentos marginais, arqueamentos interiores e embaciamentos”.(Mineropar, 2003).

Os mesmos autores ressaltam a importância dos grandes alinhamentos estruturais, a maioria com direção NW/EW, os quais influenciaram ao longo da história evolutiva da bacia, as áreas de maior subsidência e conseqüentemente, com maior sedimentação. Estes alinhamentos influenciaram ainda o magmatismo que afetou a bacia.

O atual eixo da bacia é estrutural, característica essa adquirida no final do mesozóico em função do soerguimento dos arcos marginais.

No Paraná, distingue-se o Arco de Ponta Grossa o qual, em mapa, fornece uma espécie de curvatura às rochas envolvidas, afetando até mesmo as rochas

metamórficas do embasamento pré-cambriano. O Arco de Ponta Grossa ocupa uma área de grande importância estrutural no desenvolvimento da Bacia posto que o flanco norte dessa estrutura abriga o alinhamento tectônico do Paranapanema, estrutura esta que separou áreas com taxas de subsidência diferentes. Tal fato originou a Sub-Bacia do Alto Paraná (São Paulo, Minas Gerais e Goiás) e Sub-Bacia Paranaense-Catarinense (Paraná e Santa Catarina).

As principais estruturas tectônicas (falhas e fraturas) na região do Paraná obedecem a duas direções principais: A primeira e talvez a proeminente, de direção NW (noroeste) sendo paralela ao eixo do Arco de Ponta Grossa. Possivelmente a origem destas fraturas está no desenvolvimento do referido arqueamento. A segunda direção é o norte / nordeste (N/NE). Esta direção apesar de ser menos freqüente, origina importantes feições geomorfológicas. São freqüentes ainda estruturas relacionadas com a intrusão dos diques de diabásio, comuns na região.

5.5.4.2. Geologia da Área de Estudo

- **Litoestratigrafia**

Em São Jerônimo da Serra foram identificadas rochas pertencentes à Formação Rio do Rasto (Grupo Passa Dois) e as formações Pirambóia, Botucatu e Serra Geral (Grupo São Bento), unidades estas pertencentes à Bacia Sedimentar do Paraná (Figuras 17 e 18).

Grupo Passa Dois

A sedimentação permiana encontra-se representada na área pela Formação Rio do Rasto. Esta unidade encerra o longo ciclo sedimentar e marca a mudança no tipo de sedimentação, que passa de siltico-argilosa, característica dos mares epicontinentais no permiano, para a sedimentação arenosa, de ambientes desérticos, reinantes durante o triássico-jurássico.

Formação Rio do Rasto

A Formação Rio do Rasto envolve uma seqüência sedimentar descrita inicialmente que ocorre nas cabeceiras do Rio homônimo ao longo da estrada Lauro Müller em São Joaquim (antiga Estrada Nova), em Santa Catarina (SCHNEIDER *et al.*, 1974).

Litologicamente, a Formação Rio do Rasto é constituída por siltitos com intercalações contínuas lenticulares de arenitos (Painel 02). Apresentam coloração muito variada, predominando termos vermelhos-rosados, cinzentados, esverdeados e arroxeados (Painel 02).

Gordon Jr (1947), propôs a subdivisão em dois membros: Serrinha (inferior) e Morro Pelado (superior), que foi adotada por Schneider *et al.* (1974).

Na porção inferior da unidade predominam siltitos com intercalações de arenitos, em forma de camadas contínuas (Painel 02). Os arenitos são normalmente maciços, ocorrendo também bancos com estratificações cruzadas (Painel 02) acanaladas de pequeno a médio porte. Estas intercalações arenosas possuem espessuras que variam de uns poucos centímetros até cerca de 1,5 a 2m. Apresentam granulação fina a muito fina, com ocorrência menos comum de grãos médios. São normalmente mal selecionadas argilosas chegando em poucos casos a apresentar seleção regular. Os grãos médios quando presentes, são sub-angulares.

Na porção superior da unidade, ocorrem siltitos predominantemente argilosos, e arenitos distribuem-se de modo aproximadamente equitativo. Nela as intercalações arenosas são predominantemente lenticulares, com nítido

acunhamento, extensão de até dezenas de metros e espessuras de até 2 cm (excepcionalmente maiores). Apresentam quase sempre estratificações cruzadas acanaladas de médio a grande porte, sendo os bancos maciços menos comuns.

Conforme DNPM (1984), a seção inferior consiste de siltitos, argilosos e arenitos finos, bem selecionados, esverdeados, arroxeados e, por vezes, avermelhados. Localmente, desenvolvem-se bancos calcíferos, alguns dos quais oolíticos, com abundantes fragmentos de conchas. As camadas siltico-argilosas apresentam laminação paralela, ondulada e *flaser*. Em alguns bancos calcíferos desenvolvem-se estruturas estromatolíticas.

A seção superior é constituída de arenitos vermelhos, arroxeados, amarelados, esbranquiçados, finos, com intercalações de argilito e siltito vermelho-arroxeados. Localmente esses argilitos e siltitos são calcíferos. Estratificação cruzada acanalada, laminação cruzada e paralela são as estruturas sedimentares mais comuns. Acunhamento de camadas e lenticularidade de corpos arenosos é uma das características dessa seção.

A seção superior, membro Morro Pelado, no flanco leste da bacia, aflora, de maneira contínua, desde o Rio Grande do Sul até a região de São Jerônimo da Serra. Em superfície, sua espessura está na ordem de 200-250m.

A Formação Rio do Rasto assenta concordante e transicionalmente sobre as rochas da formação Estrada Nova. Lateralmente, a seção inferior interdigita-se com a Formação Corumbataí. Seu contato superior com a Formação Botucatu é discordante (DNPM, 1984).

Conchostráceos e fragmentos de plantas (Painel 02) são os restos fósseis mais comuns no membro Morro Pelado. O conteúdo fossilífero indica idade Permiano Superior para a unidade.

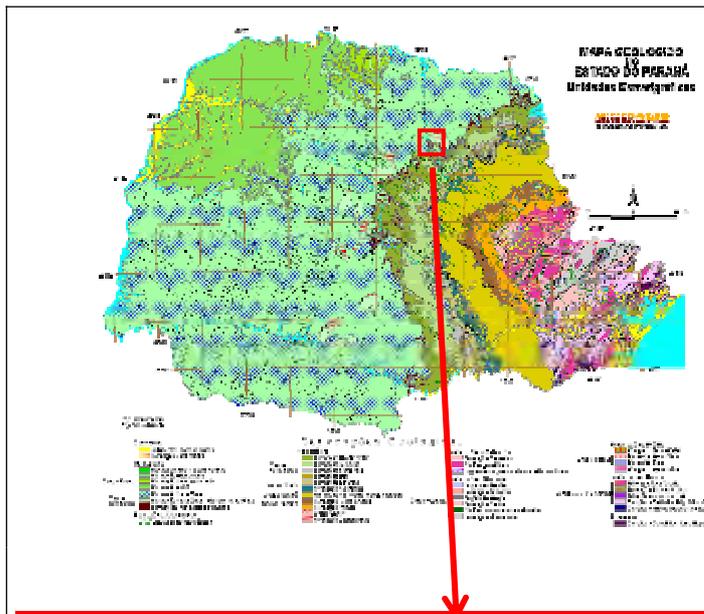
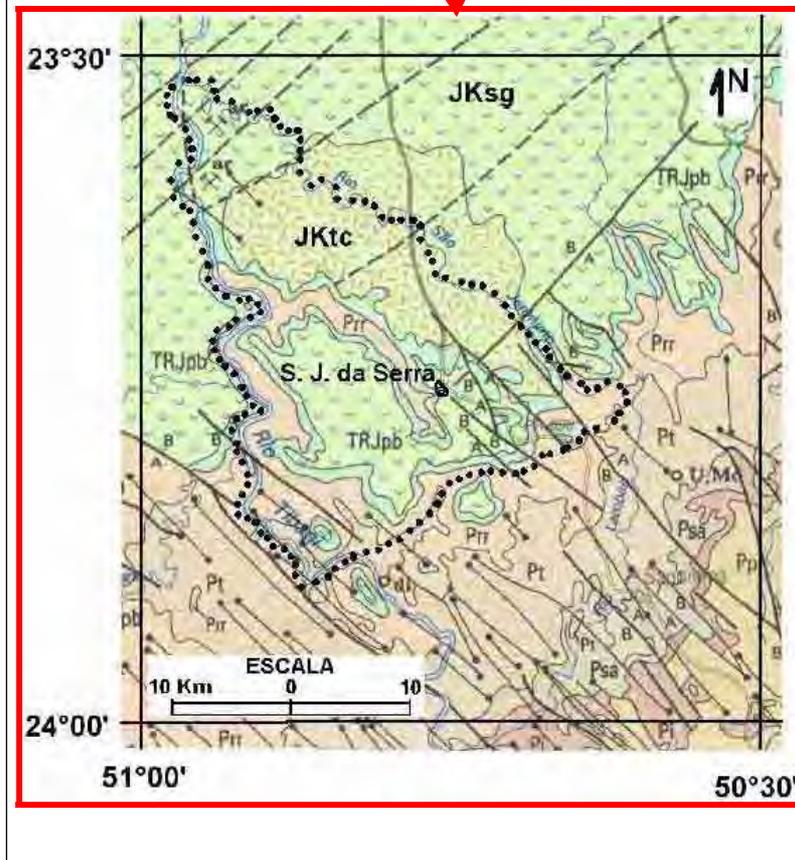


Figura 17 – Mapa Geológico simplificado da área de estudo. Fonte: MINEROPAR (2003) – modificado



LEGENDA DO MAPA GEOLÓGICO

GRUPO SÃO BENTO

FORMAÇÃO SERRA GERAL: Vulcânicas básicas toleíticas, com basaltos maciços e amigdaloidais intercalados c/ arenitos finos. **JKsg**

VULCÂNICAS ÁCIDAS DO TIPO CHAPECÓ: Dacitos, Riolitos e Riodacitos. **JKtc**

FORMAÇÃO BOTUCATU E PIRAMBÓIA: Arenitos finos a médios esbranquiçados e bancos de siltitos avermelhados. **TRJpb**

GRUPO PASSA DOIS

FORMAÇÃO RIO DO RASTO: Siltitos e argilitos intercalados com arenitos finos. **Prr**

FORMAÇÃO TERESINA: Siltitos acinzentados com intercalações de calcário micrítico e estromatolítico. **Pt**

Falha e/ou fratura inferida. -----

Falha normal com movimentação determinada (A=bloco alto, B=bloco baixo). $\frac{A}{B}$

Diques sem expressão de espessura. ————

Limite de Município. ●●●●●

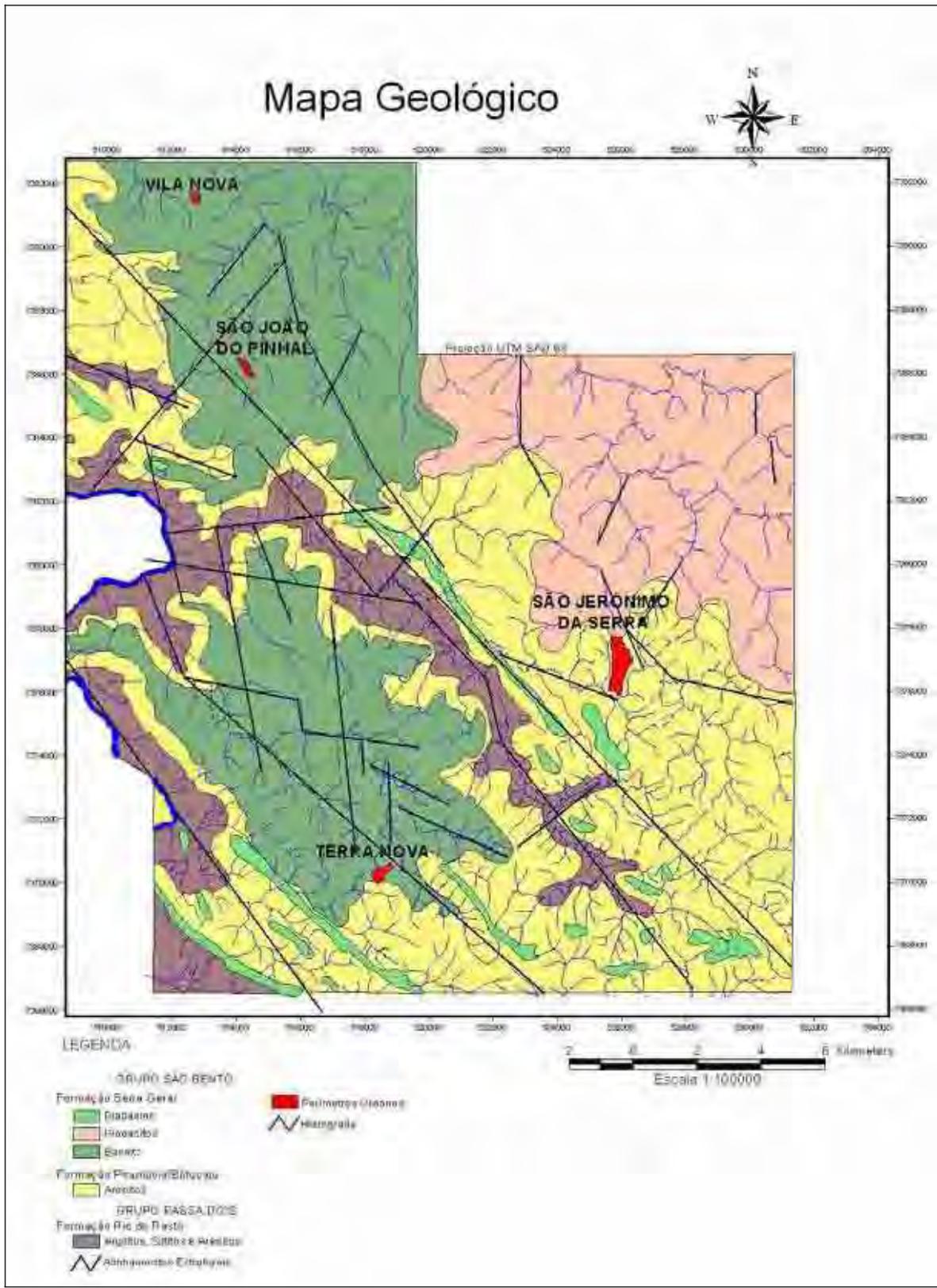


Figura 18 – Mapa Geológico da área de estudo

De acordo com Rohn *et al.* (1997), o Membro Morro Pelado representa paleoambientes mais francamente lacustres, ainda com oscilações do nível de base e influência de ondas de tempestade, porém com maior aporte fluvial e condições climáticas um pouco mais úmidas. Os depósitos de desembocadura nos lagos são mais conspícuos, representando eventos de rápida sedimentação de grandes volumes de sedimentos após chuvas torrenciais. Rumo ao topo da Formação Rio do Rasto também aumenta a frequência de depósitos eólicos, sugerindo nova fase de gradual aridização.

O registro paleobotânico mais rico está no Membro Serrinha, devido às condições bioestratinômicas provavelmente mais adequadas (deposição de vegetais nas regiões costeiras dos lagos, transportados por Rios), e talvez por condições climáticas ligeiramente mais úmidas (vegetação original mais densa e diversificada). Ao contrário, no Membro Morro Pelado, o conteúdo paleobotânico (Painel 02) é monótono e pouco diversificado, constituindo, juntamente com os arenitos eólicos, uma forte evidência da gradual aridização no final do Permiano (RÖSLER, 1976; ROHN 1994, 1995).

Na área de estudo a Formação Rio do Rasto aflora em baixos topográficos, como por exemplo, ao longo do vale do Rio Tigre (Figura 18).

Grupo São Bento

O Grupo São Bento data de idade juro-cretácea. Este grupo constitui-se pelos arenitos fluviais da Formação Pirambóia, pelos arenitos eólicos da Formação Botucatu e pelas lavas intrusivas e arenito intertrapianos da Formação Serra Geral.

Formação Pirambóia

A Formação Pirambóia constitui-se basicamente de arenitos, arenitos conglomeráticos e raros níveis de argilito. Na área de estudo, a Formação Pirambóia normalmente é representada por arenitos esbranquiçados facilmente desagregados.

As rochas desta unidade podem estar silicificadas, o que proporciona certa resistência à erosão. Esta unidade litoestratigráfica aflora por toda a área de estudo. Todavia, dado à natureza deste trabalho, a mesma não foi objeto de mapeamento específico, sendo apresentada no mapa da Figura 18 em conjunto com a Formação Botucatu.

Na porção inferior ocorrem arenitos esbranquiçados, mal selecionados, com grãos finos predominantes e médios subordinados, apresentando formas sub-angulares e sub-arredondadas, com constituição essencialmente quartzosa e pouca quantidade de matriz siltico-argilosa. Podem ocorrer níveis conglomeráticos com fragmentos de siltitos argilosos com pelotas de argila.

Na parte superior são encontrados arenitos grossos com níveis conglomeráticos. Esses arenitos são amarelados rosados e/ou esbranquiçados, mal selecionados, com grãos desde finos a muito grossos e, subordinadamente são quartzosos, esféricos e arredondados. Os mais finos são sub-angulosos, quartzosos em sua maioria, podendo ocorrer pequena quantidade de mica ou opacos. Os seixos constituem-se essencialmente de quartzo hialino e mais raramente de quartzo leitoso ou rosado, ocorrem às vezes dispersos em meio aos estratos.

Localmente ocorrem bancos de estratificação cruzada de grande porte, com níveis de laminação plano-paralela, raras lentes de argilitos siltosos vermelhos, de espessuras centimétricas a decimétricas podem ocorrer.

O contato inferior com as Formações Corumbataí e Rio do Rasto é marcado por discordância. O contato superior com a Formação Botucatu é concordante.

Quanto à idade e origem da formação, até o momento não foram encontrados elementos fósseis que a definam com clareza. Todavia, as características observadas em campo, permitem concordar com Caetano -Chang (1993) que postula que a Formação Pirambóia teria se depositado em um ambiente formado por lençóis de dunas eólicas com interdunas úmidas, intercalados com depósitos fluviais. Tal idéia também é compartilhada por Strugale *et al.* (2004).

A idade da Formação Pirambóia é dada por correlação com as formações Rosário do Sul, com fósseis de idade triássica superior e com a Formação Botucatu, datada do juro-cretáceo. Soares (1975), in DNPM (1984), situa a Formação Pirambóia entre o triássico inferior e o jurássico superior.

Formação Botucatu

O termo Botucatu foi introduzido na Bacia Sedimentar do Paraná por Campos (1889). Esta unidade litoestratigráfica é constituída por arenitos avermelhados e esbranquiçados (Painel 02), grãos finos a médios, bimodais, arredondados e bem selecionados. Apresenta estratificação cruzada tabular de grande porte, os estratos são em geral bem laminados (Painel 02), ocorrendo com freqüência lâminas de diferentes granulometrias.

Sua mineralogia principal é quartzosa, ocorrendo como acessórios minerais opacos, moscovita, minerais pesados e até fragmentos de quartzito. Em grande parte estes arenitos são silicificados, podendo o cimento representar mais de 30% na sua constituição. Esta cimentação dá aos arenitos, grande resistência à erosão.

São comuns as estratificações cruzada tangencial, plano-paralela e cruzada-acanalada (Painel 02).

A unidade raramente ultrapassa 100m de espessura em ocorrência na bacia.

De acordo com o que foi observado em campo, a Formação Botucatu possui duas porções distintas: a porção superior que apresenta características de deposição em ambiente desértico (dunas) e a porção basal que por sua vez apresenta evidências de ter sido depositada em ambiente fluvial, possivelmente resultado do escoamento superficial de águas de chuvas torrenciais (a chamada Fácies Torrencial de Soares, 1973). Tais idéias são compartilhadas por Caetano – Chang (1993) e Strugale *et al.* (2004).

O contato inferior é discordante com o embasamento e com as Formações Furnas, Ponta Grossa, Aquidauana, Corumbataí, Rio do Rastro e Rosário do sul. O

contato com a Formação Pirambóia tem sido considerado concordante, mas a possibilidade desta relação ser discordante deve também ser considerada. O contato superior com a Formação Serra Geral é discordante.

As características litológicas e sedimentares da unidade evidenciam deposição eólica em ambiente desértico, sendo raros os depósitos lacustres.

Não foram encontrados restos fósseis na Formação. A idade juro-cretácea é atribuída à unidade, por relações estratigráficas, pois está situada entre os derrames basálticos do juro-cretáceo e a Formação Rosário do Sul, do triássico médio a superior.

Formação Serra Geral

De acordo com DNPM (1984), o magmatismo mesozóico recobre mais de 1.200.000 Km² nos Estados do sul e centro sul do país, igualmente, o noroeste do Uruguai, nordeste da Argentina e sudeste do Paraguai.

As espessuras chegam a alcançar mais de 1000m em certos locais. O vulcanismo basáltico é o mais extenso, estando disseminado por toda a Bacia Sedimentar do Paraná.

Os derrames intermediários também se distribuem amplamente e são encontrados na bacia, embora em espessura e extensões menores do que a dos basaltos.

O vulcanismo de filiação ácida abrange uma extensa área do Rio Grande do Sul, chegando a cobrir uma superfície de 80.000Km². As maiores espessuras registradas são de 350 metros na região oriental do estado com até quatro (4) espasmos superpostos, enquanto na parte ocidental restringe-se a 40 metros, com uma única corrida de lava. No Estado do Paraná, as ocorrências de vulcânicas ácidas são descontínuas e bastante afetadas por processos erosivos.

O pacote vulcânico mesozóico localiza-se acima da Formação Botucatu, sendo freqüentes lentes intertrapianas de arenitos correspondentes a esta unidade nos primeiros derrames basálticos. Nas porções do topo, são comumente encontradas, brechas arenosas intercaladas.

A estratigrafia da Formação Serra Geral pode ser considerada bem definida, coincidindo os derrames com a evolução projetada a partir dos estudos de geocronologia. Os derrames de natureza basáltica são localizados na base da seqüência vulcânica, seguido de manifestações de natureza intermediária que mantém certa contemporaneidade com as primeiras lavas ácidas. Estas lavas irão representar o ciclo final, embora altimetricamente, possam ser observadas lado a lado com os derrames de natureza intermediária, seja por condicionamento tectônico, seja por relevo.

A Formação Serra Geral apresenta em sua litologias desde basaltos até rochas ácidas do tipo riolito.

Basaltos – quase sempre apresentam estrutura microcristalina, exibem arranjo intergranular ou sub-ofítico, havendo também tipos porfíricos (Painel 02). A composição mineralógica consiste essencialmente em plagioclásio e piroxênio, com porções menores de magnetita. Intercrescimentos micrográficos, vidro intersticial (obsidiana – Painel 03), quartzo, apatita e anfibólio são constituintes menores, o último quase se restringe aos diabásios, juntamente com olivina. Na área de estudo foram identificados apofilita, estilbita, natrolita, gyrolita, heulandita, pectolita, minerais de cobre, quartzo (ágata e calcedônia) e argilo-minerais são registrados em amídalas (Painel 03).

Vulcânicas ácidas – a composição varia de dacitos a riolitos (Painel 02). As rochas mais características possuem coloração cinza e diáclases sub-orizontais bem desenvolvidas. Estas estruturas atingem dezenas de metros de espessura. Apresenta arranjo cristalino porfírico, consistindo de massa sub-vítrea ou de

finíssimos intercrescimentos complexos de quartzo e feldspato, às vezes micrográficos e esferolíticos, havendo abundantes micrólitos de plagioclásio por proporções menores de piroxênio e magnetita, andesina e pigeonita.

Grandes fenocristais de plagioclásio com até 15mm de comprimento podem ser encontrados em algumas rochas com filiação ácida. Derrames deste tipo ocorrem na barragem do Rio Passo Fundo (RS), Vargeão e Chapecó (SC) e Guarapuava (PR).

Houve uma tentativa em dividir a Formação Serra Geral em membros, onde as vulcânicas ácidas foram denominadas como Membro Nova Prata, mas esta proposta não teve uma boa aceitação. Segundo Pinese (1989), o termo mais usado atualmente, é o de vulcânicas ácidas do tipo Chapecó, para aquelas acima do alinhamento do Rio Piquiri.

Vulcânicas intermediárias – caracterizam-se por rochas com natureza e composição transicionais entre os extremos básicos e ácidos. Varia entre o quartzo-andesitos e quartzo-traquitos, predominando latitos. Possuem arranjo cristalino porfírico, sem orientações dos indivíduos, a mineralogia está mais próxima das rochas ácidas, havendo menor incidência de intercrescimentos quartzo-feldspáticos na matriz, que apresenta abundantes micrólitos de plagioclásio.

Em São Jerônimo da Serra ocorrem basaltos, dacitos pórfiros e diabásios (Painel 02). Também foram identificadas brechas ígneas e bombas vulcânicas relacionadas com esta unidade (Painel 02).

Segundo DNPM (1984), foram efetuados mais de 70 datações geocronológicas, nas rochas vulcânicas da Formação Serra Geral. Na maioria dos casos, os resultados foram consistentes entre si. Foi assim possível estabelecer, um panorama da evolução do magmatismo mesozóico da Bacia do Paraná.

De acordo com DNPM (1984), as primeiras manifestações são as basálticas e datam de idades situadas entre 130 e 150 m.a. Nas manifestações de natureza

intermediária, inclusive as que originaram os pórfiros gigantes, as idades são correspondentes aos intervalos de 123-130 m.a. As últimas manifestações são de composições mais ácidas, com idades de 118 a 125 m.a..

O contato inferior da Formação Serra Geral com os arenitos da Formação Botucatu é discordante e intrusivo (Painel 02) e com as unidades mais antigas marca-se por discordância erosiva, jazendo a formação em certos locais, diretamente sobre as rochas do embasamento. O contato superior é discordante com as formações Caiuá, Bauru e Cachoeirinha.

- **Geologia Estrutural**

A área de estudo encontra-se situada no contexto do Alinhamento São Jerônimo – Curiúva, definido por Ferreira (1982), flanco NE do Arco de Ponta Grossa, este por sinal, uma importante estrutura impressa nas rochas da Bacia Sedimentar do Paraná.

Considerando o trabalho de Soares *et al.* (1982), a área de estudo está inserida na faixa MI-5 (Piraí do Sul / Curiúva) de direção geral $N45W \pm 5$ e na continuidade da faixa PT – 4 de direção $N60E \pm 5$.

Strugale *et al.* (2004) definiu na região o Horst do Rio do Tigre bem como uma série de zonas de falhas (zona de falha de Tamarana, Serra Grande, Apucarantina, Rio do Tigre).



A



B



C



D



E



F



G



H



I



J



L



N

Painel 02– Rochas aflorantes na área de estudo. **A)** e **B)** Rochas da Fm. Rio do Rasto; **C)** e **D)** Fósseis de vegetais encontrados na Fm. Rio do Rasto; **E)** Estratificação cruzada no arenito Botucatu; **F)** Arenito da Fm. Botucatu; **G)** Basalto da Fm. Serra Geral intrudindo nos arenitos Botucatu; **H)** Brecha com matriz arenítica e fragmentos ígneos; **I)** bombas vulcânicas; **J)** e **L)** Diabásio (Fm. Serra Geral); **N)** Dacito pórfiro (Fm. (Serra Geral). Autor: Ângelo Spoladore



A



B



C



D



E



F



G



H



I



J



K



L

Painel 03 – Minerais relacionados com magmatismo da Fm Serra Geral. **A)** Calcita; **B)** Apofilita; **C)** Pectolita; **D)** Laumonita; **E)** Estilbita; **F)** Estilbita; **G)** Quartzo e estilbita; **H)** Quartzo; **I)** Ágata; **J)** Natrolita; **K)** Gyrolita e **L)** Obsidiana. Fotografias sem escala. Autor: Ângelo Spoladore.

Outros autores tais como Delavi (1996), Spoladore & Delavi (1997) e Benitez (2001), reconhecem diferentes estruturas impressas nas rochas da região, bem como os fortes alinhamentos estruturais dos elementos de relevo.

Os autores citados anteriormente citam ainda que a história tectônica / estrutural da região de São Jerônimo da Serra apresenta um grau de complexidade razoável, sendo identificadas estruturas originadas em momentos diferentes na história geo-evolutiva e com origens diversas.

A análise estrutural da área de estudo foi feita mediante a interpretação de imagens de satélite e fotografias aéreas (escala 1:25 000) bem como pela coleta sistemática das atitudes de planos de fraturas e outras estruturas diretamente no campo. De posse desses dados, foi elaborado o mapa geológico estrutural e diagramas de frequência de direção das diferentes estruturas. Os dados encontram-se agrupados no mapa da Figura 6.26.

Ressaltamos que a análise estrutural não é um objetivo básico deste trabalho, todavia, esta ganhou importância devido aos estudos de estabilidade geotécnica no interior das cavernas.

- **Análise da Orientação dos Elementos de Relevo**

Para analisar os principais elementos de relevo foram realizados levantamentos em imagens de satélites, aerofotografias (escala 1:25 000) e cartas topográficas do IBGE (escala 1:50 000).

Inicialmente, foi realizado estudo levantamento da orientação de toda a rede hidrográfica, caracterizando inclusive os diferentes padrões de drenagem ao longo da área de estudo. Em um segundo momento, foi realizado levantamento visando caracterizar as orientações dos topos das elevações existentes na área.

De posse destes dados, foram elaborados diagramas de rosetas das orientações dos elementos de relevo analisados (figura 19).

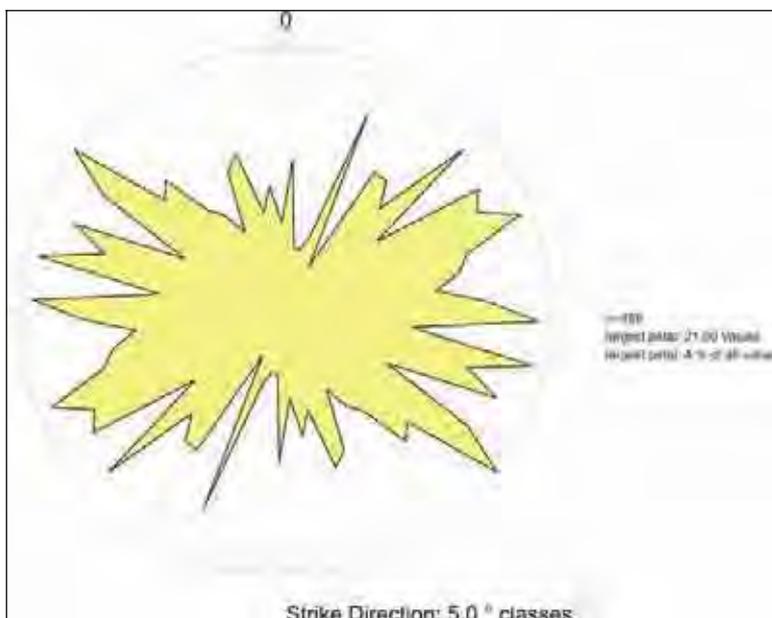


Figura 19 – Diagramas de rosetas das orientações de elementos de relevo da área de estudo.

A análise dos elementos de relevo nos permite caracterizar quatro direções preferenciais de orientação. São elas: a) N40/50W; b) EW; c) N40/60E; d) NS.

a) Direção N40/50W

Esta direção é a mais evidente tanto na área de estudo como na região adjacente. São caracterizados por alinhamentos retilíneos, localmente curvilíneos, contínuos e amplamente distribuídos pela área. Podem ser facilmente visualizados em imagens de satélites, aerofotografias ou mapa devido ao forte alinhamento dos elementos de relevo.

Da mesma forma, os diques de diabásio e as zonas de cisalhamentos identificadas encontram-se orientados segundo essa mesma direção.

b) Direção EW

Esta direção, em uma primeira análise, não aparenta ter grande importância. Entretanto, tanto nos diagramas elaborados a partir de fraturas obtidas em campo como naqueles feitos a partir das orientações dos elementos de relevo, a direção EW sempre se apresenta de forma destacada (vide figuras 19 e 20).

Esta direção apresenta alinhamentos longos, espaçados, porém, amplamente disseminados por toda a área de estudo, muitas vezes truncando e deslocando os demais alinhamentos, o que nos leva a crer que, possivelmente, estes alinhamentos seriam representantes de um dos últimos eventos tectônicos da região.

Segundo esta direção, podemos encontrar drenagens longas e meandranes correndo em vales abertos.

c) Direção N40/60E

Outra importante direção de orientação dos elementos de relevo. Ocorrem como uma série de pequenos alinhamentos descontínuos mais muito persistentes. Apesar de estarem disseminados por toda a área de estudo, os alinhamentos N40/60E são mais marcantes nas áreas de afloramentos das Formações Pirambóia e Botucatu.

Normalmente estes alinhamentos originam vales cujos cursos d'água são afluentes dos rios principais, orientados segundo N40/50W.

Geralmente, os alinhamentos N40/60E são segmentados pelos alinhamentos N40/50W, o que nos leva a considerar uma certa cronologia no desenvolvimento destes alinhamentos.

d) Direção NS

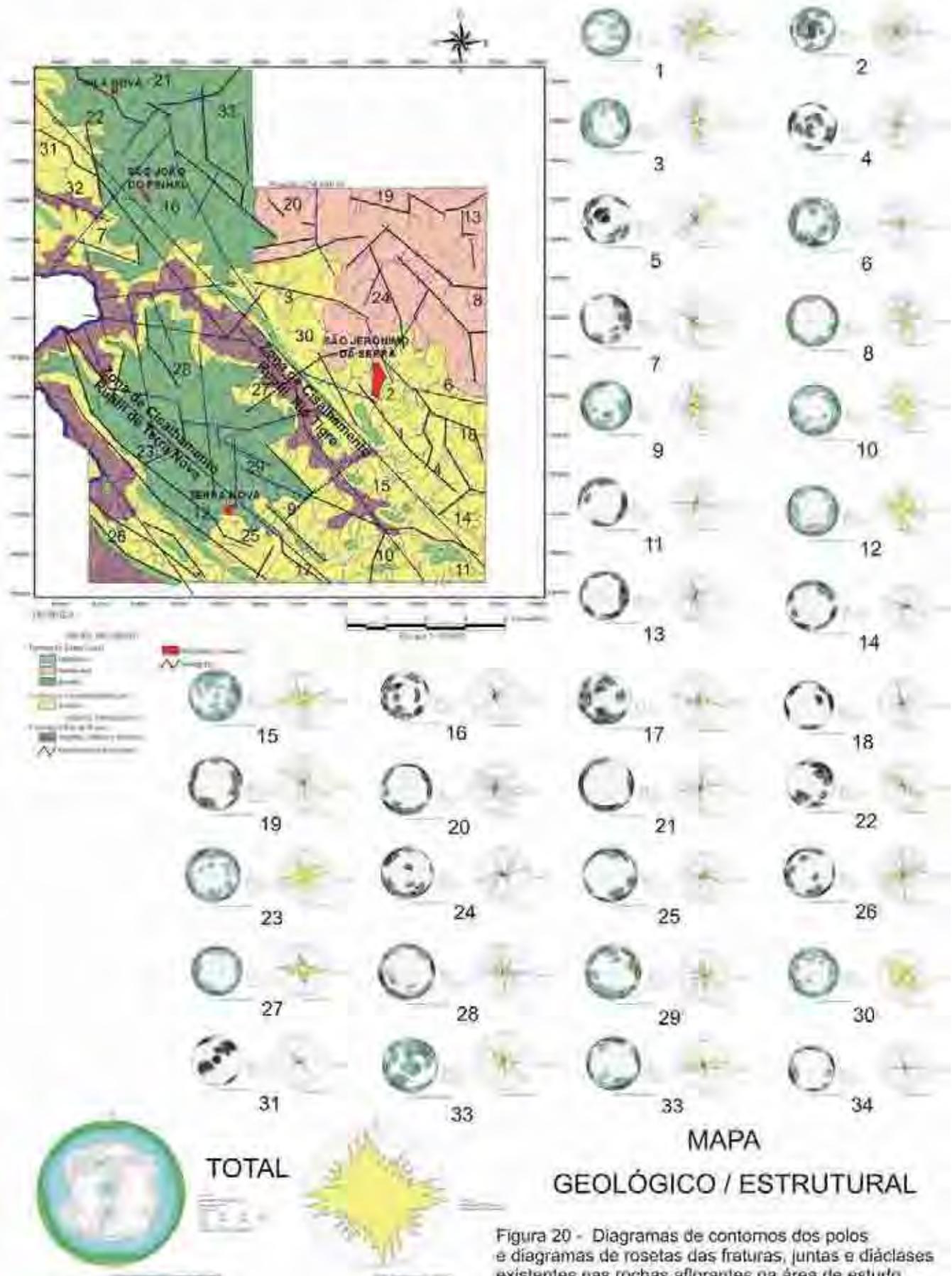
Os lineamentos orientados segundo NS apresentam uma disseminação irregular e heterogênea ao longo da área de estudo, estando concentrado nas proximidades do vale do rio Tibagi e na porção leste da área de estudo.

Trata-se de alinhamentos de pequenas dimensões, segmentados e bem espaçados. Aparentemente esta direção sobrepõe às outras, podendo ser represente último evento tectônico da área.

• Análise dos Elementos Identificados em Campo

As principais estruturas impressas nas rochas e observadas em campo são as fraturas (juntas ou diáclases) e as zonas de cisalhamento rúpteis (falhas) - Painel 04. Também foram observadas bandas de deformação de caráter rúptil, lineações, feições sigmoidais, cristalização e minerais fibrosos em fraturas e juntas plumosas. Tais elementos são consistentes com os observados por Strugale *et al.* (2004).

As atitudes dos elementos citados anteriormente foram coletadas sistematicamente e posteriormente foram confeccionados diagramas de contornos de pólos e de rosetas (Figura 20).



Por toda a área de estudo foram observadas diversas zonas de cisalhamento de diferentes dimensões. Destaque para a Zona de Cisalhamento do Rio Tigre – ZCRT -(o chamado *host* ou zona de falha do Rio Tigre de Strugale *et al.* 2004). Trata-se de estrutura de caráter rúptil com direção geral N40 – 50W, mergulhos verticalizados ou voltados preferencialmente para SW/W. Tal feição pode ser facilmente observada em imagens de satélites ou em mapa (Figura 20) posto que orienta fortemente o relevo.

Nos diagramas de roseta e de contorno dos pólos dos planos de fraturas e falhas também é possível de facilmente identificar esta estrutura.

A ZCRT é composta por uma série de falhas paralelas / sub-paralelas facilmente identificáveis, originando um feixe de falhas que pode chegar a espessuras de um quilômetro. Ao longo da zona de cisalhamento podem ser observados diques de diabásio com direção paralela à da zona de cisalhamento.

Apesar do caráter rúptil dessa estrutura, em campo, associados com essa zona de cisalhamento, foram observados cisalhamento, cristais de quartzo com coloração esverdeada o que pode indicar que as condições de pressão e temperatura podem ter atingido valores elevados.

A movimentação da Zona de Cisalhamento do Vale do Rio Tigre é normal sendo que o bloco situado a SW abateu e o localizado a NE da referida estrutura soergueu. Todavia, foram identificadas evidências (estrias horizontais e fraturas escalonadas) de pulsos cinemáticos de caráter transcorrente com movimentação ora dextral ora sinistral. As estruturas *pull apart* visualizadas nas cavernas (Painel 05) são bons exemplos.

Ainda relacionado com a zona de cisalhamento do Rio Tigre foram observadas falhas diversas. Trata-se de falhas normais e lítricas (Painel 05), orientadas segundo N/NW, com rejeito de alguns poucos centímetros e caimento preferencial voltado para NW.

Uma outra estrutura marcante na área é a chamada zona de cisalhamento de Terra Nova (ZCTN). Trata-se de estrutura similar a ZCRT, ou seja, zona de

cisalhamento de caráter rúptil, verticalizada e formada por um feixe de falhas e fraturas paralelas a sub-paralelas que ocorre nas proximidades do distrito de Terra Nova.

Pelo o observado em campo, a ZCTN apresenta uma movimentação principal vertical (falha normal) com pulsos horizontais de movimentos sinistrais.

As zonas de cisalhamento e falhas ganham importância quando considerado a espeleogênese bem como o desenvolvimento das cavernas de arenito existentes na área.

Estas estruturas originam bandas de deformação que se traduzem como planos de fraturas onde o cisalhamento é acomodado pela fragmentação dos grãos de quartzo e a conseqüente diminuição da granulometria, pelo colapso da porosidade e finalmente, fluxo cataclástico (STRUGALE *et al.* 2004; DAVIS *et al.*, 1999).

Magnavita (2000) dentre outros, afirma que as bandas de deformação (e as zonas de cisalhamento) são importantes locais de convergência de fluídos durante os pulsos cinemáticos. Tal fato poderia estar favorecendo a espeleogêne.

As fraturas são amplamente disseminadas por todas as litologias identificadas na área de estudo. Podem ser distinguidas famílias com diferentes orientações e origens.

Todavia, além das fraturas de origem tectônica, podem ser observadas também juntas relacionadas com as atividades magmáticas. As mais comuns são aquelas devido ao resfriamento e conseqüente diminuição de volume. Tais fraturas ocorrem nos basaltos e dacitos da Formação Serra Geral.

Em algumas lentes de arenito que ocorrem em meio ao magma também podem ser observadas estruturas tipo *boudinage* sendo tais fraturas resultantes da extensão de um corpo rígido em meio a um magma mais fluído. Tais estruturas são importantes marcadores cinemáticos.

Quanto à orientação preferencial das fraturas, quatro direções são facilmente identificadas (figura 20), direções estas similares àquelas reconhecidas nos estudos da orientação dos elementos de relevo e também citadas por Strugale *et al.* (2004). São elas, por ordem de frequência (figura 20): a) EW; b) NS; N40/50W; d)N40/60E.

a) Fraturas com Direção EW

Apesar do fato destas fraturas não se mostrarem muito proeminentes quando da análise dos fotolineamentos, em campo as fraturas com direção EW apresentaram grande representatividade.

Trata-se de fraturas longas, espaçadas entre si, com representação constante ao longo de toda a área de estudo. Em superfície as fraturas EW condicionam longos cursos d'água com vales amplos. Pelos dados disponíveis aparentemente estas fraturas são abertas, permitindo o fluxo de fluídos e conseqüentemente, a dissolução da sílica e a abertura de cavidades. Esta hipótese já havia sido considerada por Celligoi (1999) em estudos voltados a hidrogeologia.

Estas fraturas condicionam o desenvolvimento de algumas cavidades estudadas.

b) Fraturas com Direção NS

Esta direção evidencia outra importante família de fraturas que, da mesma maneira que as fraturas EW, também condicionam o desenvolvimento das cavernas existentes na região.

As fraturas NS são pequenas e persistentes estando amplamente representada em toda a área de estudo, em especial nas proximidades do Rio Tibagi.

Esta direção aparentemente está relacionada com uma tectônica normal, sendo sua maior expressão o vale do Rio Tibagi. Também foram reconhecidos

falhas e pulsos cinemáticos com caráter direcional (falhas trascorrentes) orientado segundo esta direção. Celligoi (1999) afirma que as fraturas orientadas NS são estruturas fechadas, sem grandes fluxos de fluídos. Todavia, foi constatado que esta direção é importante para o desenvolvimento das cavidades.

c) Fraturas com Direção N40/50W

As fraturas orientadas segundo a N40/50W são importantes, pois as mesmas estão relacionadas com as zonas de cisalhamentos ali desenvolvidas. Na verdade estas fraturas representam as faixas onde a deformação ocorre de forma mais intensa, especialmente pela diminuição da granulometria dos grãos de quartzo e a redução da porosidade.

Estas fraturas encontram-se representadas por toda a área de estudo concentrando-se nas proximidades das zonas de cisalhamento definidas anteriormente.

Mas raramente, podemos encontrar cavernas com desenvolvimento principal paralelo a esta direção.

d) Fraturas com Direção N40/60E

As fraturas orientadas segundo N40/60E não condicionam o desenvolvimento de cavernas. Tratam-se fraturas bem marcadas e amplamente disseminadas pela área.



A



B



C



D



E



F



G



H



I



J



K



L

Painel 04 - Principais estruturas impressas nas rochas da área de estudo. **A); B); C); D); E) e F)** Zonas de cisalhamento rúptil (falhas) identificadas nos arenitos aflorantes na área de estudo; **G)** Zona de deformação caracterizada por fraturas verticalizadas; **H)** fraturas de extensão tipo *boudinage*; **I) e J)** Aspecto de apastilhamento observado nas rochas da Formação Rio do Rasto; **K) e L)** estruturas tipo *pull apart* observadas no teto de cavernas areníticas, controlando inclusive o abatimento de blocos.

- **Controle Estrutural das Cavernas**

As cavidades desenvolvidas nos litotipos areníticos e estudadas neste trabalho apresentam forte controle estrutural. Em outras palavras, o desenvolvimento da cavidade bem como a abertura de galerias e salões, está intimamente relacionado com as estruturas existentes nas rochas.

Por outro lado, quando comparamos a direção do maior eixo da caverna (maior desenvolvimento) com os diagramas de roseta e de contorno de pólos obtidos utilizando as atitudes de planos de fraturas, não sempre haverá coincidência (Tabela 08 e Painel 05). Muitas vezes a direção mais freqüente de fraturas no interior da caverna não é a mesma do desenvolvimento principal da mesma.

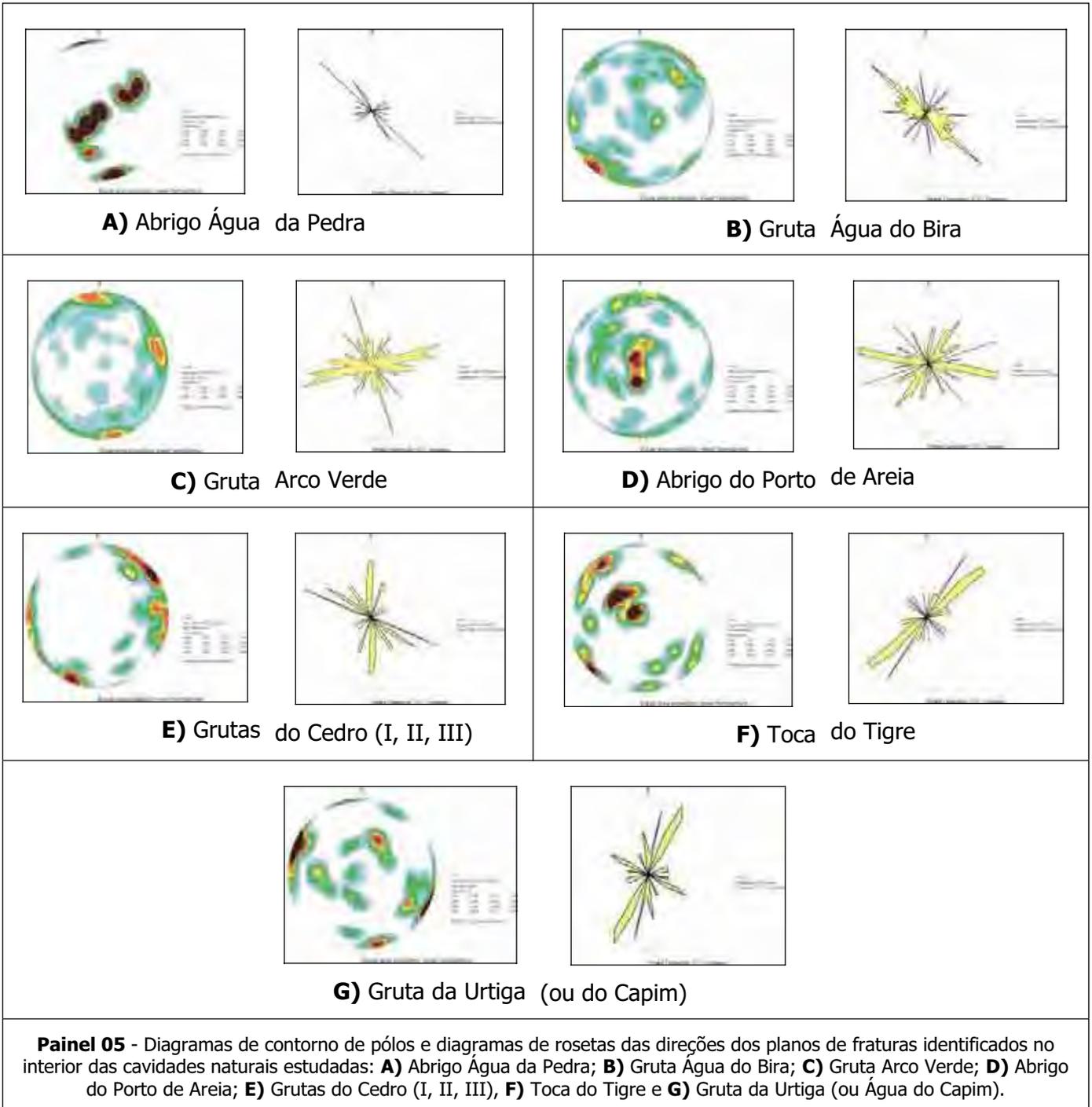
Pelo observado na Tabela 08, bem como no Capítulo 6. As Cavernas de São Jerônimo da Serra, as cavernas desenvolvem preferencialmente segundo NS e, secundariamente segundo EW. Em apenas uma situação (Gruta Água do Bira) a cavidade se desenvolveu tendo como direção principal N40/50W.

Entretanto, ao analisarmos os diagramas do Painel 05, verificamos que o fraturamento existente no interior das cavernas é coincidente com aqueles observados regionalmente.

Um bom exemplo é o conjunto de cavidades existentes na região do Cedro (Grutas do Cedro I, II e III) e a Toca do Tigre. As principais direções de desenvolvimento dessas cavernas são EW e NS. Todavia, a análise dos diagramas de roseta e de contorno de pólos mostra uma grande freqüência de fraturas N40/60E. Apesar de aparecerem em menor quantidade, as fraturas NS e EW são mais importantes para a abertura das cavidades.

Tabela 08 - Direções preferenciais de desenvolvimento das cavidades estudadas.

Caverna	Desenvolvimento principal	Desenvolvimento Secundário
Arco Verde	NS	EW
Porto de Areia	NS	EW
Tigre	NS	EW
Água da Pedra	EW	NS
Cedro I	EW	NS
Cedro II	EW	NS
Cedro III	NS	EW
Urtiga (Água do Capim)	NS	EW
Bira	NW	NS



5.5.5. Hidrografia

A área de estudo está inserida na bacia hidrográfica do Rio Tibagi (Figura 21 e 22). Os principais corpos d'água são os Ribeirões Esperança, Passo Liso, dos Pilões e os Rios do Tigre e São Jerônimo.

Estes cursos d'água são, vistos de regra, fortemente influenciados pelo fraturamento das rochas e por diques de diabásio, possuindo proeminente orientação preferencial segundo NS e NW. Esta afirmação fica mais evidente quando é estudado a sub-bacia hidrográfica do Rio Tigre (Figura 22).

Segundo Benitez *et al.* (1999), a sub-bacia hidrográfica do Rio Tigre abrange uma área de 240 km² constituída pelo Rio do Tigre e seus afluentes, sendo o principal o Ribeirão dos Pilões. O referido autor cita ainda que bacia pode ser dividida em três setores, segundo o padrão de drenagem.

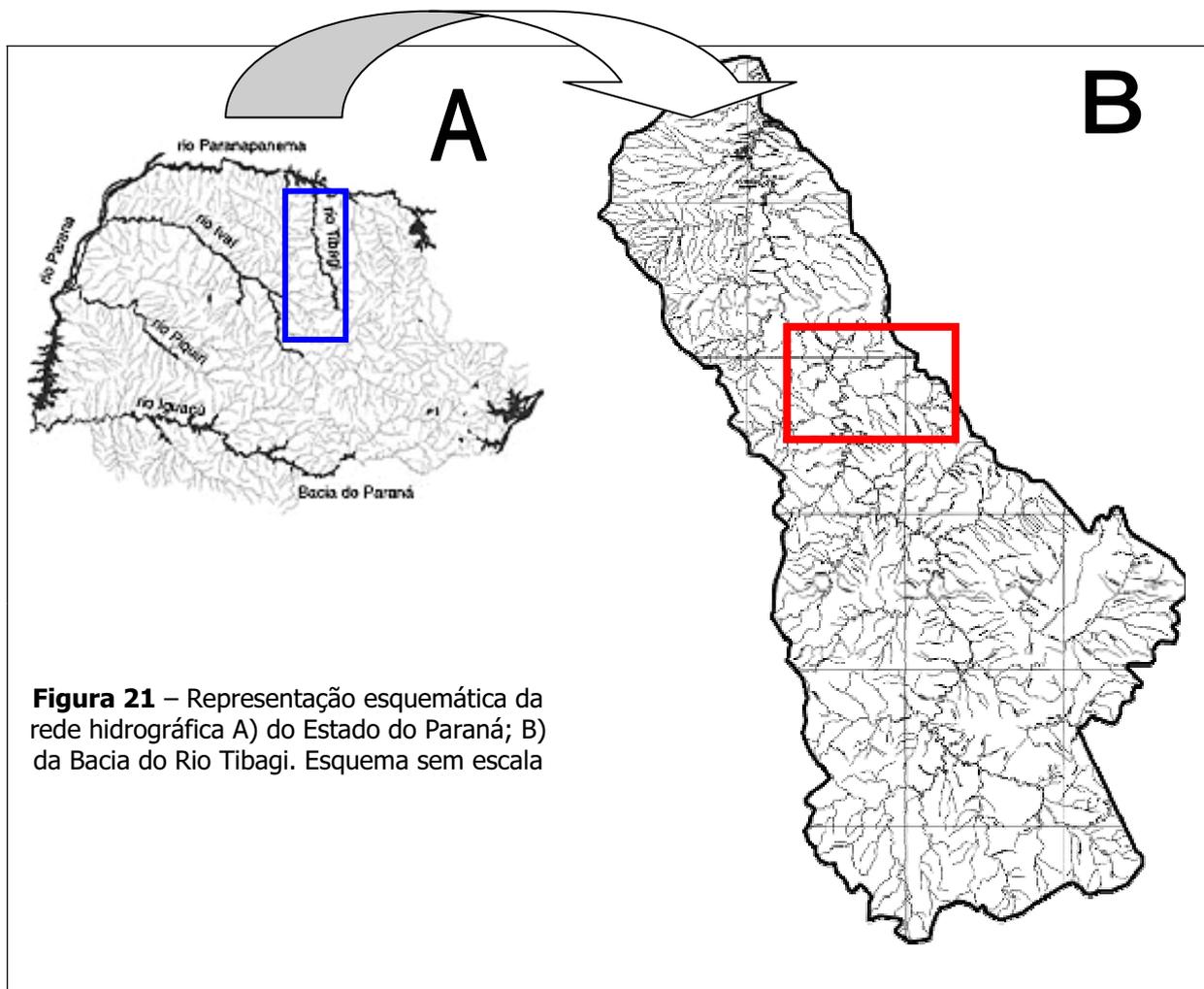
O primeiro engloba a micro bacia do Ribeirão dos Pilões. Nesta região observa-se um padrão de rede de drenagem sub-dendrítico e secundariamente o padrão retangular.

A densidade de textura de drenagem é considerada alta. Tal fato deve-se a grande quantidade de tributários, o que se dá devido aos solos de textura fina, oriundos da decomposição dos argilitos, siltitos e folhelhos pertencentes a Formação Rio do Rastro.

Quanto à sinuosidade, predomina o padrão retilíneo a misto. A angularidade dos cursos é média. Com relação a tropia, os cursos d'água desta região podem ser classificados como multidirecionais ordenados. A assimetria é fraca, mas, em alguns momentos a mesma torna-se forte.

Uma segunda área pode ser reconhecida englobando o alto curso do Rio Tigre e seus afluentes.

Em relação ao padrão de drenagem, da mesma forma que no compartimento descrito anteriormente, foram identificados os padrões sub-dendrítico, retangular e o chamado padrão *pincer-like*.



A densidade de textura de drenagem é média e a sinuosidade é moderada. Em vários locais foram identificados alinhamentos praticamente retilíneos. Os Rios e riachos da região apresentam ângulos de confluência grandes e médios. A tropia é multidirecional ordenada. Apresenta um grau fraco de assimetria, posto que os tributários apresentam-se de tamanhos e formas semelhantes.

O terceiro e último setor, pouco se assemelha com as outras partes, a não ser nas regiões limítrofes.

Esta área é composta pelo médio e baixo Tigre, seus tributários e a micro-bacia do Ribeirão Taquara.

O padrão de drenagem angular sendo caracterizado pelos tributários e cursos de 2ª e 3ª ordem, longos. No curso principal observa-se um padrão anastomótico.

Devido à presença de solos com textura grosseira, a absorção de água é maior, resultando em um menor número de cursos, fazendo com que se tenha uma densidade de textura de drenagem baixa.

Com relação à sinuosidade das drenagens, foram identificados trechos retilíneos à moderadamente meandrante. Apresentam uma angularidade baixa.

As direções das drenagens se dão de forma unidirecional e multidirecional ordenada.

Em virtude da situação geomorfológica e geológica, os cursos d'água são encachoeirados sendo registradas várias corredeiras e quedas d'água destacando-se o Salto do João Nogueira ou Salto do Tigre (136 metros) e o Salto do Tamanduá (160 metros).

No que se refere a condicionamento estrutural da drenagem, de acordo com as orientações preferenciais de cada setor, os cursos de água apresentam direções preferenciais segundo EW, NE, NW. Vale ressaltar que na região, direções NW condicionam os principais elementos do relevo.

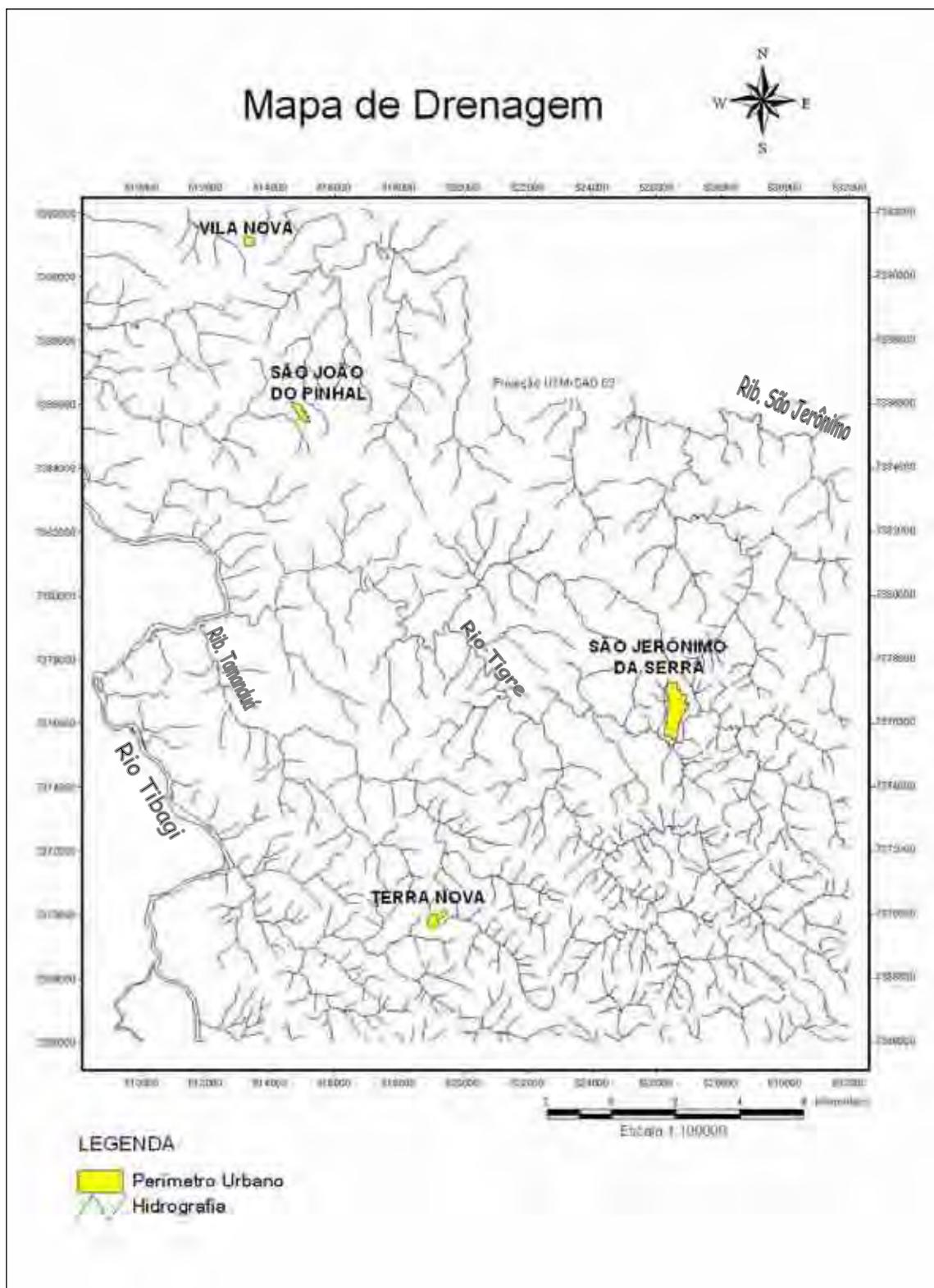


Figura 22 – Rede de drenagem da área de estudo.

5.6. ATRATIVOS NATURAIS

Passaremos agora a descrever os principais atrativos naturais identificados na área de estudo sendo que a localizados dos mesmos encontra-se na Figura 23.

Para cada ponto descrito procurou-se fornecer informações adicionais tais como acesso, distância de caminhada, grau de dificuldade dentre outros.

O grau de dificuldade de acesso dos diferentes pontos estudados foi classificado como baixo, moderado e elevado, levando-se em conta a facilidade que uma pessoa de cinqüenta anos, ou uma de quarenta anos que não pratica atividade física teria para se chegar até o atrativo.

Assim, um local de fácil acesso foi classificado como tendo um grau de dificuldade baixo, enquanto que um local de difícil acesso, foi classificado como tendo um grau de dificuldade elevado.

Tais considerações foram feitas tomando-se por base a situação atual dos locais estudos. Caso sejam implementadas melhorias (escada, corrimão, dentre outros), o grau de dificuldade certamente irá diminuir.

5.6.1. O Vale do Tigre (Fotografia 18)

Localizado as margens sul da cidade de São Jerônimo da Serra, este vale tem por característica principal a formação de paredões originados pela erosão diferencial dos Arenitos Pirambóia e Botucatu, sustentados pelas vulcânicas da Formação Serra Geral. Possui uma extensão de aproximadamente 45 km no sentido SE para NW desembocando no vale do Rio Tibagi.



Fotografia 18 – O Vale do Rio Tigre visto do Salto do João Nogueira. Autor: Ângelo Spoladore.

Na margem direita do vale a vegetação nativa tem uma presença significativa, fator este que deve ser atribuído ao escarpado do relevo dificultando o acesso para o extrativismo de madeira. A existência de duas reservas indígenas e do Parque Estadual do Penhasco Verde ajudou também na preservação da mata ali existente.

No entanto na margem esquerda do vale, entre a escarpa e o fundo do mesmo, o relevo é mais suave proporcionando a criação extensiva de gado resultando no desmatamento de quase toda área da citada margem.

O vale serve como escoamento da maioria dos rios e ribeirões desta parte do Município, sendo os principais: Água do Capim, Ribeirão dos Pilões, Rio São Jerônimo, Água do Taquara que formam o Rio do Tigre que por sua vez deságua no Rio Tibagi. Com a maioria dos rios desaguando no vale, que tem uma diferença de altitude de 200m do restante do relevo, temos uma grande quantidade de saltos cascatas, e cachoeiras o que dá ao Vale do Tigre grande potencial turístico, destacando-se o Salto do Tigre (ou Salto do João Nogueira) com 136 m de altitude.

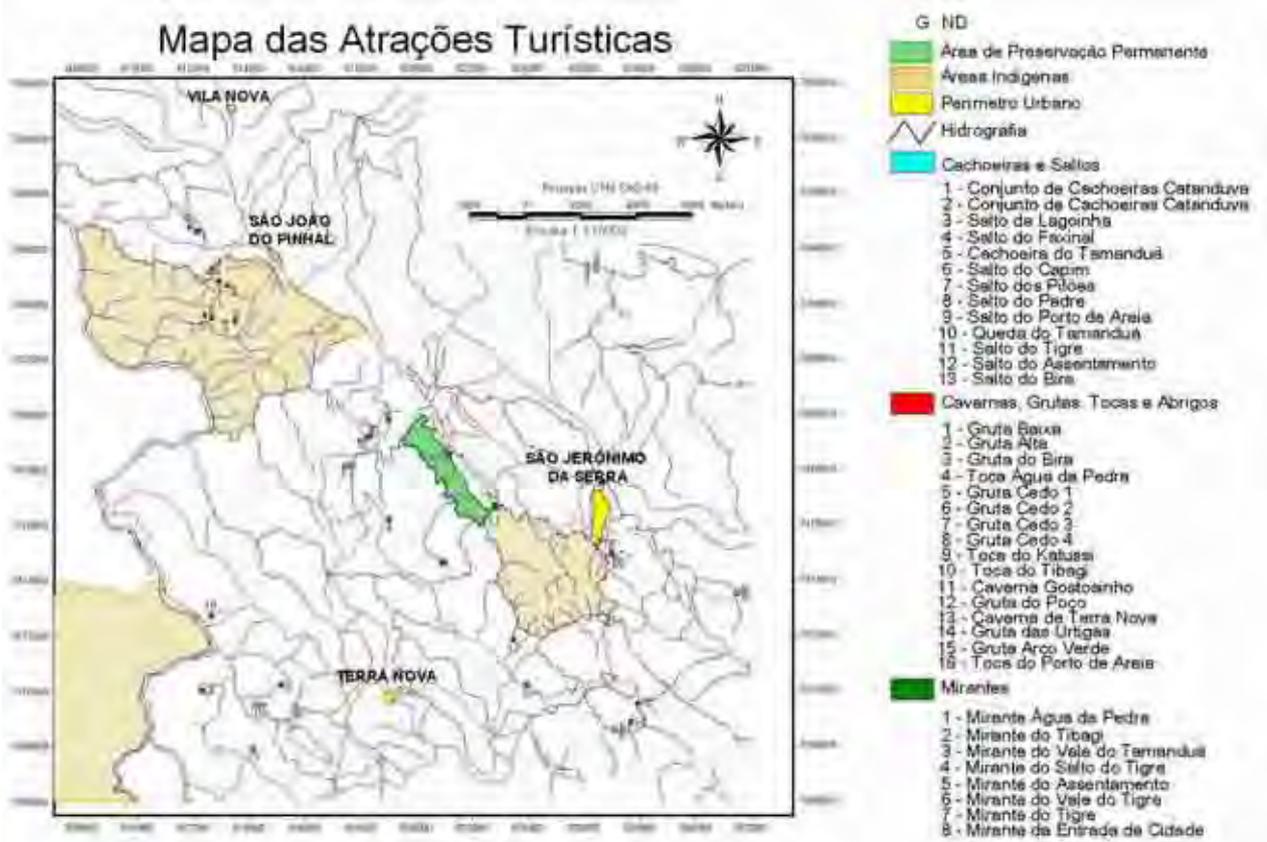


Figura 23. Os atrativos naturais de São Jerônimo da Serra.

5.6.2. Cavidades Naturais

A região de São Jerônimo abriga um dos mais belos conjuntos de cavernas em arenitos já descoberto no Brasil. São cerca de 60 cavernas desenvolvidas nos litotipos das formações Pirambóia/Botucatu com dimensões variáveis e ricas em ornamentos diversos.

Destacam-se as seguintes cavidades: Gruta do Cedro I, Gruta do Cedro II, Gruta Arco Verde, Gruta do Poço, Abrigo do Porto de Areia e Abrigo do Assentamento. Ressaltamos ainda que as fotografias e maiores informações dessas cavidades encontram-se em outros capítulos deste trabalho.

Caverna Terra Nova

- Localização e acesso: Localizada nas imediações de Terra Nova, o acesso é feito por intermédio de uma trilha pouco marcada. É aconselhável solicitar guias e informações aos moradores da região. Local pouco conhecido e pouco visitado.
- Distância de caminhada: 1,5 km
- Dificuldade da trilha e da caverna: moderada
- Desenvolvimento: não mapeada. Todavia foi observado que a caverna possui pelo menos 03 salões.
- Observações: grande quantidade de água no interior da caverna. Cavidade desenvolvida em meio a arenitos da Formação Botucatu.

Toca do Tibagi

- Localização e acesso: Localizada a cerca de 1,5km da margem do Rio Tibagi. Para chegar até o local é mais fácil ir até Tamarana e daí então pegar um barco para atravessar o Tibagi, quando então se segue por mais quilômetro e meio sem trilha demarcada. O local é pouco conhecido e praticamente sem visitação.
- Distância de caminhada: 1,5 km
- Dificuldade da trilha e da caverna: elevada
- Desenvolvimento: não mapeada. Todavia foi observado que a caverna possui pouco desenvolvimento sendo o teto muito baixo.
- Observações: Apesar da cavidade ter se desenvolvida em meio a litologias areníticas, possui diversos ornamentos de composição carbonática.

Gruta Arco Verde

- Localização e acesso: Localizada na Fazenda Arco Verde, estrada que une São Jerônimo a Terra Nova. Local bastante conhecido e com boa visitação. Não existe qualquer tipo de infra-estrutura no local.

- Distância de caminhada: 800 metros
- Dificuldade da trilha e da caverna: moderada a elevada
- Desenvolvimento: 52 metros
- Observações: apresenta quantidade razoável de água em seu interior. Observa-se grande quantidade de depósitos sedimentares de composição psamítica transportados e depositados pelas águas de escoamento superficial que adentram na caverna. Cavidade desenvolvida em meio a arenitos da Formação Botucatu.

Gruta das Urtigas

- Localização e acesso: Localizada na Fazenda Arco Verde, às margens da estrada que une Terra Nova a São Jerônimo. Para chegar até a caverna segue-se por trilha pouco marcada. Apesar de ser visível da estrada, o local é pouco visitado.
- Distância de caminhada: 1,5 km
- Dificuldade da trilha e da caverna: moderada a elevada.
- Desenvolvimento: 35 metros
- Observações: observa-se grande quantidade de blocos abatidos e de água no interior da caverna. Cavidade desenvolvida em meio a arenitos da Formação Botucatu. Foram identificados restos arqueológicos (fragmentos líticos e cerâmica)

Gruta do Poço

- Localização e acesso: Não existe trilha demarcada para o acesso à caverna, apesar das evidências da utilização da caverna para fins religiosos. No geral, o local é pouco conhecido e pouco visitado.
- Distância de caminhada: 2,5 km
- Dificuldade da trilha e da caverna: elevada
- Desenvolvimento: não mapeada. Todavia foi observado que a caverna possui 3 grandes salões.
- Observações: presença de drenagem em seu interior. Local utilizado para fins religiosos.

Gruta Gostosinho

- Localização e acesso: o acesso a caverna é feito por estrada sem conservação onde é possível seguir somente por caminhada. Local pouco conhecido e praticamente sem visitação.
- Distância de caminhada: 6 km
- Dificuldade da trilha e da caverna: elevada
- Desenvolvimento: parcialmente mapeada. Até o momento foram mapeados 70 metros de caverna.
- Observações: drenagem interna com vazão bastante razoável. Temperatura interna baixa (média de 16°C). Cavidade desenvolvida em meio a arenitos da Formação Botucatu.

Toca do Porto de Areia

- Localização e acesso: Cavidade localizada próxima a um porto de areia existente na saída de São Jerônimo em direção a Terra Nova. O acesso é feito por trilha pouco marcada. Local pouco conhecido e pouco visitado.
- Distância de caminhada: 1,5 km

- Dificuldade da trilha e da caverna: moderada
- Desenvolvimento: 8 metros
- Observações: Trata-se na realidade de um conjunto de pequenas tocas. A mais profunda possui 8 metros de desenvolvimento. As cavidades desenvolvidas em meio a arenitos da Formação Botucatu. Foram identificados vestígios arqueológicos em seu interior.

Caverna do Cedro I

- Localização e acesso: Localizada na reserva indígena Barão de Antonina, Sub-Sede do Cedro. A trilha que dá acesso ao local é pouco marcada. Local pouco conhecido e pouco visitado.
- Distância de caminhada: 1km
- Dificuldade da trilha e da caverna: moderada
- Desenvolvimento:45 metros.
- Observações: grande quantidade material arqueológico no interior da caverna. Cavidade desenvolvida em meio a arenitos da Formação Botucatu.

Caverna do Cedro II

- Localização e acesso: Localizada ao lado da Gruta do Cedro I. Local pouco conhecido e pouco visitado.
- Distância de caminhada: 1,2 km
- Dificuldade da trilha e da caverna: moderada
- Desenvolvimento: 36,8 metros. Ligada caverna do Cedro I por um conduto estreito.
- Observações: Desenvolvida em meio aos arenitos Botucatu. Apesar da proximidade, não foram observados vestígios arqueológicos.

Caverna do Cedro III

- Localização e acesso: Localizada ao lado das Cavernas Cedro I Cedro II. Local pouco conhecido e pouco visitado.
- Distância de caminhada: 1,5 km
- Dificuldade da trilha e da caverna: moderada
- Desenvolvimento: 52,4 metros
- Observações: Presença de água no interior da caverna. Grande quantidade de blocos abatidos. Cavidade desenvolvida em meio a arenitos da Formação Botucatu.

Caverna do Cedro IV

- Localização e acesso: Localizada ao lado das Cavernas Cedro I, II e III. Local pouco conhecido e pouco visitado.
- Distância de caminhada: 1,9 km
- Dificuldade da trilha e da caverna: moderada
- Desenvolvimento: 48 metros
- Observações: Cavidade desenvolvida em meio a arenitos da Formação Botucatu.

Água da Pedra

- Localização e acesso: localizada nas proximidades do Mirante Água Pedra, perto do distrito de Pinhal. Para se chegar até o local segue-se a te Pinha, posteriormente indo por estrada rural sem muita conservação. Após chegar na

fazenda Água da Pedra, segue-se por trilha a pé. Local bastante conhecido recebendo vários visitantes.

- Distância de caminhada: 2,5 km
- Dificuldade da trilha e da caverna: moderada
- Desenvolvimento: 16 metros
- Observações: Caverna desenvolvida em meio a arenitos da Formação Botucatu. A utilização para fins religiosos é intensa no local. Podem ser observados vários objetos deixados no local bem como imagens de santos.

Caverna do Bira

- Localização e acesso: Situada nas proximidades do Distrito do Pinhal, o acesso é feito através de trilha pouco marcada com aproximadamente 3,2km, em meio a uma fazenda particular de criação de gado. Faz-se necessário solicitar autorização ao proprietário. Local pouco conhecido recebendo poucos visitantes.
- Distância de caminhada: 3,2 km
- Dificuldade da trilha e da caverna: moderada
- Desenvolvimento: 47,1 metros
- Observações: Caverna desenvolvida em meio a arenitos da Formação Botucatu. Possui duas entradas e fica atrás da Cachoeira do Bira

Gruta Alta

- Localização e acesso: Após chegar na Gruta do Bira, segue-se por trilha pouco marcada (muitas vezes tendo que abrir caminho com facão) margeando o paredão rochoso até chegar na Gruta Alta. Local desconhecido não recebendo visitas.
- Distância de caminhada: 4,4 km
- Dificuldade da trilha e da caverna: elevada
- Desenvolvimento: não mapeada
- Observações: Caverna desenvolvida em meio a arenitos da Formação Botucatu. Ela é composta por um único salão com formato circular.

Gruta Baixa

- Localização e acesso: Após chegar na Gruta Alta, segue-se beirando o paredão rochoso por mais 200 metros. Local desconhecido não recebendo visitantes.
- Distância de caminhada: 4,6 km
- Dificuldade da trilha e da caverna: elevada
- Desenvolvimento: não mapeada
- Observações: Caverna desenvolvida em meio a arenitos da Formação Botucatu. Caverna com o teto muito baixo sendo, em seu interior, possível apenas rastejar. Possui dois salões circulares (diâmetro aproximado 20 metros o que dá um desenvolvimento estimado de 40 metros).

5.6.3. Quedas D'Água, Saltos e Cachoeiras

Devido a geomorfologia bem como pela presença de diferentes rochas com propriedades distintas, são comuns nesta região a ocorrência de cachoeiras, corredeiras, saltos e quedas d'água em geral. Até o momento já foram estudadas com algum detalhamento dezoito (18) cachoeiras sendo outras tantas já foram visitadas.

Normalmente os saltos ocorrem na região da escarpa onde as rochas da Formação Serra Geral forem mais representativas. Em regiões onde as rochas efusivas estão ausentes, ou seja, o arenito não recebe proteção mecânica da ação das águas dos Rios, as cachoeiras são mais raras.

Dentre as quedas d'água estudadas destacam-se as seguintes: Cachoeira do João Nogueira (ou Salto do Tigre), Salto do Passo Liso, Cachoeira do Padre, Cachoeira de Caratua, Salto do Pilão, Salto do Tamanduá, Salto do Porto de Areia, Cachoeira do Abrigo do Tigre.

Dentre as citadas, sem sombra de dúvida, a mais impressionante é o Salto do Tigre. O Rio Tigre despenca de uma altura de 136 metros e suas águas vão se chocando contra um paredão de rocha ígnea extrusiva. Tal fato ocorre, pois as rochas na base da cachoeira são mais resistentes à erosão do que as rochas localizadas no topo da cachoeira.

A piscina formada é pequena e após o salto, as águas do Rio continuam com grande energia devido à declividade que ainda é muito elevada. O Rio segue então por uma seqüência de pequenos saltos e corredeiras.

Tanto nas proximidades do salto como no leito do Rio os blocos abatidos são abundantes. Isto torna o Rio perigoso inclusive originando sumidouros (a água infiltra por meio dos blocos abatidos saindo alguns metros à frente).



Fotografia 19 – O Salto do Tigre. Autor: Ângelo Spoladore

Salto do Tigre (ou João Nogueira) – Fotografia 19.

- Altura da queda: 136 metros.
- Corpo d'água: Rio do Tigre,
- Localização e acesso: É possível o acesso na porção superior com relativa facilidade. O acesso à piscina é feito por trilha com três quilômetros de extensão, bem marcada, mas, com alto grau de dificuldade. Recomenda-se cautela. A queda está localizada entre uma fazenda particular, uma reserva indígena e um Parque Estadual. Esta cachoeira é bem conhecida na região e recebe um fluxo razoável de visitantes. Não existe qualquer tipo de infraestrutura no local.
- Distância a ser caminhada: 3 km
- Dificuldade da trilha: elevada



Fotografia 20. – O Salto do Bira Autor: Ângelo Spoladore

Salto do Bira (Fotografia 20)

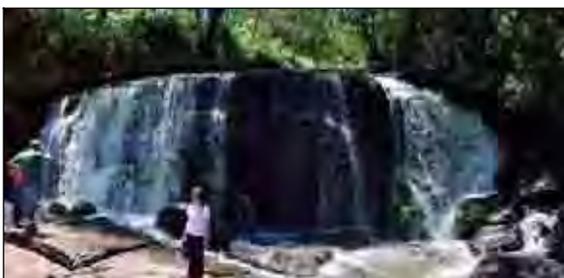
- Corpo d'água: Ribeirão do Pinhal.
- Altura da queda: 35 metros divididos em dois lances.
- Localização e acesso: Situada nas proximidades do Distrito do Pinhal, o acesso é feito através de trilha pouco marcada com aproximadamente 3,2km, em meio a uma fazenda particular de criação de gado. A estrada de liga São Jerônimo a Pinha não possui pavimentação asfáltica e faz-se necessário solicitar autorização ao proprietário. Uma segunda queda d'água com aproximadamente 43 metros está localizada a aproximadamente 50 metros Rio abaixo. Local pouco conhecido recebendo poucos visitantes.
- Distância a ser caminhada: 3.2km
- Dificuldade da trilha: moderada.



Fotografia 21 – O Salto do Caratuva.
Autor: Ângelo Spoladore

Conjunto de Saltos do Caratuva (Fotografia 21)

-
- Corpo d'água: Rio São Jerônimo
- Altura: 15 metros (altura total do desnível)
- Localização e acesso: Trata-se na verdade de um conjunto de quedas com diferentes tamanhos. Localizada na localidade de Caratuva, próximo ao asfalto e com acesso feito utilizando estrada rural e uma trilha bem marcada e com baixo grau de dificuldade. É possível nadar na piscina da cachoeira bem como se aventurar Rio acima. Local muito conhecido, recebendo assim um grande número de visitantes. Não existe qualquer tipo de infra-estrutura no local.
- Distância de caminhada: 1,4km
- Dificuldade da trilha: baixa



Fotografia 22 – O Salto do Padre. Autor:
Ângelo Spoladore

Salto do Padre (Fotografia 22)

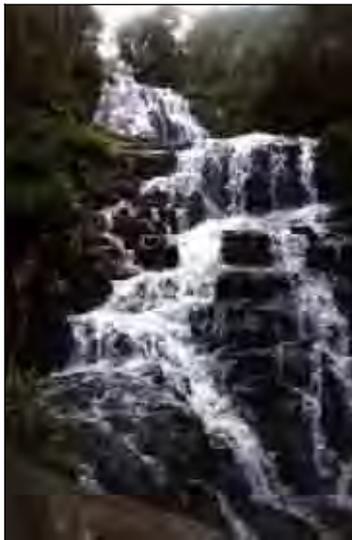
- Corpo d'água: Rio do Tigre
- Altura: 18 metros
- Localização e acesso: acesso é feito por estrada rural não asfaltada e posteriormente por uma breve caminhada em uma trilha bem marcada. O Salto do Padre é dividido em duas quedas. O acesso dá-se na porção central do salto. É possível andar por toda a área. Apesar de estar localizada em propriedade particular, o acesso é livre. Local bastante conhecido pela população, recebendo um número expressivo de visitantes. Não existe qualquer tipo de infra-estrutura no local.
- Distância de caminhada: 200 metros
- Dificuldade da trilha: baixa



Fotografia 23 – Salto da Lagoinha. Autor: Ângelo Spoladore

Salto da Lagoinha (Fotografia 23)

- Corpo d'água: Córrego da Lagoinha
- Altura: 8 metros
- Localização e acesso: Esta pequena e bela queda d'água está localizada nas imediações da região conhecida como Assentamento do Tigre ou Ponte do Tigre na Fazenda da família Katussi. O acesso é feito por meio de estrada de terra sem muita conservação (com chuva o acesso piora muito) e por trilha não definida. Pode-se também, seguir pelo leito do Rio Tigre. Local pouco conhecido recebendo um número bastante pequeno de visitantes.
- Distância de caminhada: 1,7 km (aproximadamente, utilizando a trilha)
- Dificuldade da trilha: moderada (trilha) a elevada (seguindo o curso do Rio)



Fotografia 24 – Salto do Assentamento. Autor: Leila Benitez

Salto do Assentamento (Fotografia 24)

- Corpo d'água: Córrego sem nome. Alguns moradores falam que é o Córrego (ou ribeirão) Passo Liso. Todavia em mapa, o Ribeirão Passo Liso está localizado em outro local.
- Altura: 46 metros
- Localização e acesso: Localizado nas imediações da região conhecida por Assentamento do Tigre ou Ponte do Tigre. O acesso é feito por meio de estrada de terra sem muita conservação (com chuva o acesso piora muito) e posteriormente por trilha bem marcada e fácil. Os moradores da região conhecem bem o local e podem guiar os visitantes. Existem churrasqueiras e mesas bem como um pequeno bar nas proximidades. O local está sendo utilizado para fins turísticos.
- Distância caminhada: 200 metros
- Dificuldade da trilha: baixa



Fotografia 25 – O Salto do Capim. Autor: Ângelo Spoladore.

Salto da Água do Capim (Salto do Capim) – Fotografia 25

- Corpo d'água: Córrego Água do Capim
- Altura: 58 metros
- Localização e acesso: localizado próximo à estrada que liga São Jerônimo à Terra Nova. O acesso é feito via estrada rural sem pavimentação asfáltica, mas bem conservada e posteriormente por trilha pouco marcada. A queda, apesar de possuir uma boa altura, possui uma baixa vazão d'água podendo até mesmo secar em algumas épocas do ano.
- Distância de caminhada: 1,2km
- Dificuldade da Trilha: moderada a elevada

Salto do Porto de Areia

- Corpo d'água: pequeno córrego sem nome em mapa. A população local chama de Córrego da Captação ou do Morro do Helicóptero.
- Altura: 12 metros
- Localização e acessos: localizado próximo a um porto de areia na saída de São Jerônimo em direção a Terra Nova. O acesso ao local é feito via uma trilha pouco marcada (o que pode fazer com que se ande mais do que o necessário), mas com baixo grau de dificuldade. O local é pouco conhecido pela população e recebe poucos visitantes.
- Distância de caminhada: 2,5km (aproximadamente)
- Dificuldade da trilha: baixo a moderado (dependendo do caminho seguido)

Salto dos Pilões

- Corpo d'água: Ribeirão dos Pilões.
- Altura: 23 metros
- Localização e acesso: a cachoeira está localizada próximo ao local onde a estrada que liga São Jerônimo a Terra Nova cruza com o Ribeirão dos Pilões. Não existe trilha definida. Pode-se seguir o curso do Rio. Após deixar a estrada principal o acesso torna-se difícil.
- Distância de caminhada: 500 metros
- Dificuldade da trilha: elevada



Fotografia 26 – Cachoeira do Tamanduá. Autor: Grupo Pé na Trilha (2003)

Cachoeira do Tamanduá (Fotografia 26)

- Corpo d'água: Ribeirão Tamanduá
- Altura: 82 metros
- Localização e Acesso: esta cachoeira está localizada nas proximidades de Terra Nova, já próximo a Rio Tibagi. O acesso até Terra Nova é feito por via de terra, mas com boa preservação. Após segue-se por trilhas pouco marcadas e com elevado grau de dificuldade. É possível alugar cavalos nas fazendas da região para se chegar até o local.
- Distância de caminhada: 5km (entre caminhadas e cavalgadas).
- Dificuldade da trilha: elevado



Fotografia 27 – Queda do Tamanduá. Autor: Grupo Pé na Trilha (2003)

Queda do Tamanduá (Fotografia 27)

- **Corpo d'água:** Ribeirão Tamanduá
- **Altura:** 65 metros
- **Localização e acesso:** esta cachoeira está localizada nas proximidades de Terra Nova, já próximo a Rio Tibagi, cerca de 2 km da chamada Cachoeira do Tamanduá. O acesso até Terra Nova é feito por via de terra, mas com boa preservação. Após segue-se por trilhas pouco marcadas e com elevado grau de dificuldade. É possível alugar cavalos nas fazendas da região para se chegar até o local
- **Distância de caminhada:** 4 km (entre caminhada e cavalgada)
- **Dificuldade da trilha:** elevado

5.6.4. Mirantes Naturais

São conhecidos na região diversos pontos chamados de mirantes naturais. Trata-se de locais com belas paisagens próprias para a contemplação passiva,

Pela beleza, merecem atenção especial os mirantes da Cachoeira do João Nogueira, do Assentamento, Fazenda Arco Verde e o da Estrada do Assentamento.



Fotografia 28 – Mirante do Vale do Tamanduá. Autor: Ângelo Spoladore.

Mirante do Vale do Tamanduá (Fotografia 28)

- Localização e acesso: região de Terra Nova. Após o distrito segue-se em direção ao Rio Tibagi. Ao longo do vale do Tamanduá existem vários mirantes naturais. Destaque para o local de onde é possível observar a foz do Tamanduá e o Rio Tibagi.
- Distância de Caminhada: 1 – 3 km (depende do local)
- Dificuldade da trilha: baixa



Fotografia 29 – Mirante do Vale do Tibagi. Autor: Angelo Spoladore.

Mirante do Vale do Tibagi (Fotografia 29)

- Localização e acesso: na região de Terra Nova existem vários pontos de onde é possível avistar o Rio Tibagi. O Vale do Tibagi, na região em questão, é encaixado sendo limitado por paredões rochosos abruptos. É possível chegar até as margens do Tibagi.
- Distância de caminhada: extremamente variável (de 1km a 5km)
- Dificuldade da trilha: para chegar até as margens do Tibagi a trilha apresenta um elevado grau de dificuldade.



Fotografia 30 – Mirante do Vale do Tigre.
Autor: Ângelo spoladore

Mirante do Vale do Tigre (Fotografia 30)

- Localização e acesso: localizado às margens da estrada que liga Terra Nova a São Jerônimo.
- Distância de caminhada: 50 metros
- Dificuldade da trilha: baixa



Fotografia 31 – Mirante da entrada da cidade.
Autor: Ângelo Spoladore.

Mirante da Entrada da Cidade (Fotografia 31)

- Localização e Acesso: localizado na entrada da cidade de São Jerônimo da Serra. Do local é possível ver o alto curso do Rio do Tigre.
- Distância de caminhada: 50 metros
- Dificuldade da trilha: baixa



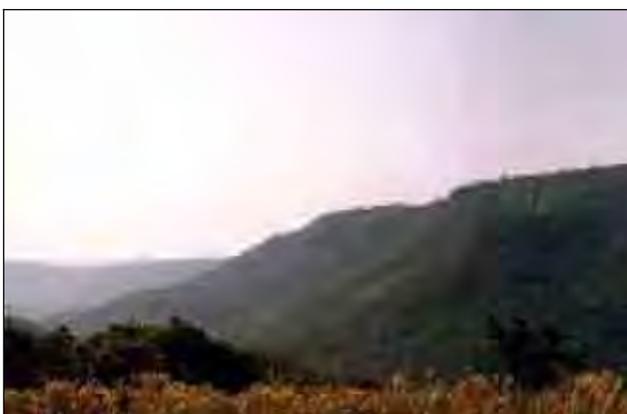
Fotografia 32 – Mirante do Tigre. Autor: Ângelo Spoladore

Mirante do Tigre (Fotografias 32 e 33)

- Localização e Acesso: Localizada na porção superior do Salto do Tigre. No local é possível chegar com relativa facilidade. Recomenda-se cautela. O mirante e a cachoeira estão localizados entre uma fazenda particular, uma reserva indígena e um Parque Estadual. Este local é bem conhecido na região e recebe um fluxo razoável de visitantes. Não existe qualquer tipo de infraestrutura no local.
- Distância de caminhada: 1,3km
- Dificuldade da trilha: moderada.



Fotografia 33 – Outra visão do Mirante do Tigre. Autor: Ângelo Spoladore.



Fotografia 34 – O Mirante do Salto do Tigre. Autor: Ângelo Spoladore

Mirante do Salto do Tigre (Fotografia 34)

- Localização e acesso: localizado às margens da estrada que liga Terra Nova e São Jerônimo da Serra. Desse local é possível ver grande parte do vale do Tigre bem como o Salto do Tigre (ao fundo).
- Distância de caminhada: 50 metros
- Dificuldade da trilha: baixa



Fotografia 35 – Mirante do Assentamento. Autor: Ângelo Spoladore.

Mirante do Assentamento (Fotografia 35)

- Localização e acesso: o mirante está localizado nas proximidades do Assentamento do Tigre (ou Ponte do Tigre). Na região existem outros atrativos como cavernas e cachoeiras. O mirante situa-se às margens da estrada que liga a região a São Jerônimo da Serra. Do local é possível visualizar o vale do Tigre a partir da sua foz.
- Distância de caminhada: 50 metros.
- Dificuldade da trilha: baixa, todavia, o acesso ao local é feito por estrada sem pavimentação asfáltica e pouco conservada. O tráfego em determinadas épocas do ano pode ser interrompido.



Fotografia 36 – Mirante da água da Pedra. Autor: Ângelo Spoladore.

Mirante Água da Pedra (Fotografia 36)

- Localização e Acesso: localizada nas proximidades da Gruta Água da Pedra, perto do distrito de Pinhal. Para se chegar até o local segue-se a te Pinhal, posteriormente indo por estrada rural sem muita conservação. Após chegar na fazenda Água da Pedra, segue-se por trilha a pé.
- Distância de caminhada: 2km
- Dificuldade da trilha: baixa

5.6.5. O Vale do Rio Tibagi

O Vale do Rio Tibagi, situado no limite oeste da área estudo, apresenta uma das regiões mais belas do norte do estado paranaense.

Trata-se de um vale bastante encaixado, com declividades elevadas, paredões de rochas (Fotografias 37 e 38). O Rio Tibagi apresenta ainda uma série de corredeiras, as quais podem ser uma atração em separado. Na região em questão, o Rio Tibagi adentra no Terceiro Planalto Paranaense cortando a chamada Serra da Esperança. Tal fenômeno origina um *gap* digno de ser admirado.



Fotografia 37 – O Rio Tibagi.. Autor: Ângelo Spoladore.



Fotografia 38 – O Vale do Tibagi. Autor: Ferdinando Nesso.

5.7. ÁREAS DE RISCO GEOLÓGICO E DE RISCO DE ALTERAÇÕES AMBIENTAIS EM SÃO JERÔNIMO DA SERRA, PR

Para a realização da análise de risco geológico foi levado em consideração o trabalho de Cottas (1983).

Cottas (1983) propõe um modelo, voltado especificamente para o planejamento urbano, bastante amplo, de fácil aplicação e com resultados confiáveis.

O método proposto por Cottas (*op. cit.*) estabelece quatro categorias em seqüência, de investigações e estudos onde as duas primeiras categorias têm como objetivo o levantamento de dados sobre a geologia, geomorfologia, topografia, geotécnica.

Os estudos citados conduzem a elaboração de mapas de adequabilidade dos terrenos para os diferentes tipos de uso e ocupação urbana e áreas de restrição ao uso e ocupação de ocorrência de fenômeno geológico e riscos.

O modelo proposto por Cottas (1983) é baseado em parte em Mathewson & Fonte (1974). Na realidade, trata-se de uma variação da metodologia de conhecida como Superposição de Cartas, a qual, por sua vez, tem sua origem nos trabalhos sobre uso do solo de Tricart (1966) e McHarg (1969) sendo posteriormente adaptadas para a avaliação de risco e impacto ambiental.

A determinação do potencial de risco de alterações das condições ambientais foi realizado segundo o trabalho de Companhia Municipal de Transporte e Urbanização - CMTU (2000). De acordo com este trabalho o fundamento para a determinação do zoneamento territorial são as restrições impostas pela dinâmica dos sistemas ambientais. Dois enfoques são nítidos – a restrição ambiental ao uso e ocupação e a aptidão do ambiente para a definição de usos.

O método consiste inicialmente na elaboração de cartas temáticas diversas, bem como, de um banco de dados o mais amplo possível sobre a área estudada. Todas essas informações devem ser plotadas nas diferentes cartas geradas.

Em um segundo momento, é feita a superposição das cartas, de acordo com critérios pré-determinados, para então a elaboração dos mapas de adequabilidade pretendidos.

CMTU (2000) cita como pontos favoráveis a boa visualização dos dados, o fato de todos os elementos estarem mapeados. Um outro ponto positivo ainda é a facilidade de interação entre diferentes parâmetros obtendo um resultado rápido e confiável.

Como pontos negativos dessa metodologia, CMTU (2000) aponta para uma certa subjetividade dos dados, a não quantificação da magnitude dos danos ao ambiente e, por fim, e talvez o maior problema, a dificuldade de se trabalhar com parâmetros não mapeáveis, como por exemplo, o tempo e alguns fatores sócio-econômicos.

CMTU (2000) cita que a evolução desta metodologia é o chamado modelo de simulação realizados no meio digital onde pode ser representado até mesmo, o funcionamento dos sistemas ambientais.

A grande vantagem dos modelos de simulação que o mesmo trata o ambiente como dinâmico. Outros métodos inclusive o de superposição de cartas, tratam o ambiente como uma entidade estática. Mesmo sabendo que o ambiente está em constante transformação e que temos situações muito mais próximas da teoria quântica do que das idéias cartesianas, somente os Modelos de Simulação feitos em computadores podem refletir tal processo.

No presente trabalho seguimos parcialmente a metodologia proposta por Cottas (1983), adequando-a para a situação da área de estudo e para o objeto de estudo, ou seja, para o turismo em São Jerônimo da Serra.

Ressaltamos que a realidade de São Jerônimo da Serra é tal que o turismo é uma alternativa. Por outro lado, não existem perspectivas de implantação de indústrias de grande porte, ou mesmo de uma construção de grande porte em São Jerônimo. O turismo que aqui é defendido não é o turismo de massa, mas sim um turismo especializado, com um fluxo moderado e constante de pessoas ao longo do ano. A sugestão é para que não sejam construídos grandes hotéis, mais sim pousadas de pequeno e médio porte.

São Jerônimo da Serra, com seu ar interiorano e com o jeito simples de seus habitantes, é um de seus atrativos naturais.

Assim, não faz sentido a elaboração de algumas das cartas preconizadas na metodologia original, tais como os mapas de adequabilidade a instalações subterrâneas, fundações e obras viárias. A metodologia foi utilizada levando-se em conta a realidade local.

Os dados foram levantados em campo e posteriormente transferidos para o computador, onde foi feito inicialmente um banco de dados para posteriormente serem gerados as diferentes cartas. Toda a superposição foi feita no meio digital.

Da interação e sobreposição no meio digital das cartas citadas anteriormente neste trabalho, foi gerado um mapa das áreas de risco geológico e risco ambiental para o município de São Jerônimo da Serra.

- **Áreas de risco geológico e ambiental para o município de São Jerônimo da Serra (Figura 24)**

Para a elaboração do mapa das áreas de risco geológico e ambiental, foram sobrepostos no meio digital os seguintes mapas:

- Mapa Base com a localização dos perímetros urbanos, áreas indígenas e parques estaduais;
- Mapa Pedológico;
- Mapa de Uso e Ocupação do Solo;
- Mapa da Rede Hidrográfica;
- Mapa de Localização dos Atrativos Naturais;
- Mapa de Declividade;
- Mapa Geológico.

Em um segundo momento, os seguintes aspectos foram considerados:

- Faixa de preservação de 100m de cada margem do curso d'água;
- Faixa de preservação de 250m ao redor de cada atrativo natural;
- As declividades acima de 30%;
- Área de afloramento das formações Pirambóia / Botucatu

A partir desses dados, foi elaborado o mapa da Figura 24, onde são apresentadas as principais áreas de risco geológico e risco de alteração das condições ambientais para a área de estudo.

O ponto inicial para a elaboração do mapa da Figura 24. foi o mapa base onde foram localizados os perímetros urbanos tanto da sede do município como também de seus distritos, bem como as áreas indígenas e o Parque Estadual existente em São Jerônimo. O parque e as áreas indígenas são áreas de proteção permanente.

Em um primeiro momento foi considerada a possibilidade de demarcar uma faixa de segurança ao redor dos aglomerados urbanos (neste caso seria uma área de expansão urbana), das áreas indígenas e do parque.

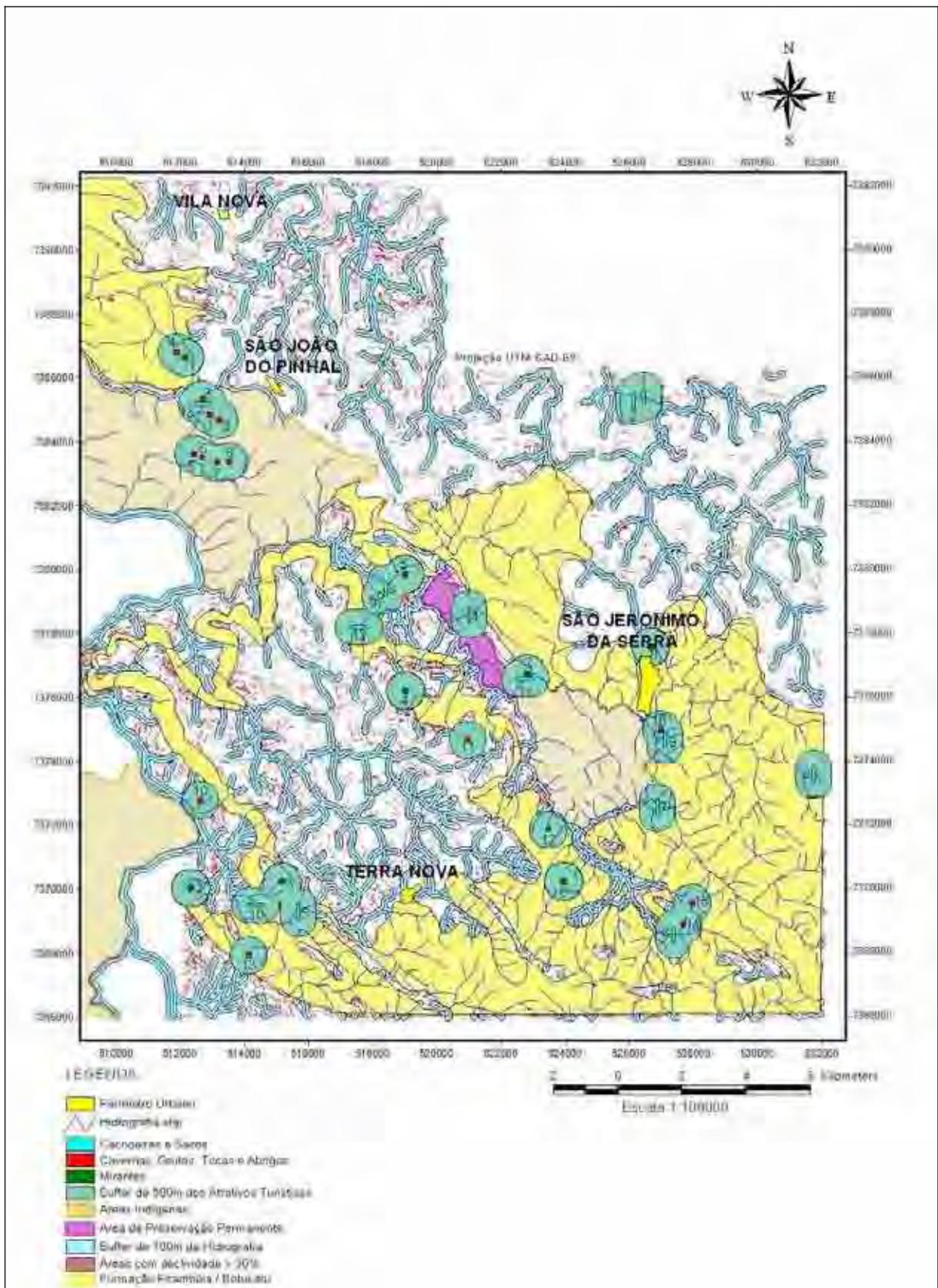


Figura 24 – Mapa das áreas de risco da área estudada. As áreas em branco não apresentam risco aos fatores analisados.

A opção de não demarcar uma faixa de expansão urbana ou mesmo uma faixa de segurança ao redor das cidades e aglomerados foi devido ao fato de que as atividades turísticas também devem ocorrer em tais áreas. Outro fator é que, como não está sendo considerado um turismo de massa, mas sim um fluxo moderado de turismo, não devendo haver um aumento expressivo da população das áreas urbanas mas sim uma distribuição dos turistas em diferentes propriedades a área rural.

Com relação às áreas indígenas, segundo a legislação em vigor, tais áreas são de acesso restrito, somente permitido a pessoas autorizadas. Dessa forma, o turismo não pode ser considerado em tais áreas.

Quanto ao Parque Estadual Penhasco Verde, não foi marcada uma área de segurança pois, foi considerado que o mesmo está inserido dentro de um contexto eminentemente rural, distante de centros urbanos, com vias de acesso moderadamente preservadas e em meio a áreas de risco, que se forem respeitadas, já engloba a faixa de proteção do parque. Não podemos esquecer que o turismo certamente será uma das atividades do parque.

Um outro ponto considerado inicialmente, mas posteriormente abandonado, foram as estradas da região. Toda a área é cortada apenas por estradas sem pavimentação asfáltica e propícia apenas para o tráfego local. Todavia, existem estradas que conduzem a todos os atrativos naturais considerados neste trabalho. Com o desenvolvimento do turismo o que deve acontecer é uma melhoria das vias existentes, sem, contudo, a construção de novas estradas ou mesmo a pavimentação das já existentes.

O passo seguinte foi plotar no mapa os atrativos naturais aqui estudados. Para uma preservação adequada dos mesmos, foi proposta uma faixa de preservação de quinhentos (500) metros ao redor de cada atrativo natural. Nesta faixa de preservação, o meio não deve ser alterado, sendo que as instalações e equipamentos destinados ao turismo devem ficar localizados fora dessa faixa. No mapa de risco estas áreas foram demarcadas em verde.

Ao mapa gerado foi sobreposto então o Mapa da Rede Hidrográfica. Na nova carta foi demarcada uma área de proteção de cem (100) metros contados a partir de cada margem do rio. Tal faixa é prevista em lei. Neste trabalho adotamos uma distância maior do que a especificada na legislação por entender que, devido às características da área, ser esta uma faixa segura. No mapa de riscos, tais áreas estão assinaladas em azul ocorrendo paralelamente às drenagens.

Em seguida foi acrescentado o Mapa de Declividade sendo selecionadas como risco aqueles locais que apresentavam declividade superior aos 30%. Nestes locais a possibilidade do desenvolvimento de processos erosivos bem como, a movimentação de massas é elevada. Tal fato é agravado quando inserimos os diferentes tipos de solos e o uso e a ocupação do solo. Na Figura 24 estas áreas estão demarcadas em vermelho

Por fim, foi considerada toda a área de afloramento do arenito Pirambóia/ Botucatu como uma área de risco. Tal fato deu-se devido à:

- Tratar-se de área de recarga do Aquífero Guarani, o aquífero de maior importância para a região sul do Brasil bem como para os países vizinhos.
- O solo que se desenvolve pela decomposição deste arenito é muito arenoso e pouco coeso, o que facilita a atuação de fenômenos erosivos;
- Em diversos locais a declividade é elevada, com declividades superiores aos 30% chegando até os 100% de declividade, o que torna as encostas instáveis;

Assim, a proposta deste trabalho é que toda a área de afloramento dos arenitos Pirambóia / Botucatu seja destinada à preservação, incentivando o plantio de espécies nativas e conservando os fragmentos florestais existente. As atividades nesta área devem ser restritas e qualquer alteração no meio deve ser precedida de estudos adequados.

Por fim, os locais assinalados em branco no mapa da Figura 24 representam aquelas áreas onde não foram constatados riscos geológicos e / ou ambientais, sendo propícias para o desenvolvimento de atividades diversas, tais como a agro-pecuária e a implantação de empreendimentos turísticos.

Pelo mapa da Figura 24 podemos até mesmo selecionar áreas com declividade adequada, localizadas a uma determinada distância dos corpos hídricos e dos atrativos naturais, visando a implantação de empreendimentos voltados ao turismo.

Especificamente para a área urbana de São Jerônimo da Serra, verifica-se que o perímetro urbano de São Jerônimo encontra-se em meio a áreas consideradas como de risco geológico e/ou risco ambiental.

Ao sul, o sítio urbano é limitado por área indígena, além de começarem os afloramentos da Formação Pirambóia / Botucatu. Toda essa região possui uma série de limitação, como por exemplo: é inadequada para disposição final de resíduos urbanos; é área de recarga do Aquífero Guarani; o solo é excessivamente arenoso; foram localizados diversos afloramentos de rocha, fato este que atesta a pouca espessura do mesmo; proximidade com corpos hídricos.

A leste e a oeste, o principal problema é a declividade, posto que, existem diversos locais com declividade superior aos 30%.

A área de expansão ideal para São Jerônimo da Serra é a região localizada ao norte da atual área urbana. Neste local, a topografia é suave e as declividades são inferiores ao 30%; pelos dados disponíveis o solo é argiloso e espesso; o acesso é fácil posto que a referida área está localizada ao longo de rodovia asfaltada (Pr-090); a área encontra-se a distâncias seguras de corpos hídricos bem como de áreas indígenas ou de unidades de conservação.

6. CAVERNAS ARENÍTCAS DE SÃO JERÔNIMO DA SERRA

6.1. DESCRIÇÃO DAS CAVERNAS

- **GRUTA ARCO VERDE**

A Gruta Arco Verde (Figura 25) está localizada dentro da Fazenda Arco Verde há 9 km da cidade de São Jerônimo, tendo como principal via de acesso a estrada não pavimentada que liga a cidade ao distrito de Terra Nova.

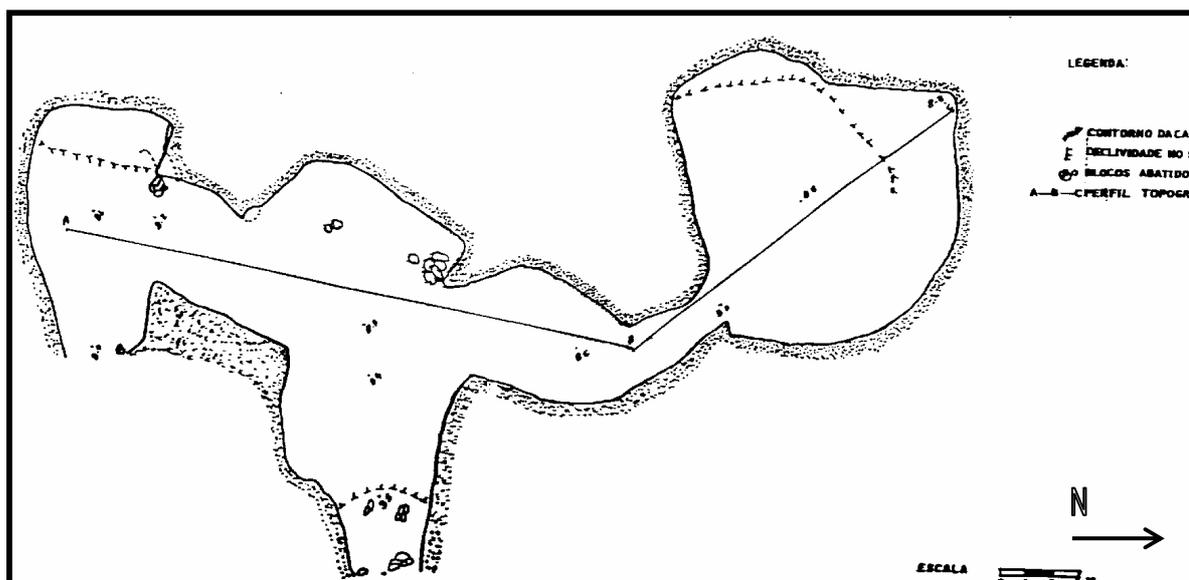


Figura 25 – Representação cartográfica da Gruta Arco Verde. Elaboração Delavi & Spoladore (1996).

A fazenda leva este nome em razão da gruta, pois um antigo salão da mesma desabou preservando a entrada, originando um arco ou ponte de arenito.

Na área afloram arenitos da Formação Pirambóia/Botucatu, bem como rochas ácidas (riodacitos) pertencentes à Formação Serra Geral. O relevo da área é bastante ondulado, com altitudes que atingem até 1098 metros.

Esta gruta já foi previamente estudada por Delavi (1996) e cadastrada na S.B.E. (Sociedade Brasileira de Espeleologia) por Parellada *et alli* (1990) sob o nº 061 e 065 (gruta e portal).

A Gruta Arco-Verde está localizada no início do Vale do Tigre. A vegetação nativa original do local era o cerrado, entretanto, a mesma se encontra bastante descaracterizada.

A entrada da gruta Arco Verde é discreta, posto que o grande arco se encontra em meio à vegetação, dificultando a sua visualização (Fotografia 39).

No lugar do antigo salão hoje fica uma enorme cratera de abatimento, com, aproximadamente, 60 m de diâmetro por 20 m de altura, onde se desenvolveu um pequeno bosque de vegetação nativa secundária.

Passando a área abatida encontramos uma entrada para o interior da Gruta Arco-Verde, onde se pode observar um pequeno salão com alguns blocos abatidos. Alguns metros à frente da boca principal está localizada outra entrada de dimensões reduzidas devido ao abatimento de blocos e ao acúmulo de sedimentos (Fotografias 40, 41 e 42).

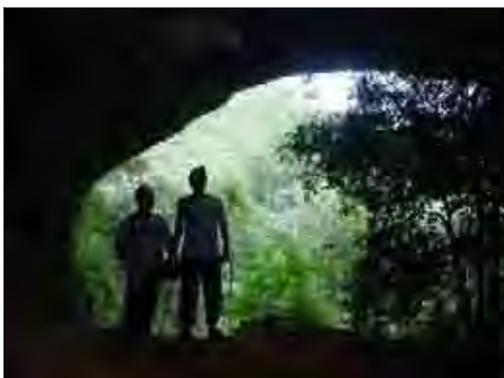
Após o salão de entrada passamos por um pequeno corredor que dá acesso ao salão maior. São observados ainda fraturamento no teto e nas paredes (importantes no desenvolvimento da caverna) e alguns ornamentos.

A caverna afunila-se em um pequeno corredor, onde se observa na parede e no teto um arenito rico em níveis e nódulos de argila circundados por delgada película de óxido de ferro.

Após, encontramos um salão e o final da caverna, onde existem maiores variedade e quantidade de espeleotemas, tais como pequenas estalactites e espeleogens como nódulos de argila e prateleiras desuniformes formadas por óxido e hidróxido de ferro. Neste ponto, existe um pequeno lago com grande quantidade de

matéria orgânica e areia depositada, dando um belíssimo contraste com a coloração vermelha e amarelada do arenito Botucatu.

A Gruta Arco-Verde, como as grutas em geral, tem um ecossistema próprio e bem diversificado, que se integra com interior e exterior da caverna. Foram identificados insetos diversos e espécies de morcegos. Não foram encontradas evidências arqueológicas nesta caverna.



Fotografia 39- Entrada principal da Gruta Arco Verde. Autor: Ângelo Spoladore.



Fotografia 40 – Interior da caverna. Detalhe para o solo arenoso e com evidências de trabalho pelas águas de escoamento. Autor: A. Carneiro.



Fotografia 41 – Entrada secundária da caverna. Notar a grande quantidade de sedimentos provenientes do meio externo. Autor: A. Carneiro.



Fotografia 42 - Entrada do último salão da Gruta Arco Verde. Autor: A. Carneiro.

- **Abrigo do Porto de Areia** (Figura 26)

O Abrigo do Porto de Areia localiza-se a, aproximadamente, 2 km da cidade de São Jerônimo, sendo seu acesso fácil. Todavia, pode existir uma certa dificuldade inicial em localizar a trilha mais viável para o acesso ao abrigo devido a vegetação ali existente (Fotografias 43 e 44). Neste local, além de um conjunto de 3 abrigos, existe uma cachoeira que forma uma piscina natural.

O abrigo se desenvolveu no Arenito Botucatu, que, no local, é composto por rochas arenosas de coloração amarelada / avermelha, com proeminentes estratificações cruzadas. Na área próxima à cachoeira, observamos grande quantidade de seixos de quartzo e minerais de ferro disseminados por toda a extensão do abrigo, muitas vezes apresentando hábito botroidal ou preenchendo fraturas.

Verificamos ação intensa do intemperismo biológico: grande quantidade de raízes penetra nas fendas de fraturas (Fotografia 43). Também há intenso intemperismo químico, ocasionado pela ação da água. O chão do abrigo, próximo à queda d'água, encontra-se bastante erodido, originando depressões. Foram identificados ainda blocos abatidos de arenito.

As paredes apresentam muitas cavidades arredondadas, principalmente próximas à sua base, provavelmente, ocasionadas pelo trabalho da água em bolsões de argila. Foram identificados espeleotemas com dimensões reduzidas. As rochas que formam as paredes do abrigo se encontram bastante fraturadas.

Em determinada área do abrigo, foram encontrados fragmentos de arenito silisificado, sílex e quartzo, constituindo-se assim, em um sítio arqueológico.

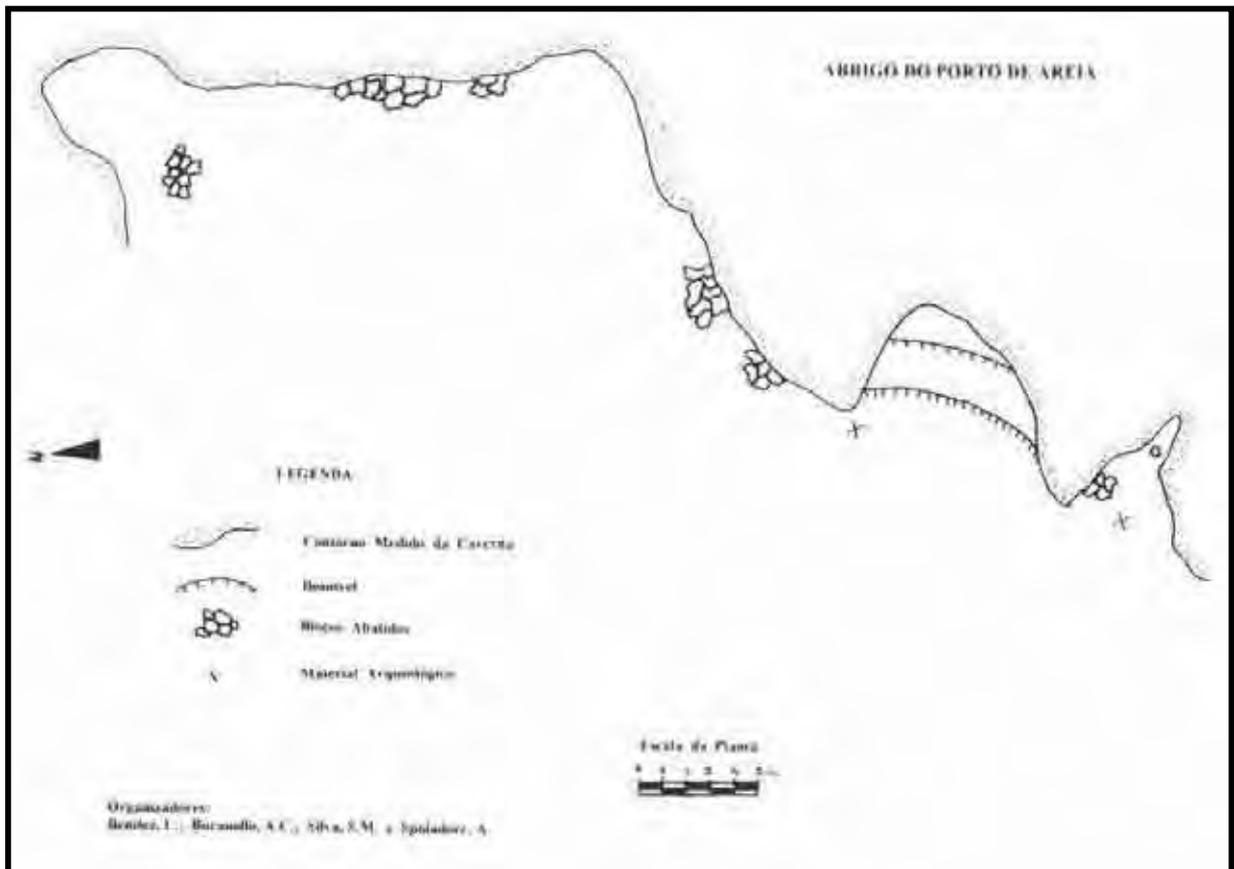


Figura 26 – Representação cartográfica da Toca do Porto de Areia.

Na área superior ao abrigo, verificamos que o leito do rio é constituído por arenito silicificado, argila e riodacito.

A flora ao redor do abrigo é constituída, basicamente, por espécies nativas.

Quanto à fauna, encontramos no abrigo insetos como os aracnídeos e outros. Foram observados ovos partidos, que pelo tamanho e aspecto, aparentam ser de algum tipo de cobra ou de lagarto. Também foram observados rastos de pássaro e de cachorro do mato.



Fotografia 43 – Aspecto geral do Abrigo do Porto de Areia. Autor: Ângelo Spoladore



Fotografia 44 – a entrada do abrigo do Porto de Areia. Autor: Ângelo Spoladore

- **TOCA DO TIGRE** (Figura 27)

A Gruta do Tigre é uma cavidade com, aproximadamente, 35 m de abertura, esculpida pelo Rio do Tigre em um paredão de argilito, litologia esta pertencente à Formação Rio do Rasto.

Localizada na zona rural de São Jerônimo da Serra, a cerca de 20 km da área urbana, o acesso até a gruta é fácil, apesar de o terreno ao redor apresentar intensa declividade. Pode-se chegar até a gruta atravessando um pequeno fragmento de mata nativa ou margeando o Rio do Tigre (Fotografia 45).

A vegetação é típica de cerrado. Foram encontrados em uma determinada drenagem muitos fragmentos de quartzo, em sua maioria de coloração esverdeada e apresentando estriamento. Tais fatos são evidências de que estes minerais foram

submetidos à forte pressão, o que pode evidenciar por sua vez, uma falha geológica nas proximidades. Também foram observados arenitos silicificados.

A Gruta do Tigre está a 520 m de altitude e tanto o teto quanto as paredes e o piso são bastante fraturados. As fraturas podem ser preenchidas por materiais diversos.

O piso da gruta é rochoso, sendo recoberto parcialmente por material arenoso depositado pelo Rio. Apresenta também alguns pequenos blocos abatidos. Em alguns locais, que são cobertos pela água com mais freqüência, observou-se a presença de óxido de ferro.

Embora esteja às margens do Rio e muitas vezes seja inundada pela água, as paredes são secas e não apresentam umidade.

Não há formação de espeleotemas. No paredão de argilito sobre a gruta podem ser visualizados planos de falha.

Ao redor de toda a gruta há grandes blocos de argilito, bastante alterados pelo intemperismo químico, há também alguns blocos de diabásio, mas em menor quantidade. No Rio há também grande quantidade de blocos. Na margem oposta à caverna constatou-se acúmulo de areia, formando uma pequena praia.

O local está bem preservado; não há sinais de depredação humana na gruta. É bem provável que poucas pessoas tenham tido acesso a esse lugar. A gruta encontra-se circundada por um fragmento de mata nativa bem preservada.

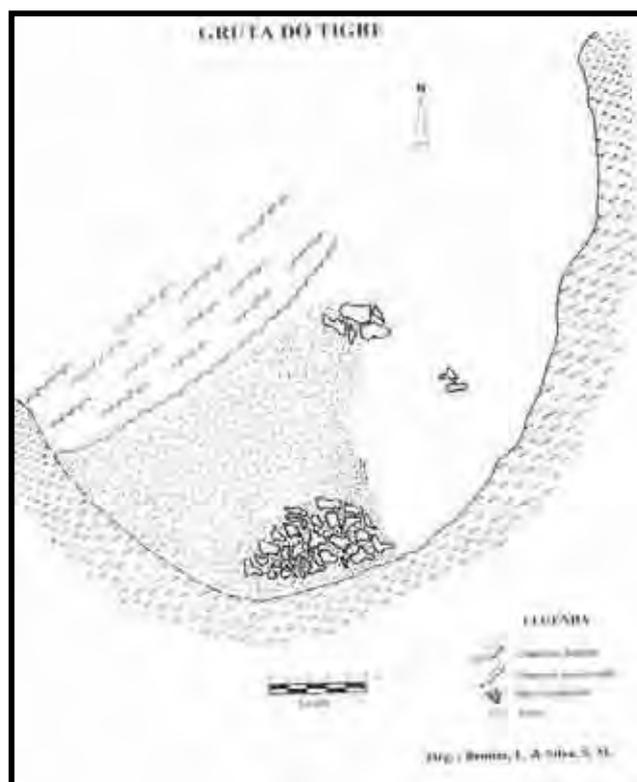
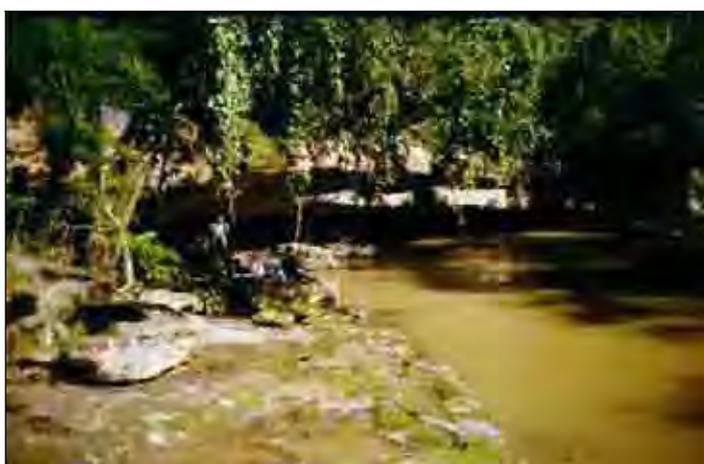


Figura 27 – Representação cartográfica da Gruta do Tigre. Equipe de mapeamento: Ângelo Spoladore, Leila Benitez e Sergio M. Silva.



Fotografia 45 – A Gruta do Tigre. Autor: Ângelo Spoladore

- **ABRIGO ÁGUA DA PEDRA** (Figura 28)

O Abrigo Água da Pedra é considerado pelos moradores locais um lugar místico. Segundo a crença popular, a água que brota da rocha é milagrosa, capaz de curar enfermidades e até problemas de deficiência física. Devido a essa crença, o local está repleto de oferendas, deixadas por pessoas que supostamente tiveram seus pedidos atendidos (Fotografias 46 e 47).

O abrigo está localizado nas imediações do distrito de São João do Pinhal, há 24 km de São Jerônimo da Serra. No trecho entre a área central do distrito e a fazenda onde está localizado o abrigo são percorridos mais 3 Km, onde predomina um solo de coloração escura e composto por argila e quantidade razoável de areia, proveniente da decomposição do basalto e do arenito Botucatu. Este mesmo solo predomina até a entrada da fazenda, e logo mais adiante, numa trilha que nos leva até a sede, se torna bem mais claro e mais arenoso e menos argiloso.

Foram observados afloramentos de rochas pertencentes à Formação Botucatu/Pirambóia e Serra Geral. Próximo à sede da fazenda, podem ser observados diversos falhamentos afetando as rochas areníticas.

Apesar do estado de alteração das rochas aflorantes, foi possível verificar estratificações plano-paralelas e cruzadas; arenitos avermelhados de granulação grosseira; seixos de quartzo, em sua maioria esbranquiçados, e rosados e alguns minerais de ferro.

A trilha que dá acesso à gruta está margeada por pastos onde podem ser observados grandes blocos de rochas conglomeráticas e areníticas.

O abrigo é caracterizado por uma grande boca, sendo a altura de entrada superior ao seu desenvolvimento (Figura 28). As rochas que compõem as paredes do abrigo apresentam-se bastante intemperizadas devido às águas que vertem das

paredes e do teto. Por toda a cavidade podem ser visualizadas estratificações plano-paralelas. O fraturamento da rocha não é intenso.

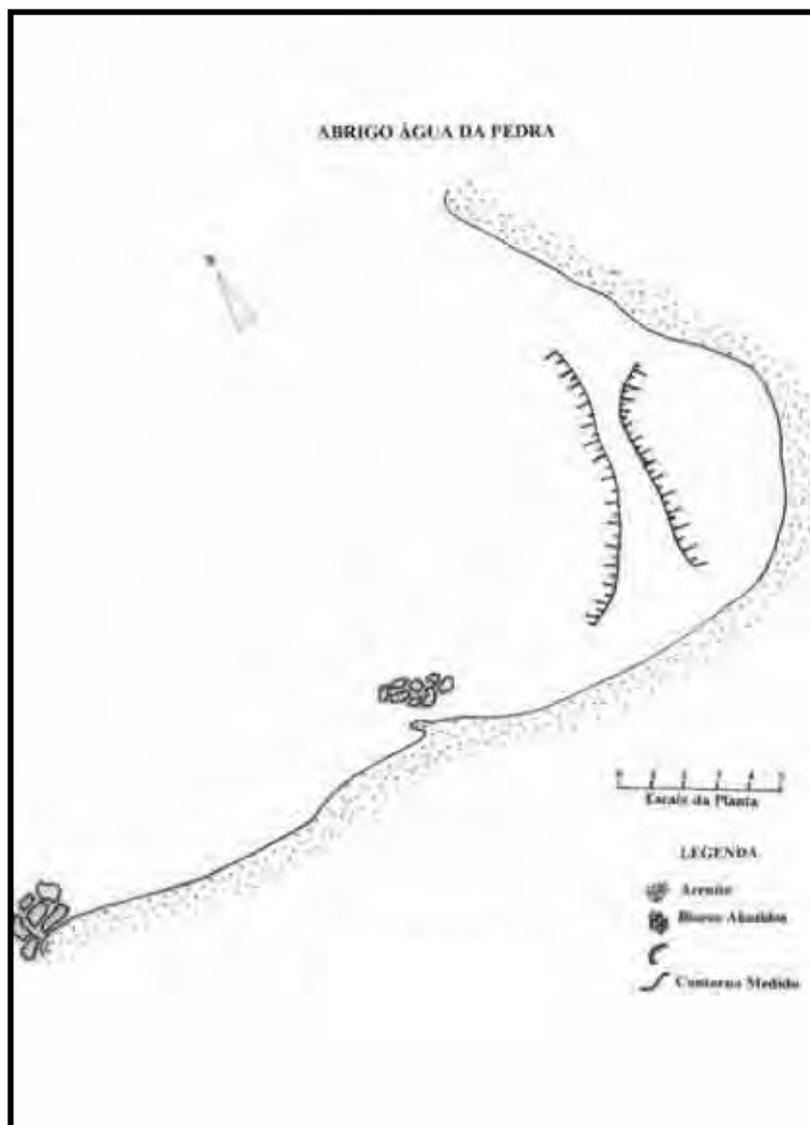


Figura 28 – Cartografia do Abrigo Água da Pedra. Organização: Leila Benitez e Sérgio M. Silva. Equipe de mapeamento: Leila Benitez, Sérgio M. Silva e Ângelo Spoladore

O piso é acidentado, devido à grande quantidade de blocos abatidos, e recoberto por sedimentos inconsolidados. Em alguns locais, formam-se degraus,

provavelmente devido à ação da água que escorre continuamente. O piso também é bastante úmido, com acúmulos locais de água.

Não foram encontrados ornamentos nesta cavidade.

Há alguma depredação nas paredes do abrigo (nomes esculpidos na rocha), mas é pouco significativa, considerando o fato de que o local é amplamente visitado.

Distante alguns metros do abrigo, há um córrego formado pela água que verte de um paredão de rochas. Este córrego forma algumas pequenas quedas devido ao declive do terreno. Seu leito é constituído por riodacito e blocos de conglomerado. Mais abaixo no vale afloram rochas da Formação Rio do Rastro.

Na outra margem do córrego, em meio à mata, onde há muitos blocos de conglomerado e de riodacito distribuídos por toda a área, foi encontrada uma toca, com aproximadamente 6 m de extensão, formada por blocos de rocha. O piso é constituído por solo, onde a água escoar, e as paredes internas apresentam alguns pequenos espeleotemas do tipo "couve-flor".

Quanto à flora, ao redor do abrigo predomina um pequeno fragmento de mata nativa.



Fotografia 46- Visão geral da entrada da Toca Água da Pedra. Note os varais com roupas penduradas como forma de pagamento de promessa. Autor: Ângelo Spoladore



Fotografia 47 – Vista do local de escoamento da suposta água milagrosa. Observe as camadas com diferentes constituições. Autor: Angelo Spoladore.

- **GRUTA DO CEDRO I** (Figura 29)

Na Reserva Indígena Barão de Antonina, Sub-Sede do Cedro, encontra-se um conjunto de grutas desenvolvidas nos arenitos da Formação Botucatu/Pirambóia.

O local é servido por uma via de acesso não pavimentada em péssimo estado de conservação, a qual nos dias de chuva fica intransitável.

A Gruta Cedro I, situada na vertente direita do Ribeirão Água Branca, foi estudada previamente por Spoladore & Delavi (1996).

Na área, predominam pastagens e, ao longo das encostas, ocorrem pequenos fragmentos de mata já adulterada, que originalmente correspondia ao cerrado. O relevo é escarpado.

A Gruta do Cedro I tem seu desenvolvimento principal ligado diretamente às famílias de fraturas.

Esta cavidade possui duas amplas entradas (Fotografias 48, 49 e 50), formando dois salões semicirculares. A caverna tem aspecto de dois grandes abrigos, ligados por um ducto estreito.

A gruta Cedro I possui poucos ornamentos, mas, mesmo assim, foram identificados espeleotemas do tipo couve-flor, casca de ovo e estalactites.

A fauna observada é constituída por insetos e morcegos da espécie frutífera. Foram encontradas pegadas de outros animais, tais como jaguatirica, cachorro do mato e lagartos.



Figura 29 – Representação cartográfica da Gruta do Cedro I. Equipe de mapeamento: Ângelo Spoladore e Elson José Delavi.

Este local é um sítio arqueológico, tendo sido encontrados restos de três fogueiras e vários seixos lascados, além de ossos de animais, (paca, lagarto, veado, tatu), artefatos de rocha polida e lascada, assim diversos fragmentos de cerâmica.



Fotografia 48 - Estrada do segundo salão da cavidade, o qual também possui comunicação com o meio exterior. Observe o rebaixamento repentino do teto, bem como o controle estrutural do teto da caverna. Autor: Ângelo Spoladore



Fotografia 49 – A entrada da Gruta do Cedro I. Autor: Ângelo Spoladore.



Fotografia 50 – Aspecto geral do interior da Gruta do Cedro I. Observar a grande quantidade de cinza bem como a boa luminosidade do interior da cavidade resultado de sua ampla entrada. Autor: Ângelo Spoladore

- **GRUTA DO CEDRO II** (Figura 30)

A Gruta do Cedro II, juntamente com a Gruta do Cedro I e III e o Abrigo do Cedro, constituem um conjunto de cavidades naturais desenvolvidas em um único paredão.

Localiza-se dentro dos limites da Reserva Indígena Barão de Antonina, próxima ao Distrito de São João do Pinhal. O acesso ao local se dá por via não pavimentada, que se torna intrafegável em dias chuvosos.

As cavidades se desenvolveram em litologias pertencentes à Formação Pirambóia / Botucatu. Verifica-se nesta gruta níveis conglomeráticos, com quantidades de seixos variáveis por toda a sua extensão. Podem ser observadas estratificações cruzadas e acanaladas bem como intercalações de óxido de ferro. Em

alguns locais, a rocha apresenta-se bastante friável devido à alteração, provavelmente acelerada pelo alto grau de umidade que ocorre principalmente na parte interna da gruta, de onde verte muita água das paredes.

Podemos considerar que a gruta possui dois níveis distintos. O nível mais elevado seria a área próxima à entrada principal, constituída por abatimento de blocos (Fotografia 51). Possui ampla abertura, o que favorece a iluminação natural. O nível inferior é completamente escuro, pois a abertura de acesso ao salão é pequena e estreita. O teto é baixo. Há muita umidade, sendo seu piso constituído por uma mistura de água e sedimentos, resultando em um material lamacento. O terreno neste nível é uniforme e não apresenta declividade.



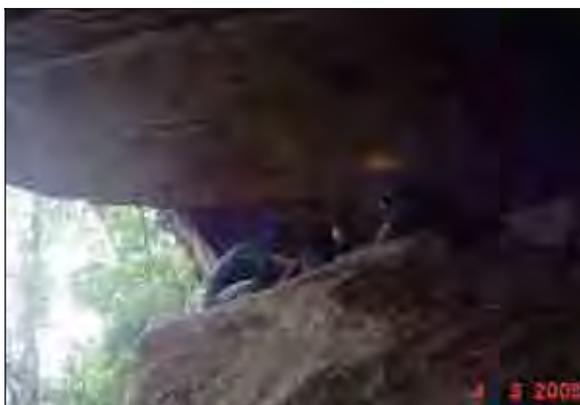
Figura 30 – A Gruta do Cedro II. Equipe de mapeamento: Angelo Spoladore, Leila Benitez e Sergio M. Silva.

As paredes da gruta são compostas por rocha arenítica bastante fraturada. A cavidade possui um único salão, mas há três corredores bastante estreitos. Foram encontrados alguns poucos ornamentos. Conforme verificamos na Fotografia 52, no interior da caverna ocorre grande quantidade de blocos abatidos.

Não foram verificados vestígios de material arqueológico no local. Provavelmente devido às condições bastante desfavoráveis, tais como teto baixo e o excesso de umidade, este não tenha sido local propício para abrigar civilizações passadas. No caso do nível mais elevado da gruta, onde há bastante claridade, este material pode estar escondido embaixo da grande quantidade de blocos abatidos.

A fauna que habita a gruta é constituída por quantidade de morcegos e insetos diversos.

A gruta está localizada próxima a um fragmento de mata nativa, característica de cerrado.



Fotografia 51 - Uma visão da porção mais elevada da Gruta do Cedro II. Autor: Ângelo Spoladore



Fotografia 52 – O interior da Gruta do Cedro II. Autor: Ângelo Spoladore.

- **GRUTA DO CEDRO III** (Figura 31)

Estando localizada a 680 m de altitude, possui duas amplas entradas e dois salões. A rocha é pertencente à formação Pirambóia/Botucatu e encontra-se bastante fraturada (Fotografias 53 e 54). Ocorre uma grande quantidade de blocos abatidos, alguns de grandes dimensões. O piso é recoberto por sedimentos areníticos, provenientes da ação intempérica na rocha que constitui a cavidade. As paredes da gruta quase não apresentam umidade - são secas. No teto foi verificado grande quantidade de estalactite de dimensão milimétrica, composto por sílica e óxido de ferro.

Não foi encontrado no local nenhuma espécie de material arqueológico, embora a gruta possua características propícias para ter sido utilizada como abrigo de civilizações passadas.



Fotografia 53 – O interior da Gruta do Cedro III. Autor: Ângelo Spoladore.



Fotografia 54 – A entrada principal da Gruta do Cedro III. Autor: Ângelo Spoladore.

Foram encontrados na Gruta do Cedro III bem como várias espécies de insetos (aranhas, opiliões e abelhas) habitando o local. Observou-se também pegadas de pássaros e mamíferos (felinos), provavelmente de jaguatirica.

A vegetação que circunda a gruta é típica de cerrado. Nas proximidades da gruta predomina mata nativa, com arbustos, muitos cipós e grande variedade de plantas com espinhos.



Figura 31 – A Gruta do Cedro III. Equipe de mapeamento: Angelo Spoladore, Leila Benitez e Sergio M. Silva

- **GRUTA DO CAPIM** (Figura 32)

A Gruta das Urtigas ou Gruta do Capim localiza-se nos limites da Estância Arco Verde, nas proximidades da Gruta Arco Verde. A cavidade está há 900 m de altitude. Esta cavidade pode ser facilmente visualizada a partir da estrada que liga São Jerônimo à localidade de Terra Nova.

O acesso ao local se dá por estrada não pavimentada, mas em boas condições de tráfego. A cavidade pode ser observada da estrada. A partir desta, é necessário prosseguir a pé cerca de 600 m sem trilha definida. No início segue-se por pastagens e após, em meio à vegetação arbustiva fechada, onde predominam em sua maioria plantas do cerrado com espinhos, urtigas e samambaias de grande porte.

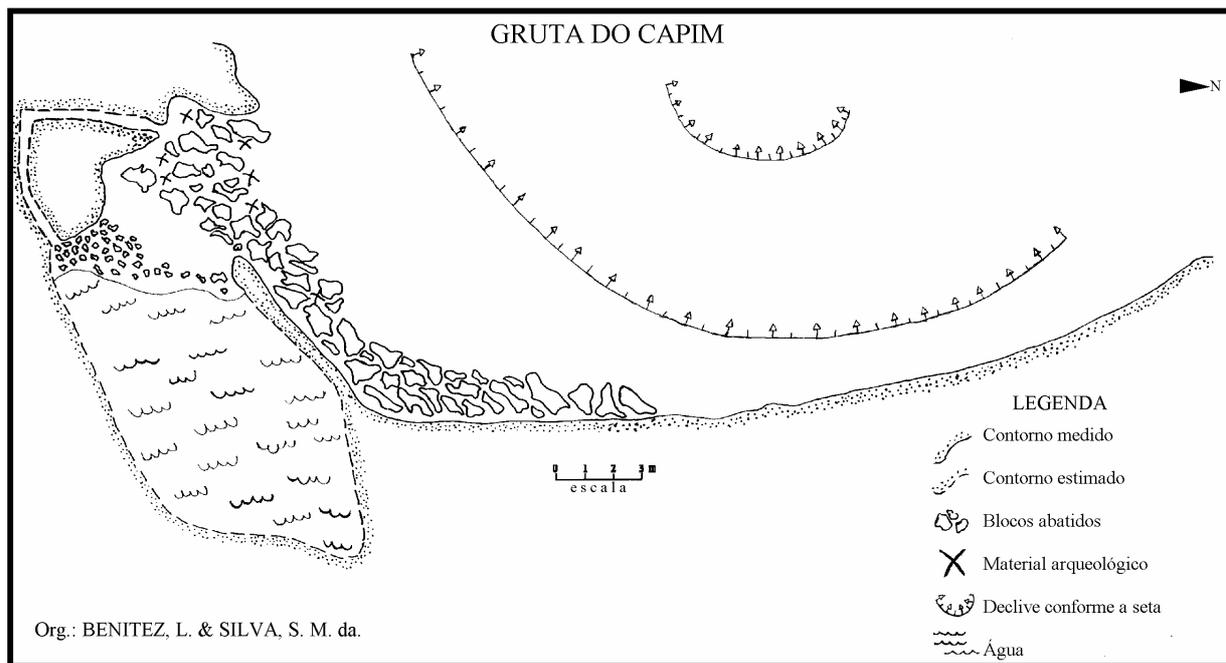


Figura 32 – Representação cartográfica da Gruta do Capim. Equipe de mapeamento: Ângelo Spoladore, Leila Benitez e Sergio M. Silva

A litologia do paredão onde se desenvolveu a gruta é pertencente à Formações Pirambóia / Botucatu. A rocha se encontra bastante fraturada e há grande quantidade de blocos abatidos. Apresenta alto índice de concentração de óxido de ferro, em níveis planares, ou não, em meio ao arenito.

A gruta possui ampla entrada que forma um arco (Fotografia 55), com aproximadamente, 37 m de abertura. Uma queda, com pequeno volume de água, cai de cima do paredão, em frente à gruta, onde a declividade é muito acentuada. A cavidade possui dois salões. Na passagem de um para o outro há uma pequena

declividade e um rebaixamento no teto. Há também um duto estreito que liga um ao outro.

O salão principal, próximo à entrada, é bastante favorecido pela iluminação natural. Os blocos ali são de maior dimensão. Foram observados diversos espeleotemas.

O salão secundário tem o teto bastante baixo. A rocha predominante é arenito com coloração esbranquiçada. Nas paredes desse salão, foram observados diversos pontos de infiltração de água, originando um lago onde há grande concentração de matéria orgânica.

O piso da gruta, de um modo geral, é recoberto por sedimentos arenosos e blocos de dimensões variadas.

Foram encontrados na gruta artefatos arqueológicos, evidenciando que o local foi utilizado como abrigo de civilizações passadas. Entre os materiais identificados, foram observados instrumentos em rocha lascada confeccionados em arenito silicificado, quartzo e sílex. Também foram encontrados cacos de cerâmica.

Alguns blocos apresentam marcas escuras, aparentando terem sido queimados, o que pode ser um indicativo de fogueiras. Este fato ocorre nos dois salões. A hipótese destas marcas terem sido ocasionadas por fogueiras é contestável, uma vez que o teto baixo e o lago existente no salão secundário, não favorecem a presença de pessoas ali.

Embora em pequena dimensão, há indícios de degradação na gruta. Um grande bloco apresenta nomes de pessoas esculpidos. Foram encontrados também objetos que acusam a recente passagem de pessoas por ali: um caneco de alumínio e pedaços de tecido.

Foram encontrados na gruta insetos diversos, bem como pegadas de pássaros.

Foram observados restos de pássaros, provável caça de algum animal mamífero que se abriga no local durante a noite.

Provavelmente, devido à claridade do salão principal e a ausência de luz no salão secundário, este foi o único local onde foram vistos alguns morcegos.



Fotografia 55 – Visão geral da entrada da caverna com vegetação típica. Autor: Ângelo Spoladore

- **GRUTA ÁGUA DO BIRA** (Fotografias 56, 57, 58 e 59)

A Gruta Água do Bira, localiza-se no distrito de São João do Pinhal, há, aproximadamente, 24 km de São Jerônimo da Serra. O acesso à caverna, após se chegar à sede da fazenda onde a cavidade se encontra, dá-se por uma trilha que termina em um lago, formado por queda d'água de 12 m de altura. Depois, segue-se por um barranco, que, num primeiro estágio, nos leva até um paredão e mais acima até a caverna.

A caverna se desenvolveu nos arenitos da Formação Pirambóia/ Botucatu, os quais apresentam estratificação cruzada, níveis conglomeráticos, concreções de minerais de ferro, altamente friável e com bolsões de argila. As paredes apresentam marcas dos diversos níveis do lençol freático, que hoje se encontra abaixo da caverna. O fraturamento é intenso em diversas direções.

A umidade é alta, fato este que proporciona o desenvolvimento de fungos. O chão é formado por sedimentos arenosos bem como por afloramentos de arenito.

Foi verificada intensa degradação ocasionada pela ação antrópica. As paredes apresentam-se esculpidas com datas e nomes de pessoas que por lá passaram, sendo observado ainda rejeitos sólidos. Em uma das últimas visitas ao local, foi constatado um certo abandono da Cachoeira do Bira e a Caverna Água do Bira. Não foram verificadas evidências da presença recente de visitantes. A trilha que leva até a cachoeira e caverna não está mais demarcada, tendo o mato tomado conta do local.

Na área mais próxima à cachoeira, observou-se a presença de grandes blocos de arenito, blocos estes mais resistentes ao intemperismo e erosão, posto que se apresentavam enriquecidos em sílica. Esta parte da gruta é rica em minerais de ferro. Alguns minerais apresentam-se sob a forma de concreções botroidais. Foram observados alguns raros espeleotemas centimétricos (couve-flor e estalactites). A cavidade possui duas entradas (Figura 33)

Com relação à fauna que habita a caverna, a mesma é constituída por insetos em geral e por morcegos. Próximo à entrada da cavidade foram observadas pegadas de pássaros. A flora que envolve a caverna é composta, basicamente, por espécies nativas.



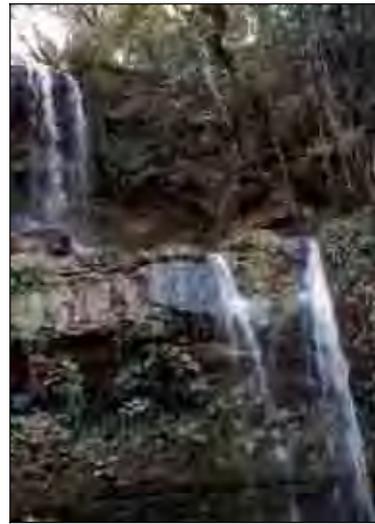
Fotografia 56 – Aspecto geral da entrada da Caverna Água do Bira. Autor: Ângelo Spoladore.



Fotografia 57 – Entrada secundária da Caverna Água do Bira. Autor: Ângelo Spoladore.



Fotografia 58 – Detalhe do fraturamento da rocha condicionando o desenvolvimento da cavidade. Autor: Ângelo Spoladore



Fotografia 59 – Vista da cachoeira. À direita na foto temos a entrada da Caverna Água do Bira. Autor: Ângelo Spoladore.

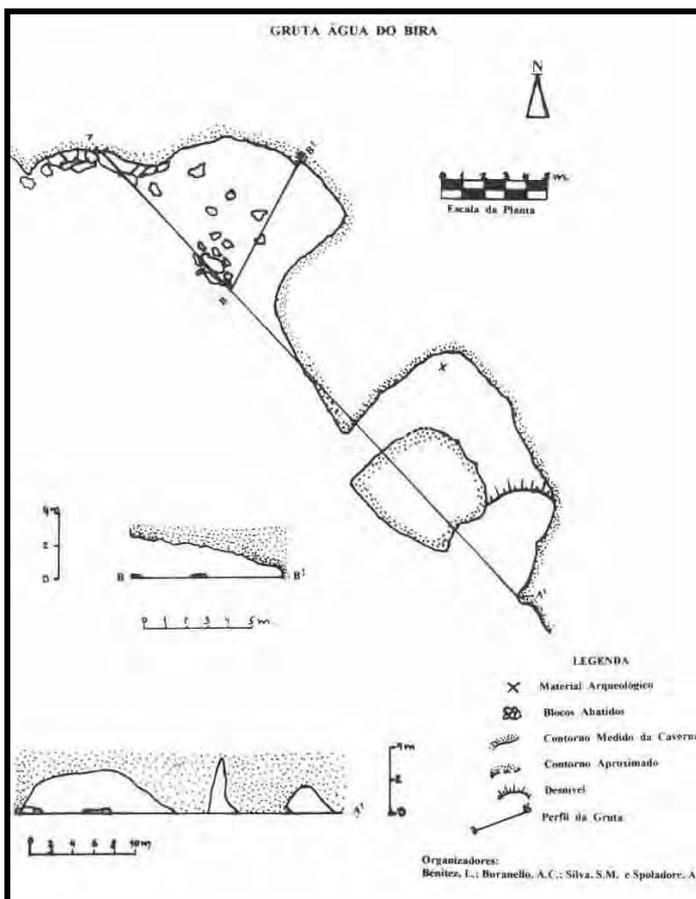


Figura 33 – A Gruta do Bira. Desenho e organização : Leila Benitez e Sergio M. Silva. Equipe de mapeamento: Ângelo Spoladore, Leila Benitez e Sergio M. Silva.

6.2. OS ORNAMENTOS

6.2.1. Considerações Gerais

A ornamentação de uma caverna é formada por toda a gama de depósitos de minerais que se acumulam no teto, paredes e chão da cavidade.

No caso das cavidades desenvolvidas em rochas ricas em sílica, os ornamentos são pouco desenvolvidos e menos freqüentes do que nas cavernas desenvolvidas em rochas carbonáticas. Mesmo assim, podemos encontrar diversos deles, que podem ser constituídos por diferentes minerais.

Os ornamentos são divididos em espeleotemas e espeleogens. Os espeleotemas, termo proveniente das palavras gregas *spelaiion*, que significa caverna e *thema*, significando depósito, podem ser definidos como sendo os depósitos minerais secundários que se originam em uma caverna a partir de uma solução química ou a partir da solidificação de um fluído qualquer. Os espeleotemas, por definição, se originam após a fase de abertura da caverna.

Por espeleogem se entende aquele ornamento que tem sua origem relacionada com a estrutura ou alguma outra característica inerente da própria rocha. Em outras palavras, o espeleogem não se origina a partir de depósitos secundários de minerais.

Wray (1996) afirma que os espeleotemas de sílica são uma prova incontestada de que a dissolução é fator importante para a gênese e o desenvolvimento dessas cavernas.

Os ornamentos mais comuns em cavernas de arenitos e quartzitos são: crostas, estalactites, estalagmites, colunas, helictites, *boxworks*, *blisters* (bolhas), cascatas de rocha, cortinas, corais de sílica (*coralloids*), casca de ovo, couve-flor e tufos de couve-flor, pipocas e caixas de ovos (MARTINS, 1985; WRAY, 1996; HILL & FORTI, 1986; URBANI & SZCZERBAN, 1974, WERNICK *et al.*, 1977, SPOLADORE, 2001; SPOLADORE, 2003).

A composição mineralógica dos depósitos secundários em cavernas é bastante variável. Diferentes autores citam a ocorrência de espeleotemas compostos por limonita e sílica (WERNICK *et al.*, 1977); opala, gipsita, goetita e minerais do grupo do alúmen (MARTINS, 1985); calcedônia, litioforita, calcita, cristobalita, tridimita, opala-A, sílica amorfa e caulinita (WRAY, 1996).

6.2.2. Gênese dos Ornamentos

Com relação à gênese dos ornamentos, esta pode variar de acordo com as condições de cada caverna. Mesmo ocorrendo algumas variações nos processos, os resultados são semelhantes.

Os espeleotemas constituídos por sílica (opala e calcedônia), calcita e óxidos de ferro (estalactites, estalagmites, cortinas, corais de sílica e crostas) são considerados depósitos de águas circulantes, tendo sua gênese relacionada com o gotejamento e escorrimento de soluções aquosas saturadas nestes compostos, movimentando-se mediante a ação da gravidade.

A sílica precipitada é proveniente da dissolução da rocha arenítica e a precipitação está relacionada a processos de evaporação, variação térmica,

saturação, alterações no pH das soluções ou, ainda, à presença de determinados cátions ou organismos.

Os carbonatos que compõem alguns espeleotemas se originam pela dissolução dos carbonatos existentes nas rochas subjacentes e a precipitação está relacionada, igualmente, com o gotejamento e o escoamento de soluções ricas em carbonatos.

Os óxidos e hidróxidos de ferro (goetita, hematita e limonita) se originam pela re-mobilização do ferro existente nas rochas subjacentes, bem como, nos próprios arenitos, uma vez que tais rochas nos locais estudados apresentam grandes quantidades deste elemento.

Vale ressaltar a hipótese para a formação dos ornamentos existentes na Gruta do Inocente. Uma observação detalhada revelou que os espeleotemas dessa caverna apresentam um núcleo composto por argila, silte e areia fina recoberto por uma camada de espessura variável de óxido de ferro, identificada como goetita. Algumas vezes, o núcleo do espeleotema encontrava-se oco, enquanto que outros espeleotemas apresentavam uma estrutura maciça de óxido de ferro.

Também foram observados ornamentos do tipo caixa de ovo, principalmente em locais onde o teto apresenta inclinação moderada.

Um exame mais detalhado mostrou que a água que escorre pelo teto inclinado transporta e concentra fragmentos de argila, silte e areia fina retirada do arenito. Os depósitos se formam onde a água cai sob a forma de gota. Se em um determinado ponto o gotejamento é mais intenso, neste local os depósitos serão maiores, podendo originar pequenas estalactites de areia e argila. Posteriormente, as estalactites são recobertas por óxidos e hidróxidos de ferro. Nesta fase, o desenvolvimento do ornamento é mais intenso, sendo que, aparentemente, a água escoava na parte externa da estalactite.

Na fase seguinte, a água passa a correr na parte interna do espeleotema, removendo por completo os fragmentos líticos, originando assim as estalactites ocas. Posteriormente, o espeleotema é preenchido novamente por óxido e hidróxido de ferro, gerando uma estrutura maciça.

Outros ornamentos possuem sua origem relacionada com a remoção mecânica de partículas da rocha. Como exemplos, podemos citar as caixas de ovos, as clarabóias, os sinos e as pias. Muitas vezes, as clarabóias e sinos encontram-se ao longo de fraturas ou na interseção de duas fraturas, locais com maior aporte de água.

Com relação às chamadas formas concêntricas ou círculos, propomos a seguinte origem: a gota que cai fornece energia para que as partículas mais finas existentes no solo sejam transportadas para as porções externas, mais afastadas do ponto da queda da gota; enquanto que, próximo ao local onde a gota atinge o solo, concentram-se fragmentos mais grosseiros. Os diferentes círculos concêntricos representam, então, um re-trabalhamento do sedimento existente no chão da caverna, quando os sedimentos mais finos sofrem um transporte maior do que os sedimentos mais grosseiros.

Essa seleção origina círculos concêntricos, ocorrendo, inclusive, o represamento de água no interior de tais feições, lembrando os travertinos das cavernas carbonáticas. Devido às dimensões destes ornamentos, os mesmos também poderiam ser chamados de micro-travertinos.

6.2.3. Ornamentos Identificados nas Cavernas Visitadas

- **Estalactite e Estalactite Encurvada** (Painel 06 e Painel 07)

Juntamente com a couve-flor, corais de sílica e a caixa de ovo, as estalactites são extremamente comuns nas cavidades estudadas, estando presentes na ampla maioria delas.

Entende-se por estalactite, ornamentos com forma cônica, formada pela deposição ou precipitação de minerais em locais de gotejamento de água no teto, que se desenvolvem verticalmente em direção ao chão da caverna.

A constituição mineralógica pode variar, sendo identificados sílica, óxido de ferro e calcita. Em alguns locais, como, por exemplo, a Caverna Quinhão 75 e a Gruta do Inocente, foram observadas estalactites compostas por sílica próximas a outras compostas por calcita ou óxido de ferro. Mas, na maioria dos casos, em uma mesma caverna, ocorria uma certa homogeneidade na composição das estalactites.

As dimensões também são variáveis, predominando, no entanto, estalactites com, aproximadamente, 5 cm de comprimento. As maiores estalactites foram encontradas na Caverna do Inocente – Tamarana, Pr (estalactites de óxido de ferro com 35 cm de desenvolvimento), Toca do Tibagi – São Jerônimo da Serra, Pr (estalactites calcíticas com até 40 cm desenvolvimento) e na Toca das Colunas – Ortigueira, Pr (estalactites calcíticas com até um metro de desenvolvimento).

Na Caverna Quinhão 75 (Ventania, Pr) bem como na Toca das Colunas, foram identificadas estalactites encurvadas.

- **Cascata de Rocha** (Painel 06)

As cascatas de rochas são originadas pela precipitação maciça de minerais a partir da água que escorre pela parede da caverna. Neste caso, não ocorre o gotejamento da água.

Nas cavernas estudadas foram observadas cascatas compostas por carbonatos e óxidos de ferro, respectivamente, nas cavernas Quinhão 75 (Ventania, Pr) e Inocente (Tamarana, Pr).

- **Caixa de Ovos** (Painel 06)

Um dos ornamentos mais comuns nas cavernas estudadas. Na verdade, este ornamento é classificado como espeleogem, posto que não ocorrem depósitos minerais, mas sim a retirada de fragmentos ou dissolução da rocha em determinadas porções.

Todavia, a caixa de ovos também pode ser formada a partir da retirada, do transporte e da deposição de argila e areia fina pela água no teto da caverna.

Nos dois casos não existe, contudo, a formação de novos minerais, apenas o re-trabalhamento dos já existentes.

O resultado é um padrão de altos e baixos, lembrando uma caixa de ovos.

O ornamento é formado pela própria rocha ou por associação de partículas de granulometria oscilando entre argila e areia.

Ornamento bastante comum, estando presente em praticamente todas as cavernas estudadas. Merecem ser citadas as caixas de ovos presentes nas cavernas Portão de Baixo (Sengés, Pr) e na do Inocente (Tamarana, Pr).

- **Casca de Ovos** (Painel 07)

Trata-se de uma crosta de composição silicática ou de óxido de ferro, que ocorre no teto das cavernas. Recebe esse nome, pois forma estruturas ocas e elípticas, normalmente descontínuas, lembrando cascas de ovos quebrados.

Este ornamento não é muito comum ocorrendo especialmente na Caverna da Torre 2 (Ventania, Pr).

- **Couve-Flor / Corais de Sílica / Pipoca de Sílica** (Painéis 06 e 07)

Um dos ornamentos mais comuns, presente em, praticamente, todas as cavernas estudadas.

O termo couve-flor é muito utilizado no Brasil em virtude da semelhança entre este ornamento e uma couve-flor. Todavia, na literatura internacional é utilizado o termo *coralloids* ou *corallike* (forma semelhante ao coral) para designar tais formas. Também podem ser encontradas referências à pipoca de sílica. Todavia, adotamos o termo genérico de corais de sílica para designar todas estas formas. Acreditamos que se trata do mesmo ornamento, só que em diferentes estágios de desenvolvimento.

Estes ornamentos são constituídos, normalmente, de sílica, podendo ocorrer isolados ou recobrando grandes áreas, bem como no teto e paredes da cavidade. Não é difícil também encontrar estes ornamentos em blocos abatidos.

- **Estalagmite** (Painel 06)

Estalagmite pode ser definida como sendo montículos de minerais precipitados ou depositados no chão da caverna que crescem verticalmente em direção ao teto da mesma.

Este ornamento possui ocorrência mais rara nas cavernas visitadas, sendo identificado nas seguintes cavidades: Inocente Quinhão 75 (Ventania, Pr), Toca das Colunas (Ortigueira, Pr), Toca do Tibagi (São Jerônimo da Serra, Pr) e Portão de Baixo (Sengés, Pr).

Normalmente composto por carbonato ou óxido de ferro, possuindo dimensões máximas de 20 cm.

- **Cortina** (Painel 06)

Este espeleotema apresenta dimensão muito superior aos outros, se desenvolvendo ao longo de fraturas onde a percolação da água é mais intensa.

Somente foram observadas cortinas nas cavernas Quinhão 75 (Ventania, Pr), do Inocente (Tamarana, Pr) e na Toca da Cachoeira (Ventania, Pr). No primeiro caso a constituição mineralógica era à base de carbonato enquanto que nos dois últimos a composição era de óxido de ferro. Em todos os casos, as dimensões das cortinas eram reduzidas. A maior cortina observada se encontra na Toca da Cachoeira (Ventania, Pr) possuindo 50 cm de comprimento e se desenvolvendo por mais de 1 metro ao longo de uma fratura.

- **Colunas** (Painel 07)

As colunas se formam pela união entre uma estalactite e uma estalagmite.

Este ornamento foi observado nas cavidades: Toca do Tibagi (São Jerônimo da Serra, Pr), Toca das Colunas (Ortigueira, Pr) e Gruta do Inocente (Tamarana, Pr). Nos dois primeiros casos, o referido espeleotema era composto por carbonato, enquanto no último a composição era de óxido de ferro.

- **Crostas**

As crostas são depósitos de composição silicática, carbonática ou de óxido de ferro, que ocorrem recobrando o teto e as paredes. É comum encontrar crostas formadas ao longo de fraturas ou outros planos de descontinuidade.

Trata-se de espeleotema bastante comum em todas as cavernas visitadas.

- **Formas Concêntricas ou círculos** (Painel 07)

Em algumas cavernas, como, por exemplo, nas cavernas do Albino (Tamarana, Pr), Inocente (Tamarana, Pr) e Arco Verde (São Jerônimo da Serra, Pr), o gotejamento de água em um sedimento arenoso rico em água originou um ornamento bastante interessante, aqui informalmente chamado de formas concêntricas.

- **Clarabóia** (Painel 08)

Clarabóias são orifícios no teto da caverna ligando esta cavidade ao meio externo ou a outra caverna.

Nas cavernas Portão de Cima e Portão de Baixo (Sengés, Pr) foram identificadas cinco clarabóias, sendo que em três delas ocorre à passagem de água originado cachoeiras.

Este ornamento não é formado por depósitos de minerais, mas sim pela retirada de partículas da rocha.

- **Cúpula de Dissolução ou Sino** (Painel 07)

A Cúpula de Dissolução ou sino é uma cavidade no teto da caverna com uma forma cônica sem, contudo, colocar em comunicação a caverna com o meio exterior ou com outra caverna. Possivelmente, a evolução do sino origina uma clarabóia.

Foram observados sinos nas cavernas Portão de Baixo (Sengés, Pr), Portão de Cima (Sengés, Pr), Fazendão (Itaquerí da Serra, SP), Arco Verde (São Jerônimo da Serra, Pr), Inocente (Tamarana, Pr), Albino (Tamarana, Pr) e na Gruta das Urtigas (São Jerônimo da Serra, Pr).

- **Pias**

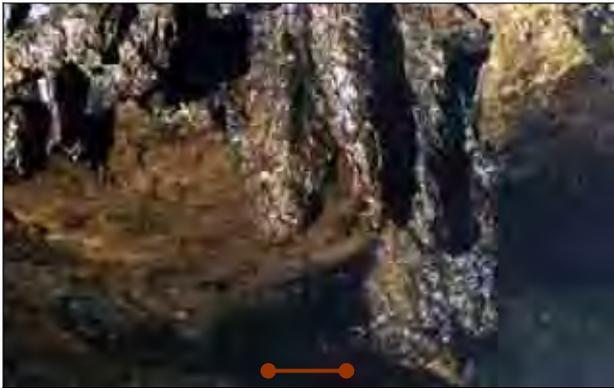
Na Gruta do Cedro 3 (São Jerônimo da Serra) e no Toca de Cima (Ribeirão Claro) a constante queda de água na rocha originou uma pequena cavidade, lembrando uma pia de banheiro. Trata-se de ornamento bastante raro nas cavernas visitadas.

- **Blocos e seixos presos no teto da caverna** (Painel 08)

Como algumas das cavernas estudadas se desenvolveram em diamictitos, podem ser originados ornamentos a partir de tais fragmentos rochosos. É o caso da Caverna Caruana 3, onde o teto é extremamente rico em seixos e blocos de tamanhos e composição variados.

Nesta cavidade, aproximadamente na sua porção central, encontra-se um bloco de granito. Também podem ser visualizados diversos blocos menores de diferentes dimensões, assim como uma quantidade muito grande de seixos.

Trata-se de um ornamento pouco comum.



5cm

Estalactite composta por minerais de ferro.
Autor: Ângelo Spoladore.



15cm

Estalactite e cortina formadas por calcita. Autor:
Ângelo Spoladore.



Cascata de rocha composta por calcita. Autor:
Ângelo Spoladore.



10cm

Estalactite e estalactite encurvada formada por
minerais de sílica. Autor: Ângelo Spoladore.



2,5cm

Caixa de ovo. Autor: Ângelo Spoladore.



4cm

Caixa de ovo. Autor: Ângelo Spoladore.

Painel 06 – Espeleotemas observados nas cavernas estudadas.



10cm

Casca de ovo. Autor: Ângelo Spoladore.



5cm

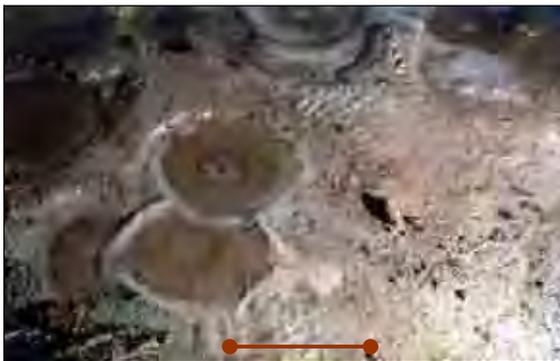
Corais de sílica. Autor: Ângelo Spoladore.



Colunas compostas por calcita. Autor:
Ferdinando Nesso.



Estalactites encurvadas. Autor: Ferdinando
Nesso.



17cm

Círculos. Autor: Ângelo Spoladore.



15cm

Estalagmite composta por carbonato. Autor:
Ângelo Spoladore.

Painel 07 – Espeleotemas observados nas cavernas estudadas.



Couve-flor. Autor: Ângelo Spoladore.



Teto recoberto por couve-flor. Autor: Ângelo Spoladore.



Pipocas de sílica. Autor: Ângelo Spoladore.



Pipocas de sílica. Autor: Ângelo Spoladore.



Clarabóia. Autor: Ângelo Spoladore.



Bloco de granito no teto da Gruta Caruana 3. A caverna se desenvolveu em meio a diamictito. Os blocos e seixos no teto da caverna, devido à erosão diferencial, ficaram expostos tornando-se assim, espelegens. Autor: Ângelo Spoladore.

Painel 08 – Ornamentos encontrados nas cavernas estudadas.

6.3. FAUNA

Ao longo dos trabalhos de campo, vários animais foram observados nas cavernas, bem como em seu entorno. Todavia, a caracterização da fauna e da flora não é objetivos deste trabalho, ficando aqui apenas o registro das principais espécies encontradas (Painel 09).

Ressaltamos que não foram realizados estudos sistemáticos. Apenas foi feito o registro fotográfico dos diferentes animais encontradas no interior das cavidades ou próximo às suas entradas.

A caracterização do meio biótico dessas cavidades continua sem estudos, sendo necessárias pesquisas urgentemente.

Dessa forma, temos:

Phyllum Molusca

Classe Gastropoda (caramujos)

Phyllum Arthropoda

Classe Chilipoda (centopéias)

Classe Arachinida

Ordem araneaea

Ordem opilionea

Ordem amblypygi

Classe Acarida (ácaros e carrapatos)

Classe Insecta

Ordem Orthoptera (grilos)

Ordem Blattaria (baratas)

Ordem Díptera (moscas e mosquitos)

Ordem Coleoptera (borboletas)

Ordem Lepidoptera (mariposas)

Ordem Hymenoptera (abelhas e vespas)

Ordem Diplopoda

Phyllum Chordata

Classe Amphibia (sapos e rãs)

Classe Reptilia (répteis)

Classe Aves (ninhos)

Classe Mammalia

Ordem Chiroptera (morcegos)

Ordem Rodentia (roedores)

Ordem Carnívora (animais carnívoros)

Família Canidae

Família Felidae (fezes e pegadas)

Como podemos verificar na Prancha 06, as cavernas estudadas são amplamente povoadas por colônias de fungos diversos. Na realidade, segundo Martins (1985), em amostragens diversas em materiais provenientes de cavernas podem ser identificadas, além das colônias de fungos, colônias de bactérias e leveduras.

Os fungos mais comuns nas cavernas desenvolvidas no arenito Botucatu, de acordo com Martins (1985) são: *Penicillium sp*, *Mucor sp*, *Fusarium sp*, *Monilia sp*, *Mycelia sterilia*, *Trichoderma sp*, *Apergillus niger*, *Fusarium sp* e *Botrytis sp*.

Não foram realizados estudos visando a identificação dos fungos existentes nas cavernas. Tais estudos são essenciais posto que, dentre eles pode existir o *Histoplasma capsulatum*, que causa a doença conhecida como histoplasmose, que pode até mesmo levar ao óbito.

Tais fungos são comuns tanto no meio externo quanto no ambiente da caverna. Também não foram constatados casos de contaminação pelo *Histoplasma capsulatum* nos visitantes das cavernas estudadas.

Todavia, não é possível atestar a segurança das cavidades sem a realização de estudos micológicos completos.



Classe Arachnida Ordem Araneaea.
Autor: Ângelo Spoladore



Classe Arachnida Ordem Araneaea..Autor:
Ângelo Spoladore



Amblipigio (Arachnida, Amblypygi)
Autor: Ângelo Spoladore



Classe Arachnida, Ordem Araneaea.
Autor: Ângelo Spoladore



Classe Arachnida, Ordem Araneaea. Autor:
A . Carneiro.



Classe Arachnida, Ordem Opilionea
Autor: Ângelo Spoladore



Classe Arachnida Ordem Araneaea.
Autor: Ângelo Spoladore



Colônia de fundos. Autor: Ângelo Spoladore



Classe Arachnida Ordem Opilionea
Autor: A . Carneiro.



Classe Insecta, Ordem Lepidóptera. Autor:
Ângelo Spoladore



Classe Insecta, Ordem Orthoptera Autor:
Ângelo Spoladore



Classe Mammalia, Ordem Chiroptera
(morcegos) Autor: Â. Carneiro.

Painel 09 – Fauna Cavernícola

6.4. REGISTROS ARQUEOLÓGICOS

Da mesma forma que a fauna e flora, foge do escopo deste trabalho um levantamento detalhado dos sítios e evidências arqueológicas.

Todavia, no decorrer das pesquisas, nos deparamos com um número de informações muito grande, que deixamos aqui relatados.

Foram encontrados registros arqueológicos nas seguintes cavernas (Tabela 09):

Tabela 09– Sítios arqueológicos encontrados

Caverna	Localização	Evidência arqueológica encontrada
Toca do Porto de Areia	São Jerônimo da Serra, Pr	Material lítico lascado
Gruta da Água do Bira	São Jerônimo da Serra, Pr	Material lítico lascado e polido, restos ósseos.
Gruta do Cedro 1	São Jerônimo da Serra, Pr	Pinturas rupestres; artefatos líticos lascados e polidos (ponta de flecha, buril, raspador, facas, machadinha, mão de pilão); restos cerâmicos; restos ósseos; cinza de fogueiras; carvão.
Gruta de Terra Nova	São Jerônimo da Serra, Pr	Material lítico polido.
Gruta da Água do Capim (ou das Urtigas)	São Jerônimo da Serra, Pr	Material lítico polido e lascado; restos de cerâmica e ossos.

Ressaltamos que estes sítios arqueológicos são inéditos, sendo que seus registros estão restritos a relatórios internos.

Em São Jerônimo da Serra também foi realizada uma campanha de resgate de material arqueológico junto à população local. Foram resgatadas aproximadamente, sessenta peças, na maioria machadinhas e mão de pilão, as quais foram

classificadas, descritas, fotografadas e agora estão retornando a São Jerônimo da Serra para constituir patrimônio de um museu municipal.

Pelo constatado em campo, o potencial arqueológico da região é muito grande, sendo que até o momento, não estão sendo realizadas pesquisas nesta área.

Nas cavernas estudadas encontramos, basicamente, cinco diferentes tipos de evidências arqueológicas (Painel 10): **a)** pinturas rupestres; **b)** utensílios líticos lascados ou polidos; **c)** restos cerâmicos; **d)** ossos e conchas e **e)** carvão e cinzas de fogueiras.

Estes materiais são utilizados para a distinção e conhecimento dos povos que os confeccionaram.

Assim, considerando a pintura rupestre (ou arte rupestre), podemos dividir esses povos segundo a Tabela 10:

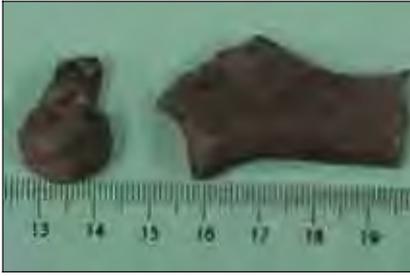
No Paraná, são conhecidos vários sítios arqueológicos, especialmente na área de afloramento do Arenito Furnas.

Por arte ou pintura rupestre entendem-se todas as inscrições (pinturas e gravuras) deixadas pelo homem em suportes fixos de pedra (paredes de abrigos, grutas, matacões, dentre outros).

Considerando os materiais líticos e cerâmicos, podemos dividir os povos pré-históricos paranaenses em duas tradições: a Tradição Itararé e a Tradição Embu.

Tabela 10. - Principais Tradições da Arte Rupestre no Brasil

Tradição	Características	Local de ocorrência
São Francisco	Grandes figuras retangulares, ovais, estreitas, em conjunto, chegando até um metro de comprimento, onde o vermelho e o amarelo dominam, a policromia é a regra nos grandes painéis geométricos, os zoomorfos são raros e representados por peixes, cobras, lagartos e tartarugas e não há a representação de veados.	Estende-se do alto de São Francisco (Minas Gerais) até Caririnha (Estado da Bahia).
		Ocorre na caverna Abrigo do Sol em Iraquara- BA.
Planalto	Representa mais de uma cena onde quase todos os grafismos são pintados de ocre vermelho, raramente de amarelo e branco, os zoomorfos predominantes e monocromáticos, já os natropomorfos aparecem em pequena quantidade. Há ocorrência de superposições aparentemente serem intencionais.	Desde o Paraná, atravessando São Paulo até Minas Gerais.
		Ocorre nas cavernas Lapa da Cerca Grande e Gruta do Ballet em Matozinhos - MG.
Nordeste	Os grafismos são principalmente cenas de antropomorfos muito ativos como a caça, a luta, cenas realistas e naturalistas. Os desenhos formam atos explícitos de dança, abrigos, copulações, cerâmicas ou ritos. Há uma variação de cores que vão do ocre, vermelho, amarelo, branco (caulim) até o preto (óxido de manganês).	Sul do Piauí, parte da Bahia e Ceará, Pernambuco, Rio Grande do Norte, e norte de Minas Gerais.
		Caverna Boqueirão da Pedra Furada em São Raimundo Nonato – PI
Agreste	Possui figuras de maior tamanho, geométrico ou biomorfos. Poucas cenas são representadas, onde, quase sempre dois elementos caçando, pescando, etc. Há presença de mais zoomorfos do que antropomorfos e algumas mãos positivas. Pode se notar a presença das araras dentro das grandes figuras.	Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco e Piauí.
Amazônia	Presença de Antropomorfos muito simplificados, simétricos e até geométricos. Cabeças radiantes são freqüentes.	Território Amazônico
		Caverna da Pedra Pintada em Monte Alegre - PA.
Geométrica	Expressa principalmente sobre forma de gravuras polidas onde predominam as cupelas (depressões hemisféricas), figuras geométricas, traços retilíneos e circulares com perfurações a espaços regulares no fundo do sulco, tridáctilos numerosos e poucos bioformos. Houve constatações de retoque ou superposições de pinturas.	Planalto Central: Santa Catarina, São Paulo E Mato Grosso. Planalto Setentrional: Ceará, Paraíba e parte de Goiás.
Meridional	Predominância de signos geométricos lineares não figurativos e tridáctilos. Predominantemente manifestadas sobre blocos isolados ou lajes horizontais.	Sul do país.
Litoral Catarinense	Painéis gravados em lugares de pouco acessíveis, quase sempre perigosos em fazendo frente para o mar. As gravuras são profundas e polidas.	Ilhas de até 5 km da costa.



Restos ósseos encontrados na Gruta do Bira, São Jerônimo da Serra, Pr. Autor: Ângelo Spoladore.



Representação geométrica. Autor: Ângelo Spoladore



Ponta de flecha resgatada de populares em São Jerônimo da Serra, Pr. Autor: Ângelo Spoladore.



Restos cerâmicos encontrados na Gruta do Cedro 1, São Jerônimo da Serra, Pr. Autor: Ângelo Spoladore.



Representação zoomórfica. Autor: Ângelo Spoladore



Machadinha resgatada de populares em São Jerônimo da Serra, Pr. Autor: Ângelo Spoladore.



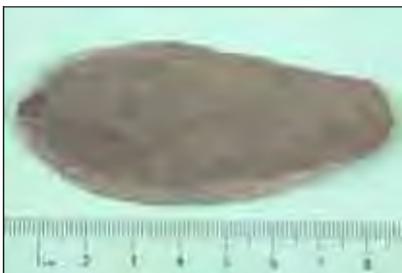
Representação antropomórfica observada na Gruta do Cedro 1, São Jerônimo da Serra, Pr. Autor: Ângelo Spoladore.



Trincheira de observação feita por equipe de arqueólogos do Museu Paranaense Gr do Cedro 1, São Jerônimo da Serra, Pr. Autor: Ângelo Spoladore.



Mão de pilão resgatada de populares em São Jerônimo da Serra, Pr. Autor: Ângelo Spoladore.



Raspador encontrado na Gruta do Capim (ou Urtiga), São Jerônimo da Serra, Pr. Autor: Ângelo Spoladore.



Raspador. Autor: Ângelo Spoladore.



Quebra coco encontrado na Gruta do Cedro 1, São Jerônimo da Serra, Pr. Autor: Ângelo Spoladore.

Painel 10 – Evidências Arqueológicas identificadas nas cavernas estudadas.

6.5. CONDIÇÕES AMBIENTAIS DAS CAVERNAS ESTUDADAS

No geral, as cavernas estudadas apresentam condições ambientais bastantes satisfatórias. Muitas delas estão situadas em locais de difícil acesso, fator este que limita sua visitação, preservando-as.

Mesmo aquelas de acesso fácil, a depredação ambiental é moderada.

Algumas vezes ao adentramos as cavidades, a impressão que se tinha é que éramos os primeiros em um bom tempo a estarem naquele local. Não se observava qualquer interferência humana. Apenas as que deixávamos. Também foram comuns encontrarmos pegadas e fezes de felinos.

Todavia, alguns fatores têm que ser considerados. O primeiro deles é que não existe uma política de atrair visitantes para estes cavidades. Alguns locais fora da área de estudo, como por exemplo, Ribeirão Claro, União da Vitória, Itararé (SP) procura divulgar o turismo e como atrações turísticas, as cavernas areníticas desses municípios.

Assim, no *folder* institucional da cidade de Ribeirão Claro, podemos ver fotos e a localização das cavernas Água Virtuosa e do Espeleotema. Em Itararé, cidade paulista muito próximo a divisa com o Paraná um *folder* local divulga a Gruta do Barreiro bem como uma associação local que visa desenvolver o turismo. Em União da Vitória, sul do Estado do Paraná, o mapa turístico local mostra a localização de duas cavernas.

Tirando esses casos, toda a visitação que as cavernas aqui trabalhadas recebem, é espontânea, sem guia, sem equipamentos apropriados e o local não possui qualquer benfeitoria ou infra-estrutura para receber os turistas.

Caso seja implantado por parte dos municípios ou de particulares atividades turísticas, certamente, devido à falta de preparo, tal situação sofrerá profunda mudança.

Mesmo nessas cavernas que estão sendo divulgadas, não existe preparo adequado do local nem do pessoal envolvido, sendo que muitas vezes as visitas são feitas desacompanhadas de guias ou monitoras.

Não é à toa que os maiores impactos observados encontram-se justamente nas cavernas com maior visitação.

Os problemas encontrados nas cavernas podem ser agrupados em três grupos:

- Pichações e inscrições deixadas nas paredes das cavernas;
- Acúmulo de resíduos sólidos nas proximidades e interior das cavernas;
- Atividades diversas nas imediações das cavernas.

As pichações e inscrições feitas nas paredes, blocos do interior da caverna bem como em árvores próximas à entrada, são extremamente comuns. Foram identificadas pichações à caverna Arco Verde e a Gruta do Bira

Na Caverna Arco Verde as inscrições são poucas estando limitadas à entrada da caverna feita a canivete ou outro material pontiagudo. Todavia, mesmo com algumas evidências da presença humana, a Caverna Arco Verde apresenta-se bastante preservada e em seu interior podem ser vista diversos indivíduos de diferentes espécies.

Na Gruta do Bira, podem ser visualizadas diversas inscrições bem como resíduos sólidos. Todavia, como o proprietário está limitando o acesso ao local, as

inscrições estão sendo recobertas de musgos e em alguns casos, desgastadas pelo escoamento da água.

Outro problema bastante comum nas cavidades com visitação é o acúmulo de resíduos sólidos no interior e partes externas da caverna. Neste quesito merecem destaque a Caverna Água da Pedra.

A Caverna do Louco estava supostamente sendo habitada por um indivíduo que não gozava plenamente de suas faculdades mentais. Por outro lado, há quem diga que o elemento é na verdade um fugitivo da justiça. O fato é que tanto no interior como no exterior da caverna foi encontrada uma quantidade muito grande de resíduos, indicando que esta cavidade está sendo habitada por um longo período de tempo. Foram encontrados roupas, sapatos, dinheiro, embalagens plásticas, garrafas de aguardente, embalagem longa vida de leite e outros alimentos estocados indicando que na realidade, a cavidade ainda está sendo usada por alguém. No interior da caverna foram observadas ainda prateleiras, talheres e cama.

Especificamente neste caso, todo o resíduo acumulado pode ser atribuído a apenas um indivíduo. Mesmo com tal situação, as condições gerais da cavidade são boas.

Outra caverna onde verificamos o acúmulo de resíduos foi a Caverna do Cambota. Nesta cavidade, foram encontradas diversas latas bem como pneus no interior da caverna. Pelo observado em campo, as latas foram trazidas para a caverna pela ação das águas proveniente do sistema de drenagem da estrada que passa sobre a caverna. Possivelmente os resíduos foram jogados ao lado da estrada próxima à entrada da caverna e as águas de chuva se encarregaram de transportar para o interior da cavidade juntamente com aproximadamente um metro de sedimento argiloso, o que está assoreando rapidamente a caverna. Neste caso, o fator impactante de maior importância é a estrada. Foi solicitado junto a Prefeitura Municipal de Mandaguari que fosse alterado o leito da estrada e que, enquanto isso

não acontecesse, fosse alterado o sistema de drenagem para que as águas de escoamento superficial não adentrassem a caverna.

Também foram encontrados resíduos sólidos nas cavernas Arco Verde, Água Virtuosa, Toca das Pinturas de Jaguaraiá, Água da Pedra e Portão de Baixo (Painel 11).

Talvez o fator que cause maior impacto na caverna seja a atividade desenvolvida nas proximidades das cavernas. Mesmo estando em áreas de preservação permanente, as cavernas podem sofrer drasticamente com o desmatamento de áreas próximas bem como com alterações no sistema de drenagem superficial e de sub-superfície.

Muitas vezes são desenvolvidas atividades antrópicas imediatamente acima das cavernas, colocando em risco a cavidade bem como as pessoas que ali trabalham. É o caso do sistema Portão de Cima e Portão de Baixo e da Caverna Cheia d'Água.

Tal situação foi constatada nas seguintes cavidades: Arco Verde (Painel 11), Cedro I.



Pichações na Gruta Água do Bira.
Autor: Ângelo Spoladore.



Grande quantidade de sedimentos na entrada da Gruta Arco Verde.
Autor: Ângelo Spoladore.



Exemplo de desmatamento nas proximidades da cavidade. Autor: Ângelo Spoladore.



Árvore caída e jogada nas proximidades do Abrigo do Porto de Areia. Autor: Ângelo Spoladore.



Resíduos sólidos existentes no interior de cavidade natural. Autor: Ângelo Spoladore.



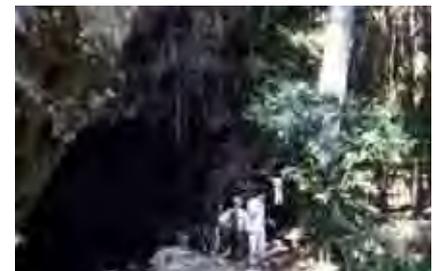
Objetos deixados na Gruta Água da Pedra, São Jerônimo da Serra, Pr.
Autor: Ângelo Spoladore.



Depósitos de areia no interior da caverna. Gruta do Bira, Autos: Angelo Spoladore



Depósitos sedimentares no interior da Gruta de Terra Nova, proveniente do meio externo. Autor: Angelo Spoladore



Resíduos deixados na Gruta Água da Pedra, São Jerônimo da Serra, Pr.

Painel 11 – Impactos Diversos Observados nas Cavidades Estudadas.

6.6. GÊNESE E EVOLUÇÃO

Podemos agrupar as cavernas quanto à gênese nos seguintes grupos:

- Cavernas desenvolvidas por abatimento de blocos
- Cavernas desenvolvidas pela remoção mecânica de partículas das rochas;
- Cavernas desenvolvidas pela solubilização da sílica e posterior remoção mecânica das partículas da rocha;

- **Cavernas Desenvolvidas por Abatimento de Blocos.**

Em Londrina, Paraná, temos o relato de uma cavidade basáltica desenvolvida devido ao abatimento de blocos. Trata-se de cavidade de pequenas dimensões e com formato irregular.

São conhecidas cavidades formadas por esse processo em São Jerônimo da Serra e Sengés.

Em São Jerônimo, apesar da caverna não ter sido estudada detalhadamente, foi constatado que a mesma apresenta inclusive espeleotemas desenvolvidos após o abatimento.

Este processo também pode originar salões dentro de uma caverna qualquer. Como exemplo citamos o Buraco do Jacaré (Itapeva, SP) que o abatimento de um grande bloco originou diferentes níveis bem como salões.

- **Cavernas Desenvolvidas pela Remoção Mecânica de Partículas da Rocha.**

Este processo gerou cavidades como a Toca do Tigre (ou do Katushi) em São Jerônimo da Serra, a Toca Submersa em Ventania, a Grota da Cachoeira em Palmas e atuou de forma decisiva no desenvolvimento da Gruta da Sede e na Gruta da Torre 2, ambas localizadas em Ventania, Pr.

A cavidade assim desenvolvida normalmente encontra-se às margens de curso d'água qualquer sendo comum também àquelas próximas a cachoeiras.

A Toca do Tigre e a Toca Submersa, por exemplo, estão localizadas às margens de um rio com boa vazão, na parte externa de um meando, região onde a água age com mais intensidade. Assim, em época de cheia, o rio bate diretamente sobre a rocha removendo mecanicamente fragmentos e abrindo a cavidade.

Este processo pode ser acelerado quando a rocha apresenta camadas compostas por materiais com resistências à erosão, ocasionando a chamada erosão diferencial. É exatamente o que ocorre com a Toca do Tigre. Esta cavidade se desenvolveu em meio as litologias da Formação Rio do Rasto, a qual é composta por uma alternância de camadas com composição argilosa, síltica e arenosa.

De maneira similar, no caso das cachoeiras, a erosão regressiva pode abrir cavidades de pequeno porte e normalmente de grande beleza.

- **Cavernas Desenvolvidas pela Dissolução da Sílica**

Acreditamos ser este o principal processo de gênese das cavidades estudadas. Mesmo quando um dos outros dois processos estava envolvido, pode-se observar claramente evidências da dissolução da sílica.

Mas como provar que a sílica está sendo dissolvida originando dessa forma, as cavernas e outras formas cársticas de relevo?

Conforme procuramos demonstrar anteriormente, a solubilidade da sílica está relacionada principalmente com a temperatura e com a presença de determinados elementos químicos, em especial o sódio (Na^+) e o potássio (K^+).

Benitez (2002) realizou levantamento geoquímico para flúor, sódio e potássio das águas superficiais na região de São Jerônimo da Serra. O levantamento inicial visava a caracterização ambiental, buscando possíveis fontes poluentes ou contaminadoras. A autora enfatiza o fato de que as concentrações elevadas se encontravam em regiões agricultáveis e com assentamentos nas proximidades.

Todavia, em seu trabalho Benitez (2002) não utiliza os trabalhos de Okamoto *et al.* (1957), Keller *et al.* (1963), Wray (1997) e Wray (2003) e acaba por não relacionar as elevadas concentrações de K^+ e Na^+ com o desenvolvimento das formas cársticas.

Os pontos amostrados no trabalho de Benitez (2002) encontram-se na Figura 34 e Tabela 11, juntamente com as respectivas concentrações de K^+ e Na^+ .

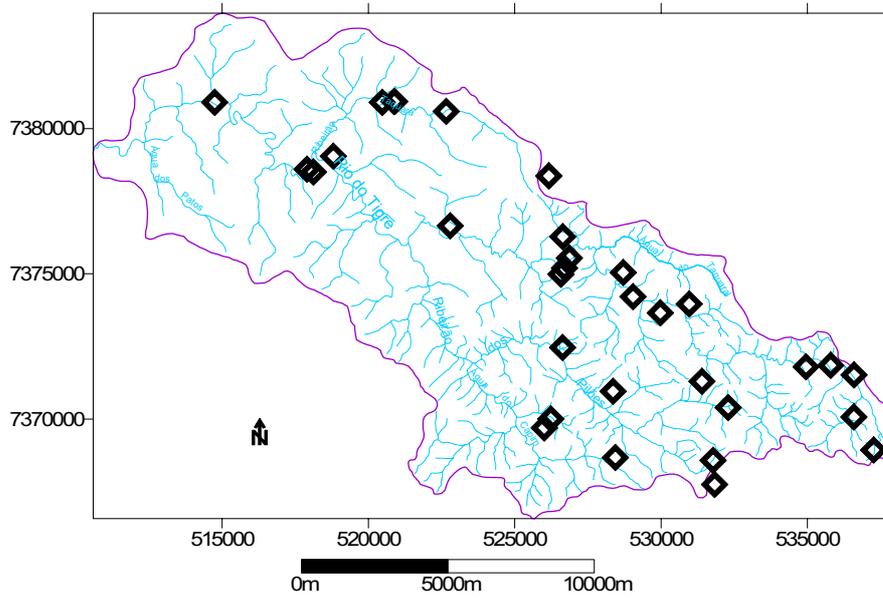


Figura 34 -
Distribuição
dos pontos
amostrados ao
longo da Sub-
Bacia do Rio
do Tigre,
Fonte: Benitez
(2002).

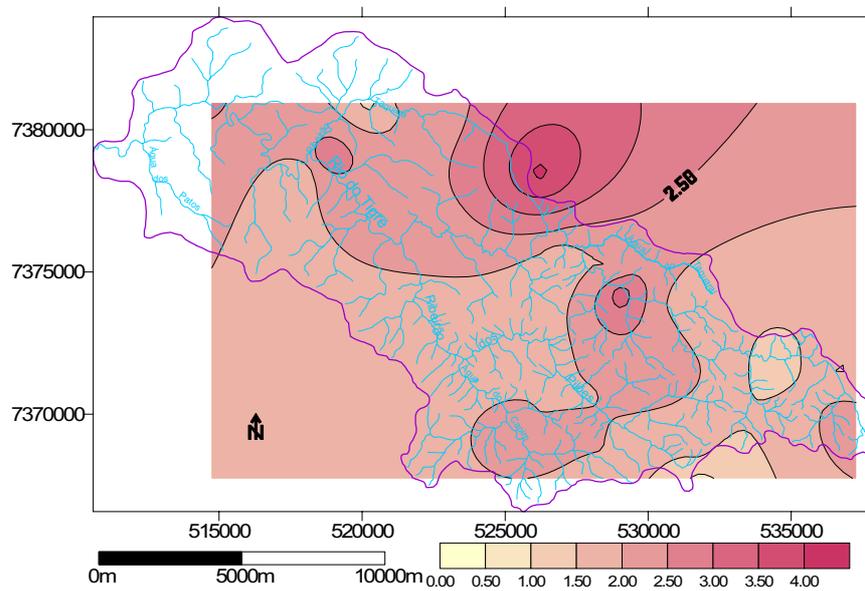


Figura 35: Distribuição das concentrações de K^+ ao longo da Sub-Bacia do Rio do Tigre. Fonte: Benitez (2002)

Tabela 11: Valores das Concentrações de K e Na (em ppm ou mg/L) Pertencentes à Sub-Bacia do Rio Tigre. Fonte: Benitez (2002)

	Ponto de Coleta	Localização	Teores de K⁺	Teores de Na⁺
01	Nascente rio do Tigre	22k537269 / UTM 7368935	2.20	0.77
02	Fazenda Santa Terezinha	22K536593 / UTM 7370074	2.20	0.25
03	Rio do Tigre	22K 536597 / UTM 7371520	1.41	0.25
04	Rio do Tigre - Sít. João M. Brandão	22K 531778 / UTM 7368579	1.61	0.25
05	Estância Vale Verde	22K 528707 / UTM 7375043	2.00	0.28
06	Sítio Santo André	22K 530969 / UTM 7373962	1.81	0.28
07	Fazenda São Jerônimo	22K 529978 / UTM 7373657	2.39	0.77
08	Fazenda São Jerônimo	22K 529045 / UTM 7374212	3.37	1.76
09	Rio do Tigre - ponte próx. Hospital	22K 526867 / UTM 7375539	1.61	0.77
10	Rio do Tigre -Salto João Nogueira	22K 522792 / UTM 7376653	2.20	0.28
11	Afl. rio do Tigre - Assent Arixiguana	22K 534956 / UTM 7371801	1.22	3.23
12	Rio do Tigre - Assent. Arixiguana	22K 533806 / UTM 7364207	1.81	0.28
13	Água do Serrado Afl. Rib. dos Pilões	22K 532292 / UTM 7370392	1.61	0.28
14	Nascente Rib. dos Pilões	22K 531833 / UTM 7367748	0.82	0.25
15	Nascente Água do Capim	22K 528439 / UTM 7368678	2.00	1.26
16	Estância Arco Verde	22K 526234 / UTM 7370005	2.00	0.28
17	Água do Capim	22K 526008 / UTM 7369697	2.20	0.77
18	Ribeirão dos Pilões	22K 526635 / UTM 7372464	1.81	0.28
19	Rib.Pilões -Assent. Rosely Nunes	22K 528359 / UTM 7370954	2.00	0.28
20	Afl. rio do Tigre -Katussi	22K 517896 / UTM 7378597	1.81	3.73
21	Ponte do rio do Tigre – Katussi	22K 518123 / UTM 7378505	1.81	1.76
22	Represa - ribeirão Taquara	22K 526165 / UTM 7378370	4.16	1.26
23	Rib. Taquara - Sítio São Jorge	22K 522657 / UTM 7380590	2.00	0.77
24	Rib. Taquara	22K 520476 / UTM 7380901	1.22	0.77
25	Rib. Taquara - ponte	22K 520901 / UTM 7380931	2.00	0.77
26	Rio do Tigre	22K 520873 / UTM 7380931	2.20	0.77
27	Nascente rib. Passo Fundo	22K 531400 / UTM 7371300	2.20	0.77
28	Água do Salto - porto de areia	22K 526700 / UTM 7375200	2.00	0.28
29	Água da Lagoinha	22K 518800 / UTM 7317950	2.98	4.22
30	Pátio Samae – poço I	22K 514750 / UTM 7380900	2.59	1.26
31	Mina - prox. Porto de areia	22K 526583 / UTM 7374986	1.61	0.25

Na Figura 35 apresentam-se os resultados obtidos por Benitez (2002) onde é observado que os teores de potássio mais elevados nas nascentes do rio Tigre bem como em seu médio e baixo curso, em especial na região do chamado Assentamento do Tigre, onde ocorrem várias cavernas.

Com relação ao sódio, analisando o trabalho de Benitez (2002) verifica-se que as maiores concentrações estão localizadas na cabeceira e próxima a foz do Rio do Tigre (Figura 36).

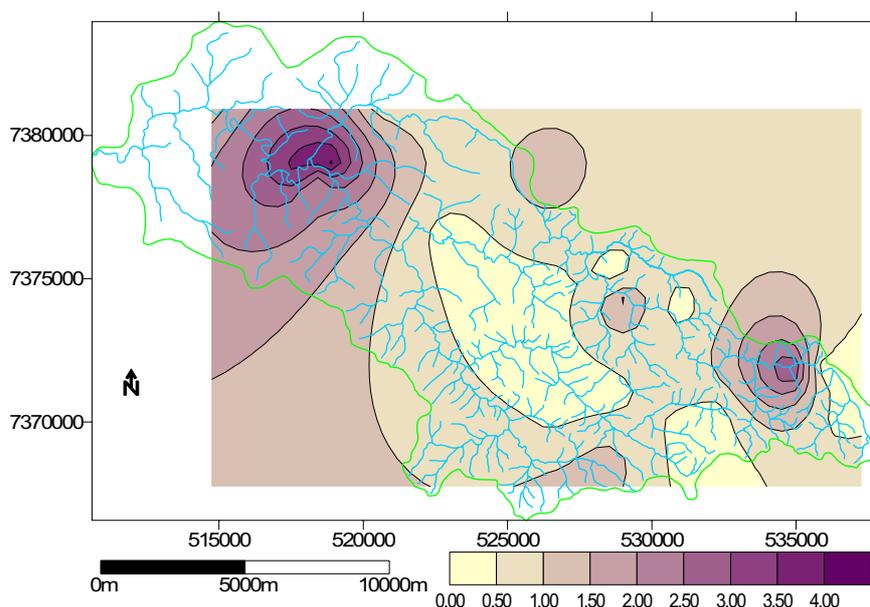


Figura 36 - Distribuição das concentrações de sódio ao longo da Sub-Bacia do Rio do Tigre. Fonte: Benitez (2002)

Nestes casos também as anomalias coincidem com locais onde existe uma maior concentração de caverna.

Estes dados ficam mais interessantes quando analisados em conjunto com os levantamentos feitos por MINEROPAR (2001) quando são apresentados

levantamentos de K^+ e Na^+ , entre outros, em águas superficiais para todo o Estado do Paraná.

Nas Figuras 37 e 38 vemos os resultados para K^+ e Na^+ para o Estado do Paraná.

Ao compararmos os dados de Benitez (2002) e MINEROPAR (2001), verifica-se que estes são coerentes sendo os resultados muito semelhantes tanto para o K^+ como para o Na^+ .

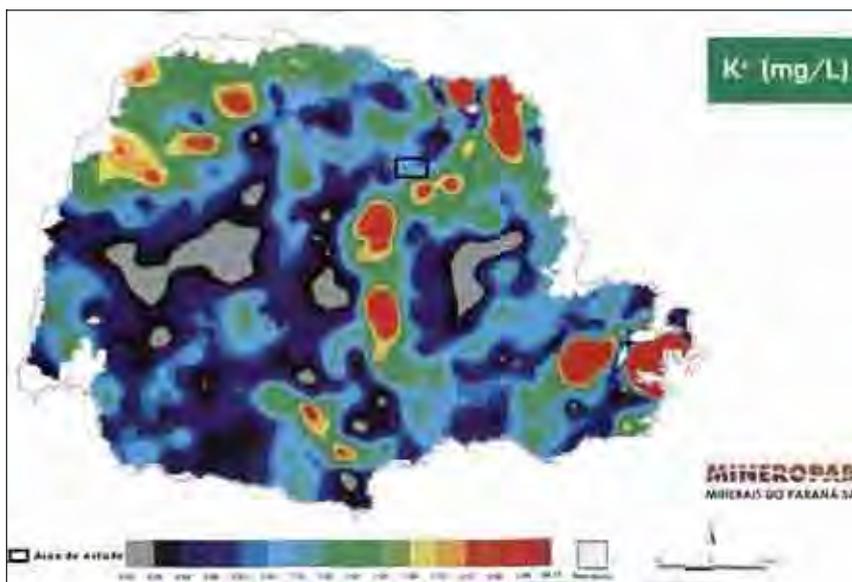


Figura 37: Mapa da distribuição de potássio no Estado do Paraná. Fonte: MINEROPAR (2001)

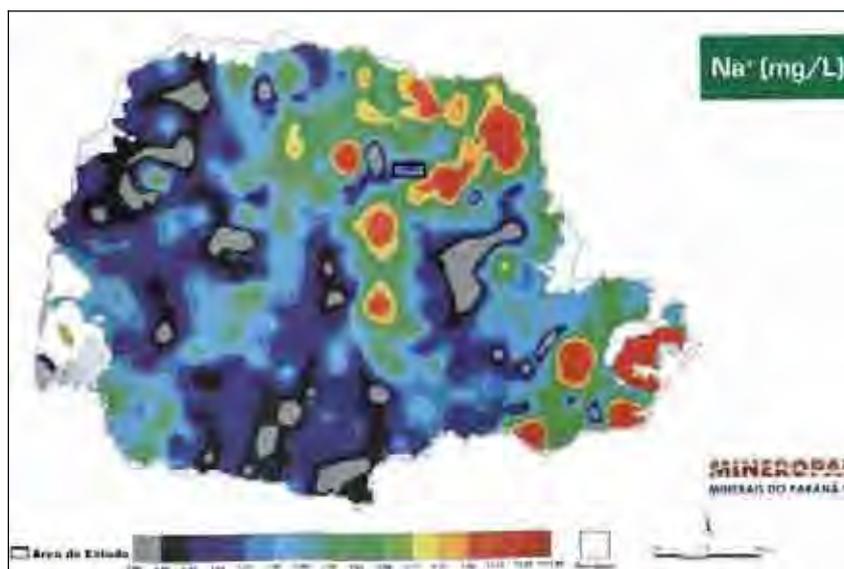


Figura 38: Distribuição das concentrações de sódio no Estado do Paraná.
 Fonte: MINEROPAR (2001)

Os dados da MINEROPAR (2001) revelam para ambos os elementos, um padrão em V, acompanhando a passagem do Segundo para o Terceiro Planalto Paraense, com concentrações mais expressivas na região NE do Estado (região de Ribeirão Claro, Carlópolis e Santo Antônio da Platina), na porção central do Estado (São Jerônimo da Serra, Tamarana, Mauá da Serra e Ortigueira) e no sul do Paraná, na região de Rio Azul, União da Vitória e Paulo Fortin.

Toda as regiões onde foi constatada uma concentração mais elevada de K^+ e Na^+ são coincidentes com os Distritos Espeleológicos Areníticos propostos para a Província Espeleológica Arenítica Serra Geral e são regiões com ocorrências de cavernas.

Aqui vale uma ressalva. Apesar de considerarmos a dissolução da sílica o processo espeleogenético principal, a evolução das cavernas localizadas na diferentes províncias espeleológicas areníticas se deu de forma diversa. Assim, as cavernas areníticas que se originaram na Província Serra Geral apresentam características

distintas das cavidades que se desenvolveram na Província Espeleológica Arenítica da Formação Furnas e na Província Espeleológica Arenítica do Grupo Itararé.

Fases Evolutivas das Cavernas Estudadas

Então, considerando o exposto acima, concordando com o trabalho de Szczerban (1974) que relaciona a solubilidade da sílica com a temperatura e concordando com as idéias de Martins (1985), Veríssimo & Spoladore (1991), Delavi (1995), Soares (1989) e Benitez, (2002), para a abertura e evolução das cavernas estudadas consideramos quatro fases:

- 1ª. Fase: dissolução inicial da sílica
- 2ª. Fase: implantação da drenagem
- 3ª. Fase: abatimento de blocos
- 4ª. Fase: inversão da drenagem.

• **1ª. Fase: Dissolução Inicial da Sílica**

Acreditamos que em uma fase inicial da abertura das cavernas areníticas, ocorreu à dissolução de porções da rocha quartzosa no topo da zona saturada. Este fato, no caso das cavernas pertencentes à Província Espeleológica Arenítica Serra Geral (arenitos das formações Pirambóia e Botucatu) foi facilitado pela grande porosidade primária e secundária das rochas. No caso das províncias espeleológicas areníticas da formação Furnas e do Grupo Itararé, cuja porosidade de suas rochas é

menor que a das rochas do Botucatu, o intenso fraturamento das rochas exerceu papel fundamental.

A dissolução das rochas estaria relacionada ainda com a mistura de águas freáticas de percolação com diferentes concentrações de sílica dissolvida, aumentaram o poder de corrosão dessas águas sobre os arenitos.

Várias são as evidências dessa fase, sendo que foram encontradas cavernas que ainda se encontram neste momento de desenvolvimento. As feições mais comuns relacionadas com a dissolução são as *wall pocket* (Fotografias 60, 61 e 62) que podem ser definidas como cavidades de dimensões reduzidas formadas pela dissolução, normalmente com forma tubular, existentes nas cavidades areníticas. Os espeleotemas chamados de sino e descritos anteriormente, também são exemplos dessa fase. São as chamadas cúpulas de corrosão (Fotografia 63) que teriam se desenvolvido quando as galerias encontravam-se inundadas.



Fotografia 60 – Cavidade de dissolução ativa em condições freáticas observada na Caverna do Inocente (Tamarana/PR).
Autor: Anelo Spoladore.



Fotografia 61 – Cavidade de dissolução ativa em condições freáticas observada na Gruta do Portão de Baixo (Sengés/PR).
Autor: Anelo Spoladore.



Fotografia 62 – Caverna de dissolução controlada por fraturamento da rocha. Caverna Portão de Baixo (Sengés/PR). Autor: Anelo Spoladore.



Fotografia 63 – Cúpula de dissolução (ou sino) existente no teto da caverna Portão de Baixo (Sengés/PR). Autor: Anelo Spoladore.

Seguindo está mesma linha de pensamento, as caixas de ovos também poderiam representar pequenas cúpulas de dissolução.

A cavidade nesta fase seria de pequenas dimensões, estando condicionada pelas interseções de planos de fraturas com a estratificação da rocha, em concordância com os modelos de Martins (1985), Deike (1969), Monteiro *et al.* (1981) e Veríssimo & Spoladore (2001).

- **2ª. Fase: Implantação da Drenagem**

São característica dessa fase a implantação de drenagem no interior da cavidade e o conseqüente rebaixamento da zona saturada. O desenvolvimento da cavidade passa a se dar principalmente sob condições vadosas. A dissolução e

corrosão continuam ocorrendo, só que agora limitadas a galerias secundárias, como as mostradas nas Fotografias 60, 61 e 62.

O alargamento das galerias principais se dá pela desagregação e pela abrasão (Fotografia 64 e 65) ocorrendo ainda a incasão.



Fotografia 64 – Exemplo de cavidade com desenvolvimento compatível com a 2ª. Fase
- Gruta do Portão de Baixo (Sengés/PR)
Autor: Anelo Spoladore.



Fotografia 65 – Caverna com desenvolvimento compatível com a 2ª. Fase
- Gruta do Inocente (Tamarana/PR). Autor:
Anelo Spoladore.

Ainda nesta etapa inicia-se a formação dos depósitos sedimentares mecânicos e químicos no interior das cavernas.

Os depósitos químicos, que na realidade são os ornamentos das cavernas, ocorrem pela concreção de minerais secundários nas paredes e teto.

Já os depósitos mecânicos ou clásticos são compostos por alguns blocos abatidos e por depósitos de areia do tipo aluvionar.

Nesta fase, predominam formas arredondadas sendo raros os cantos e arestas.

- **3ª. Fase: Abatimento de Blocos**

Com a continuação do processo, o nível hidrostático é rebaixado ainda mais e a drenagem que até então existia na caverna, passa para níveis inferiores. A caverna fica então, seca. Neste momento a evolução se dá mediante o abatimento e acúmulo de fragmentos rochosos (Fotografia 66).

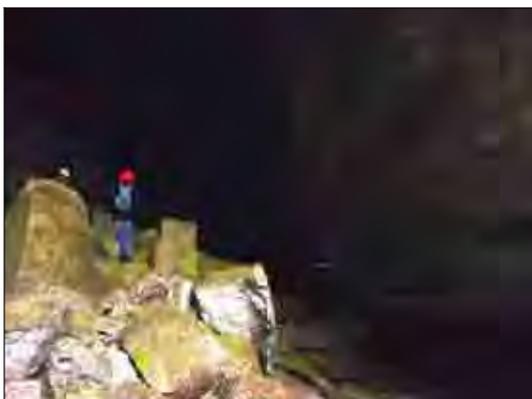
Como a água não mais levará os sedimentos para fora da caverna, podem ser vistos nas cavernas que se encontram nesta fase, amplas áreas com depósitos de blocos com diferentes dimensões.

Predominam tanto na parede como no teto, formas abruptas com cantos e arestas vivas, sem arredondamento.

- **4ª. Fase: Inversão da Drenagem**

A quarta e última fase de evolução das cavernas estudadas é caracteriza pela inversão da drenagem. A águas de escoamento superficial passam a correr para o interior da cavidade onde formam pequenos lagos (Fotografia 67) e posteriormente se infiltram na rocha.

Tais águas transportam sedimentos arenosos, os quais são depositados no interior da caverna, assoreando-a. Nesta fase ocorre o fechamento definitivo da caverna.



Fotografia 66 – Blocos abatidos (processo de incisão ou desmoronamento). Buraco do Jacaré (Itapeva/PR). Autor: Anelo Spoladore.



Fotografia 67 – Depósitos de areia e lago existente na Gruta Arco Verde (São Jerônimo da Serra/PR) Autor: Anelo Spoladore.

Em algumas situações foi verificado que em uma mesma caverna podemos identificar diferentes fases. Em outras aparentemente houve um rejuvenescimento da caverna. Nestes casos, na cavidade já predominava o abatimento de bloco sendo que, aparentemente, passou a ocorrer à dissolução novamente, com o desenvolvimento de novas galerias.

7. A METODOLOGIA PROPOSTA APLICADA EM UMA CAVERNA REFERÊNCIA (ARCO VERDE)

De acordo com o apresentado no Capítulo 4, o primeiro passo da metodologia proposta consiste na elaboração de um banco de dados sobre a área de estudo.

Os dados obtidos nesta etapa dos trabalhos estão apresentados no Capítulo 5 (A Potencialidade Turística de São Jerônimo da Serra), inclusive as áreas, em escala do município, que apresentam algum tipo de risco.

O passo seguinte são os estudos que conduzem a viabilidade de implantação de atividades turísticas nas cavernas que estão apresentados no Capítulo 6 deste trabalho.

Posteriormente foi realizada a seleção das cavidades para o desenvolvimento de atividades turísticas e, em seguida o estudo de uma caverna referência para a caracterização da ocorrência de fenômenos geológicos de risco.

Em todas as cavernas localizadas na área de estudo foram aplicados os critérios de seleção descritos no Capítulo 4, sendo construída a Tabela 12.

A análise da Tabela 12 mostra que, das cavernas estudadas apenas as grutas Arco Verde e Urtigas estão aptas, a princípio, para o desenvolvimento de atividades turísticas.

Para uma melhor compreensão da aplicação da metodologia proposta, a Caverna Arco Verde (referência) foi estudada em termos de ocorrência de risco no seu interior ou próximo a ela.

Tabela 12. – Seleção das cavernas para o desenvolvimento de atividades turísticas

	Cav. Terra Nova	Toca Tibagi	Gr. Arco Verde	Gr. Urtigas	Gr. do Poço	Gr. Gostoso	Toca Porto Arcaia	Cav. Cedro I	Cav. Cedro II	Cav. Cedro III	Cav. Cedro IV	Cav. Água Pedra	Cav. Bira	Gr. Alta	Gr. Baixa	Gr Tigre
A caverna não pode ser objeto de pesquisas científicas especiais																
Localização em área de preservação permanente, unidades de preservação ou outras áreas com legislação específica.																
Riscos à saúde humana																
Facilidade de acessos externos à caverna																
Estética do interior e exterior da caverna																
Facilidade de acessos internos da caverna																
Riqueza, diversidade e fragilidade da ornamentação da caverna.																
Riqueza, diversidade e fragilidade da fauna da caverna.																
Estado de impacto ambiental no interior da caverna e em seu entorno																
Capacidade interna																
Fatores histórico-culturais e arqueológicos.																
Observações	Mais estudos e pesquisas	Difícil acesso e locomoção interna	Caverna adequada para o turismo	Sítio arqueológico sem estudo	Gruta baixa, sujeita à inundação e fauna sensível.	Cavidade sujeita a inundação	Sítio arqueológico sem estudo	Área indígena	Área indígena	Área indígena	Área indígena	Visitação expon-tânea	Visitação expon-tânea	Área indígena	Área indígena	Cavidade sujeita a inundação



Adequado para o turismo



Necessários cuidados e estudos antes de liberar ou não para o turismo



Não adequada o turismo

7.1. CARACTERIZAÇÃO GEOMORFOLÓGICA E DA DECLIVIDADE NO ENTORNO DA GRUTA ARCO VERDE

Como podemos observar nas Figuras 39 e 40, a área de entorno da Gruta Arco Verde é caracterizada por apresentar desníveis acentuados com altitudes oscilando entre 1145 metros e 750 metros e inclinações superiores aos 70°.

Os vales são encaixados apresentando nítida orientação segundo SE/NW. As elevações apresentam-se orientadas segundo esta mesma direção.

A Caverna Arco Verde está localizada a meia encosta, em terrenos com declividade superior aos 30%, mais especificamente, em áreas com inclinação entre 20° e 40°, existindo áreas ainda com inclinação superior aos 60° (Figura 40).

Tais fatos podem interferir na atuação de fenômenos erosivos bem como na instabilidade das encostas.

Ressaltamos que, conforme descrito anteriormente quando da caracterização da caverna (Capítulo 6 – As Cavernas Areníticas de São Jerônimo da Serra), o entorno da Gruta Arco Verde apresenta evidências da atuação de fenômenos erosivos e de deposição.

Um outro fator a se considerar é que as áreas para a implantação das benfeitorias e aparelhos voltados ao turismo ao redor da Caverna Arco Verde terão de ser cuidadosamente escolhidas bem como a localização da trilha de acesso a caverna sob pena de aceleração e intensificação dos processos erosivos. Inclusive, as trilhas não devem ter uma inclinação superior à 12° tanto para facilitar o acesso, como também para diminuir a possibilidade de erosão e movimentos repentinos de massa.

Assim, as áreas que apresentam restrição no entorno da Gruta Arco Verde (Figura 40) são aquelas que aparecem em marrom escuro

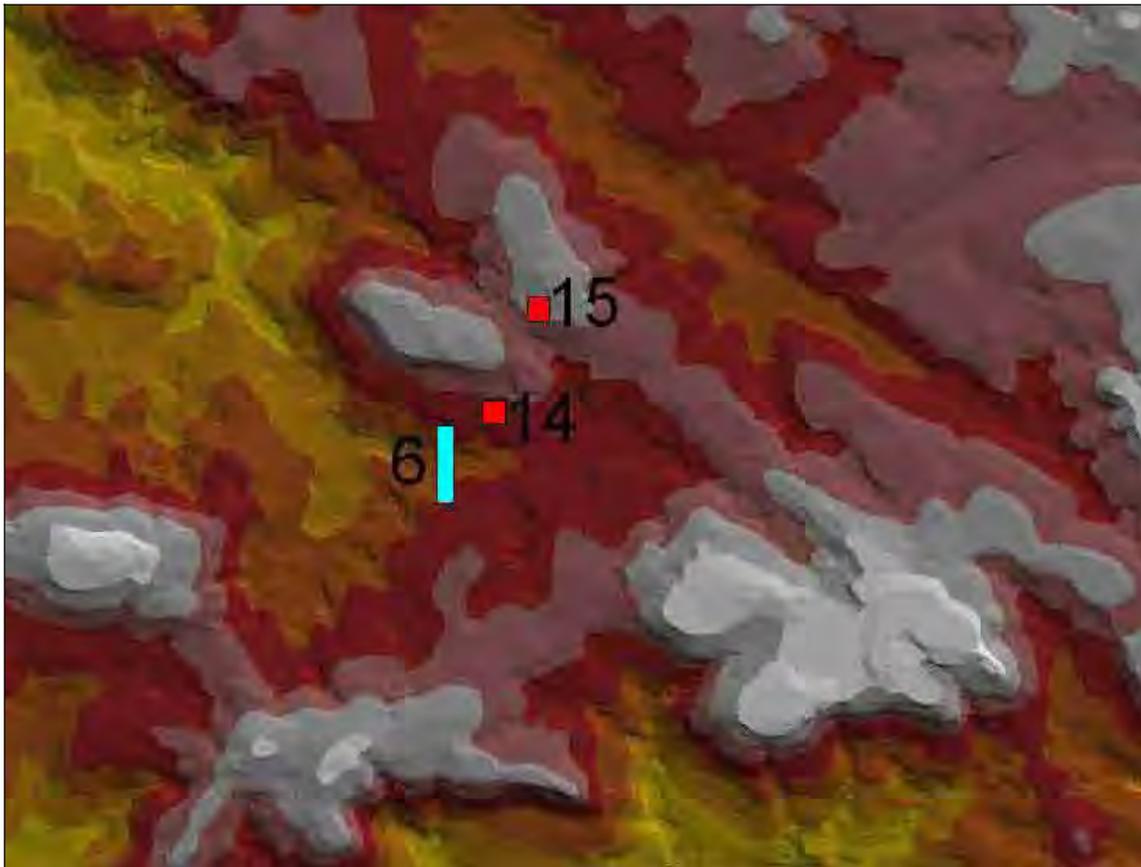
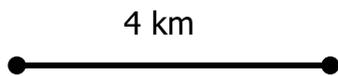


Figura 39 – Mapa hipsométrico da área de entorno das cavernas Arco Verde e Urtigas, onde 15 é caverna Arco Verde, 14 é Gruta do Capim e 6 é o Salto do Capim.



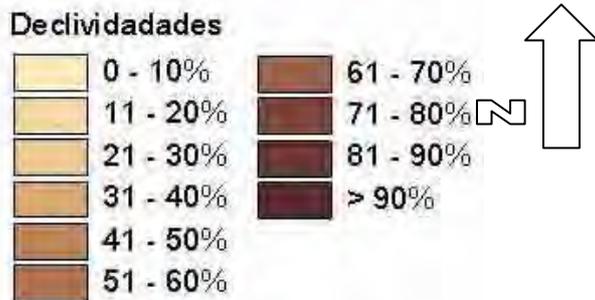
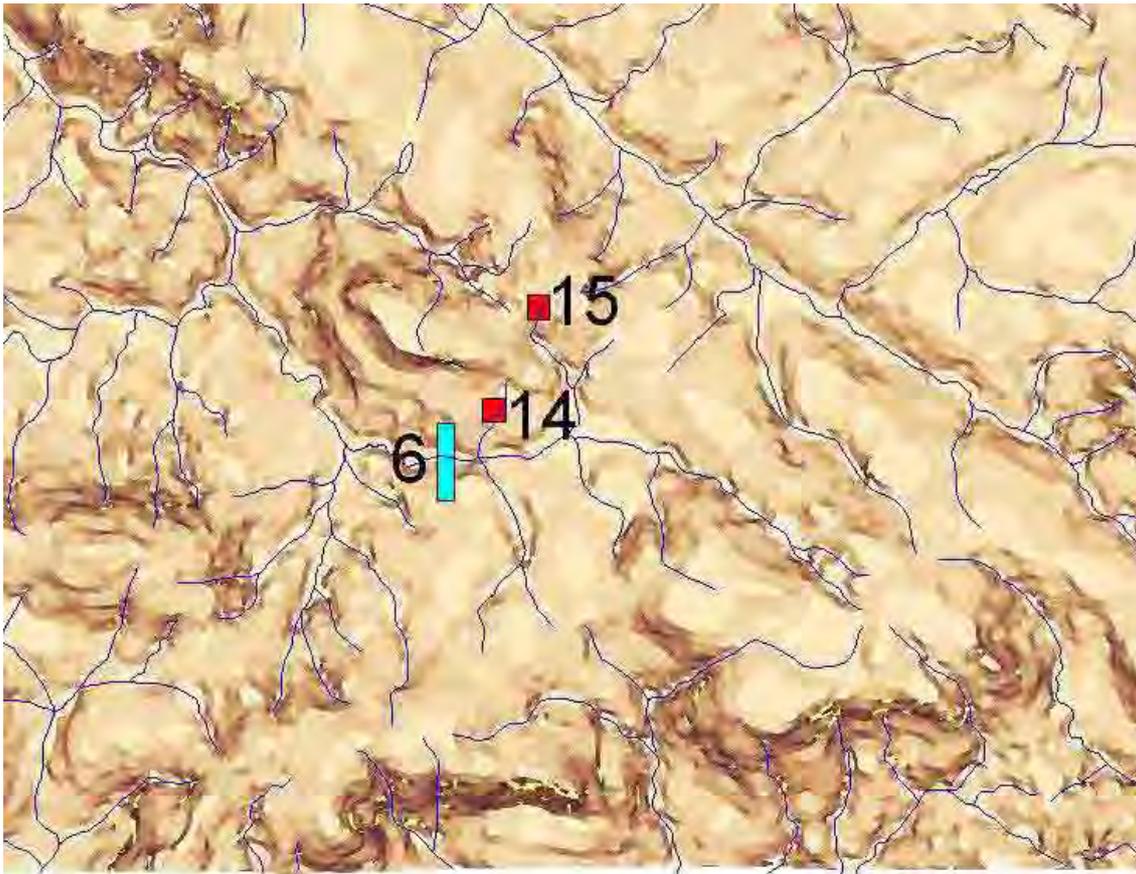
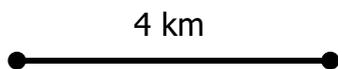


Figura 40 – Mapa das declividades do terreno na área de entorno das cavernas Arco Verde e Capim, onde 15 é caverna Arco Verde, 14 é Gruta do Capim(Urtiga) e 6 é o Salto do Capim.



7.2. CARACTERIZAÇÃO PEDOLÓGICA

Nas proximidades da Caverna Arco Verde predominam solos provenientes da decomposição de rochas areníticas da Formação Botucatu

(Figura 41). Trata-se de solos friáveis, inconsolidados ricos na fração arenosa, altamente porosos e facilmente erodidos.

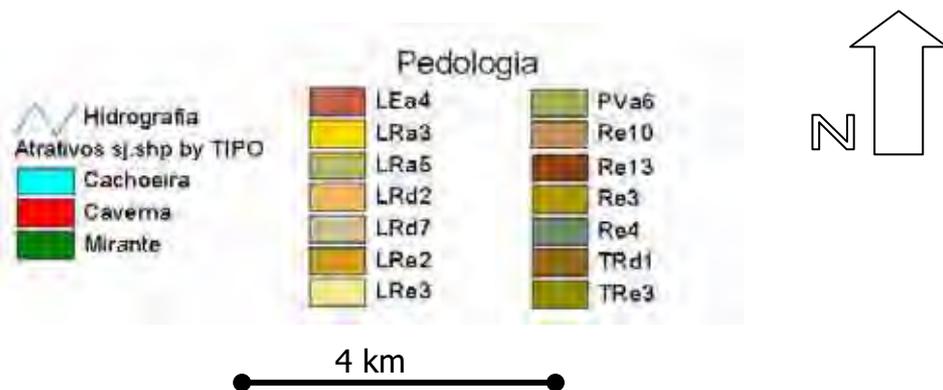
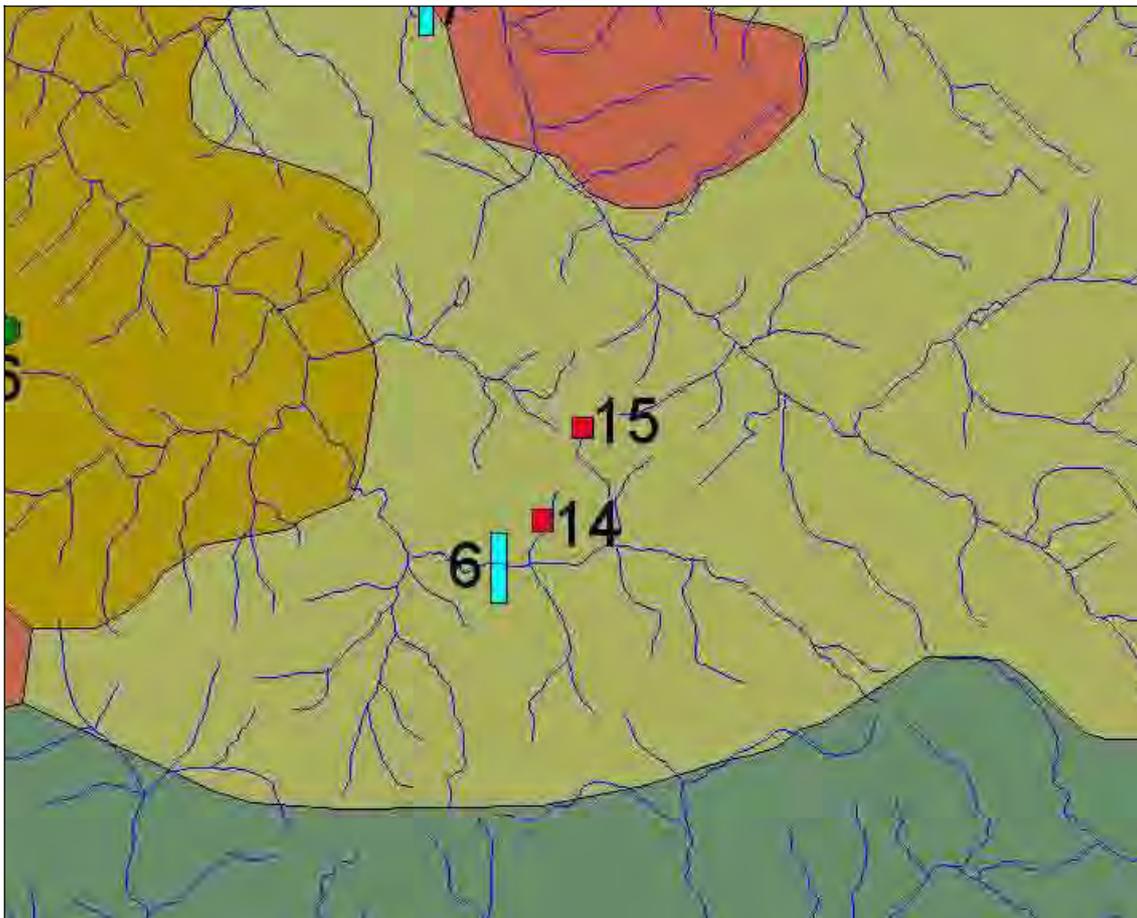


Figura 41 – Mapa pedológico da área de entorno das cavernas Arco Verde e Urtigas, onde 15 é Caverna Arco Verde, 14 é Gruta do Capim (ou Urtiga) e 6 é o Salto do Capim.

Manchas localizadas de solos argilosos estão restritas aos locais onde afloram rochas magmáticas da Formação Serra Geral.

Ressaltamos que estes solos aliados ao uso e ocupação observados na área estudada, bem como as características da morfologia local, origina um ambiente propício para o desenvolvimento de processos erosivos e de instabilidade de encostas.

7.3. USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

Conforme se verifica na Figura 42, nas imediações da Gruta Arco Verde são comuns às pastagens e áreas com vegetação de pequeno a médio porte.

Tal fato, aliado ao tipo de solo predominante e a declividade elevada, colocam praticamente toda a área de entorno da Gruta Arco Verde como sendo susceptível ao desenvolvimento de processos erosivos.

As áreas que apresentam uma vegetação de maior porte estão restritas aos fundos dos vales e em áreas de maior declividade.

O tipo de atividade econômica mais comum nesta região é a pecuária para corte e a ovinocultura.

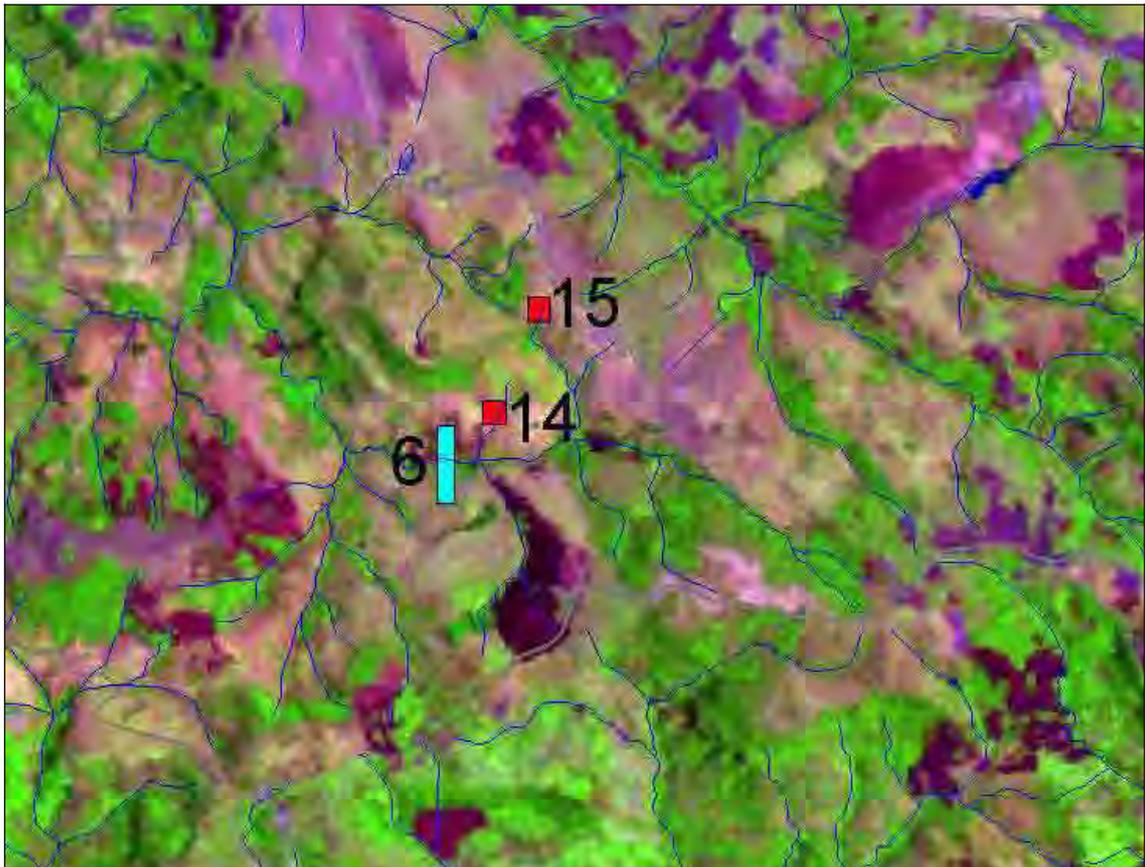


Imagem Landsat 3.4.5 - B.G.R

Figura 42 – Uso e ocupação do entorno das cavidades Arco Verde e Urtigas, onde 15 é Caverna Arco Verde, 14 é Gruta do Capim e 6 é o Salto do Capim.

7.4. CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA E ESTRUTURAL

Conforme podemos verificar na Figura 43, nas imediações da Caverna Arco Verde afloram rochas pertencentes à Formação Rio do Rasto, às Formações Pirambóia e Botucatu e à Formação Serra Geral.

A cavidade em questão está localizada em meio a arenitos do Pirambóia/Botucatu sendo que os termos ígneos da Serra Geral afloram nos topos das elevações e os pelitos da Formação Rio do Rasto ocorre em cotas topográficas inferiores (Figura 43). Imediatamente acima da caverna, ocorre uma pequena mancha de basalto, ocorrendo ainda diques de pequeno porte preenchidos por diabásio e orientados segundo NW.

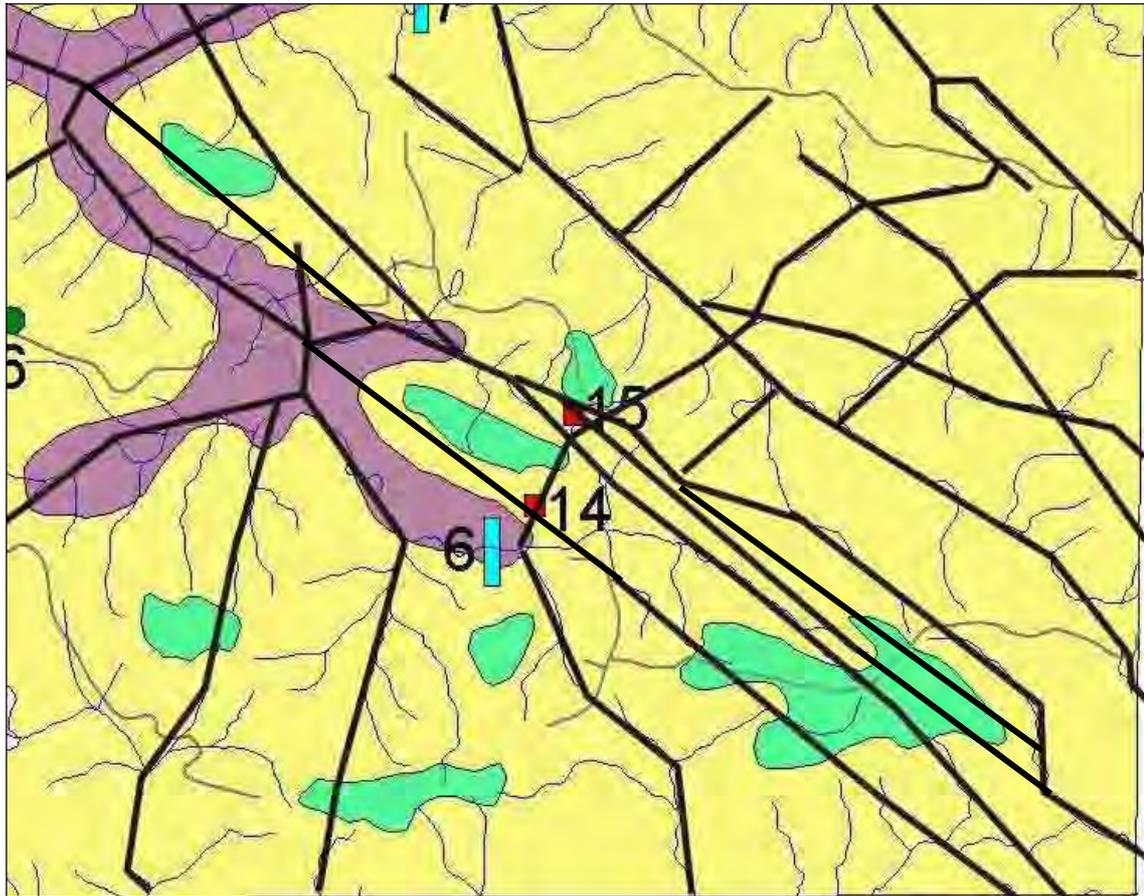
Esta direção (NW) é de extrema importância, pois, é ela que controla o abatimento de blocos na área da Caverna Arco Verde.

Estruturalmente, a caverna encontra-se no contexto da Zona de Cisalhamento do Rio Tigre, descrita previamente. Dessa forma ocorrem diversas falhas e fraturas paralelas a sub-paralelas orientadas segundo NW (Figura 43). A Zona de Cisalhamento do Rio Tigre apresenta grande expressão regional, podendo ser facilmente visualizada em imagem de satélite, mapa e até mesmo no campo.

Outras fraturas que apresentam orientações segundo NE e NS também podem ser visualizadas. Tais estruturas apresentam-se disseminadas espaçadamente, porém homogeneamente por todo o entorno da Gruta Arco Verde, não constituindo, no entanto, zonas de cisalhamento. Tanto as estruturas orientadas segundo estas direções, em especial a NS, bem como as estruturas orientadas segundo NW, condicionam o desenvolvimento de corredores e salões no interior da caverna (Figura 44).

Analisando os gráficos da Figura 44 e a Figura 45, vemos que as direções principais de fraturamento na área em questão são: N40/50W; N0/20W e, secundariamente, N60/70 E.

Tais direções determinam não somente o desenvolvimento da cavidade como também condicionam as paredes da caverna.



LEGENDA

GRUPO SÃO BENTO

Formação Serra Geral

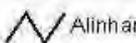
-  Diabásios
-  Riódacitos
-  Basalto

Formação Pirambóia/Botucatu

-  Arenitos

GRUPO PASSA DOIS

Formação Rio do Rasto

-  Argilitos, Siltitos e Arenitos
-  Alinhamentos Estruturais

-  Perímetros Urbanos
-  Hidrografia

4 km

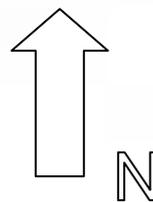


Figura 43 – Mapa geológico mostrando as principais estruturas geológicas existentes no entorno da caverna Arco Verde, onde 15 é caverna Arco Verde, 14 é Gruta do Capim e 6 é o Salto do Capim.

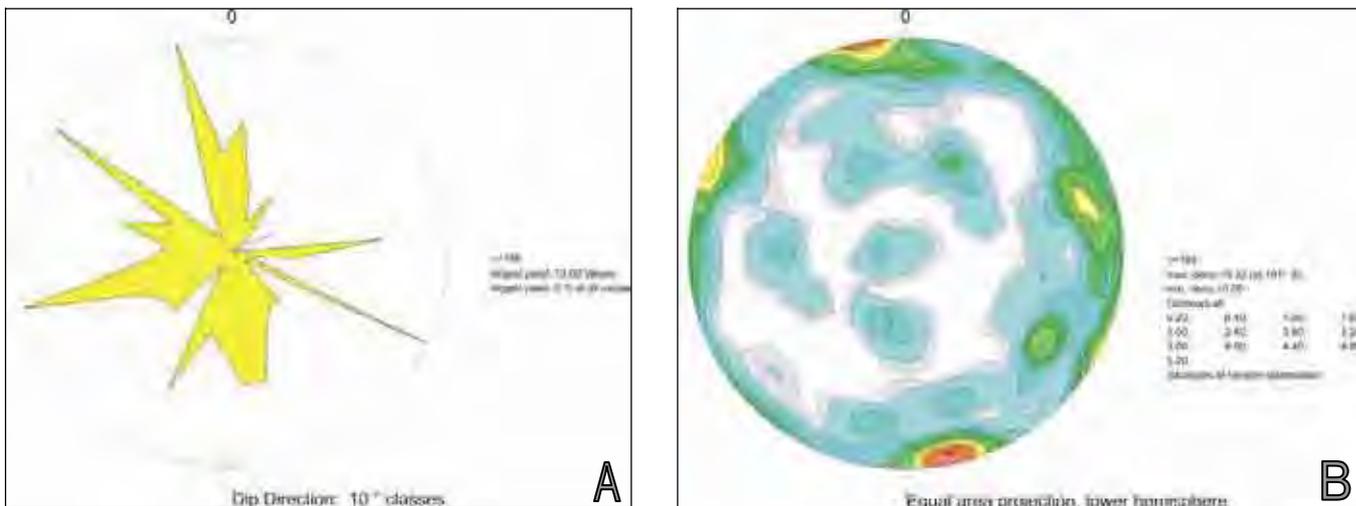


Figura 44 – Diagramas das atitudes das fraturas existentes no interior e nas proximidades da Gruta Arco Verde. A) Diagrama de frequência dos mergulhos das fraturas; B) Diagrama de contorno de pólos das fraturas.

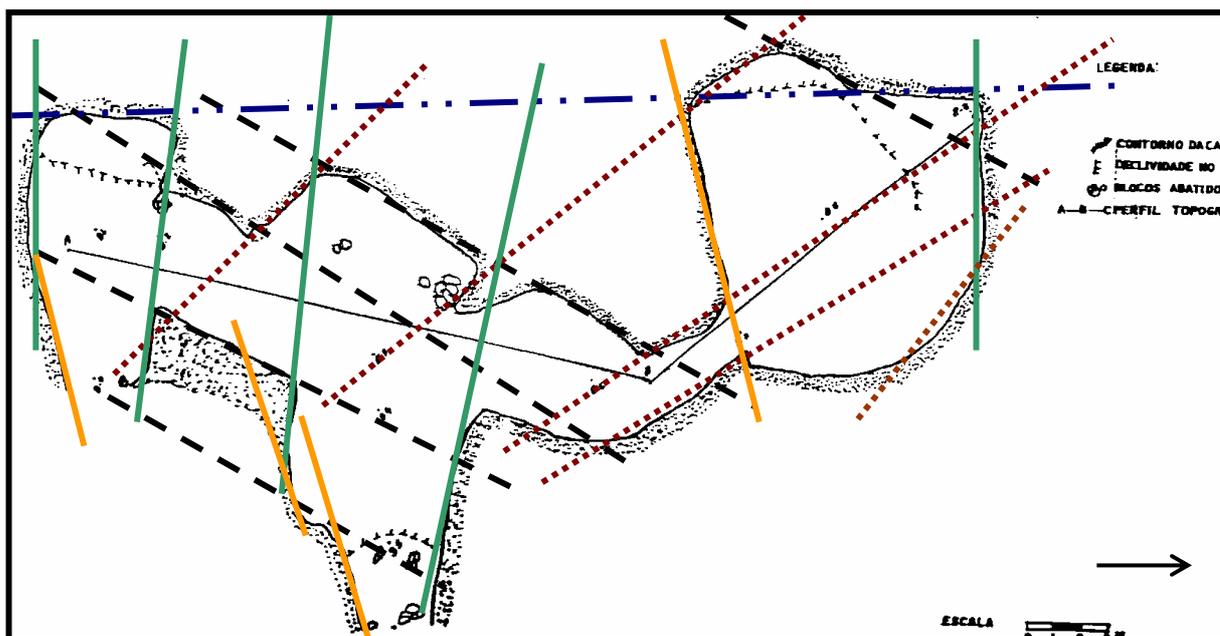


Figura 45 – representação das principais direções de fraturas observadas no interior da Gruta Arco Verde

Pelo que se observa em campo, o abatimento de bloco na Caverna Arco Verde ocorre na intersecção de fraturas com direção NW com as fraturas orientadas segundo NE. O terceiro plano importante é o acamamento. Os planos praticamente horizontais funcionam como uma superfície de descolamento, facilitando dessa forma, o abatimento dos blocos.

7.5. DETERMINAÇÃO DA PROBABILIDADE DE ABATIMENTO DE BLOCOS NO INTERIOR DE UMA CAVERNA – O CASO DA GRUTA ARCO VERDE

A probabilidade de abatimento de blocos no interior de uma caverna é proporcional a:

- Vão máximo da caverna;
- Resistência a compressão da rocha onde a caverna se desenvolveu;
- Disposição espacial (atitude e orientação) dos planos de descontinuidades no interior da caverna;
- Espaçamento e frequência das fraturas e outros planos de descontinuidade;
- Quantidade de família de fraturas;
- Persistência das famílias de fraturas desfavoravelmente orientadas;
- Rugosidade das famílias de fraturas desfavoravelmente orientadas;
- Presença ou ausência de água nas fraturas;
- Posicionamento do lençol freático;
- Espessura e homogeneidade das camadas sedimentares que compõem a rocha onde a caverna se desenvolveu;
- Confinamento e espessura do recobrimento.

A Gruta Arco Verde apresentou uma área total de 259,25m² e um volume de 583,312m³, sendo a altura média de 2,25m.

É sabido que esta caverna foi palco de dois grandes desabamentos, há algumas centenas de anos, quando parte do teto cedeu por completo originando as dolinas de abatimento lá existentes atualmente.

Nos estudos a caverna foi dividida em quatro salões e três corredores, conforme figura 46.

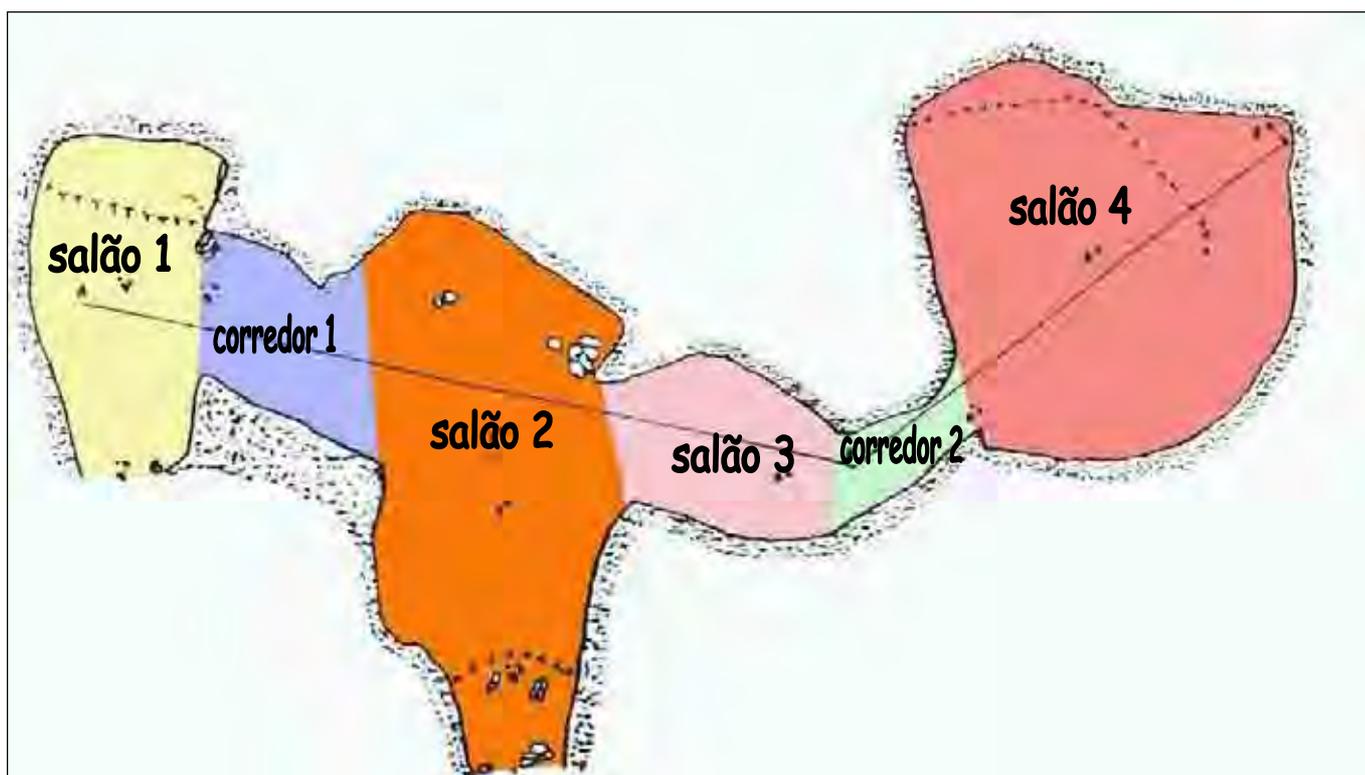


Figura 46 – Planta esquemática da caverna Arco Verde mostrando sua subdivisão interna em quatro salões e dois corredores, demarcados por cores diferentes..

A analisando os parâmetros citados anteriormente juntamente com dados coletados anteriormente foi observada uma tendência maior de queda de

blocos em especial nos salões 3 e 4, enquanto que, nos corredores 1 e 2 esta probabilidade é menor.

Dessa forma, caso seja implantada atividades turísticas, as mesmas devem ser reduzidas nos salões citados anteriormente.

Ao analisar os dados estruturais (fraturamento das rochas onde a caverna se desenvolveu) em conjunto com a vão livre da caverna Arco Verde constata-se que o chamado salão 4 apresenta uma grande probabilidade de ser palco de abatimento de blocos ao longo de fraturas com direção NW.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do exposto ao longo deste trabalho, podemos afirmar e concluir que:

Com relação às atividades turísticas:

- As atividades turísticas causam, inevitavelmente, diversos impactos ao meio ambiente.
- Para o desenvolvimento de atividades turísticas, sejam elas referentes ao ecoturismo, ao espeleoturismo ou a qualquer outra modalidade de turismo, um bom planejamento é fundamental. Tal planejamento deve ser precedido por uma fase de caracterização e diagnóstico do meio ambiente em seus diferentes aspectos (físico, biótico e sócio-econômico).
- A caracterização do meio físico é de suma importância para o planejamento turístico.
- A Geologia de Engenharia, com seus diferentes métodos e conceitos, pode trazer importante contribuição no planejamento voltado ao turismo, especialmente na questão de reconhecimento das áreas de risco geológico.
- O planejamento voltado ao turismo é complexo, posto que envolve o meio físico, biótico, sócio-econômico bem como, planejamento urbano e um planejamento econômico específico.
- A utilização de cavernas para o turismo está condicionada a uma série de fatores, dentre os quais: a beleza da caverna, as características de sua boca, capacidade de suporte espeleológico e facilidade de acesso.
- O planejamento do turismo deve ser regional, devendo haver uma integração entre diversos municípios tanto no setor público (prefeitura) bem como no setor privado.
- O turismo pode se tornar uma importante fonte de divisa para o município, desde que sua implantação e desenvolvimento sejam feitos com planejamento.

Com relação às cavidades naturais desenvolvidas em meio a rochas areníticas:

- As cavernas de arenito no Estado do Paraná são mais comuns do que é normalmente considerado.
- No Paraná, foram localizadas 145 cavernas desenvolvidas em rochas areníticas.
- As cavernas e outras formas morfológicas desenvolvidas em arenito ocorrem mediante a dissolução parcial da rocha, sendo então, correta a utilização do termo carste para as rochas.
- A dissolução da sílica está, aparentemente, relacionada com a concentração elevada de potássio e sódio, havendo uma coincidência entre as regiões de maior concentração destes elementos com os locais mais abundantes em cavernas.
- Deve ser desenvolvido um projeto visando a localização de novas cavidades desenvolvidas em arenito bem como, para o mapeamento e estudos das cavidades não descritas neste trabalho.
- Um programa de monitoramento das cavernas aqui descritas deve ser implementado.

Com relação à São Jerônimo da Serra:

- São Jerônimo da Serra apresenta um bom potencial para o desenvolvimento de atividades turísticas.
- Para que o turismo seja explorado de forma concordante com o desenvolvimento sustentável e com a maior harmonia possível com a natureza, faz-se necessário um planejamento criterioso.
- Na área estudada, o turismo atualmente vem sendo praticado de forma espontânea e sem controle, sendo que já é possível observar degradação nos atrativos naturais mais visitados.
- Dos atrativos estudados, o turismo espontâneo vem sendo praticado na Gruta Arco Verde, Salto do Tigre e Salto Caratuva.
- Cada um dos locais de visitação espontânea deve ser alvo de aplica o da metodologia proposta neste trabalho além de fiscaliza o, regulamentaca o e de um plano de manejo.
- O nome do município poderia ser alterado para Estância Turística São Jerônimo da Serra.

- A construção de um portal turístico e de uma central de informações na entrada da cidade pode ser interessante.
- Elaboração de projeto paisagístico embelezando a área urbana da São Jerônimo, especialmente suas praças e locais históricos.
- Treinamento de mão de obra especializada.
- Segundo a análise dos fatores considerados como sendo de risco somados a áreas de preservação permanentes, a melhor área para a expansão urbana bem como para implantação de hotéis dentre outros, é a região localizada ao norte / noroeste da cidade de São Jerônimo da Serra.
- Devem ser desenvolvidos roteiros turísticos, como por exemplo, aqueles propostos neste trabalho.
- As estradas que levam até os atrativos naturais devem ser alvo de projeto paisagístico.
- Para a implantação de equipamentos voltados ao turismo, mediante estudo prévio, nos atrativos naturais, devem ser levando em consideração uma área de pelo menos 500 metros de proteção. Aquelas obras e equipamentos que sejam instalados nesta faixa de proteção devem ser alvos de estudos criteriosos.
- O Município deve criar um conselho municipal de turismo.
- Legislação municipal voltada á regulamentação do turismo deve ser criada.
- Deve-se buscar um planejamento regional para o turismo, uma vez que o mesmo também está se desenvolvendo em outros municípios como, por exemplo, Tamarana e Sapopema, municípios limítrofes com São Jerônimo da Serra.
- É de suma importância a divulgação em todo o Estado do Paraná bem como nos estados vizinhos dos atrativos naturais de São Jerônimo da Serra.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Livro Coleção de livros técnicos da Redespeleo Brasil - Volume 2:

ALEXANDER, G.B.; HESTON, W.M. ILER, H.K. – The Solubility of Amorphous Sílica in Water. J. Phys. Chem. Washington, 58: 453 – 455, 1954.

ALVES, M. E. – Os Recursos Minerais do Município de São Jerônimo da Serra (PR) e os Possíveis Impactos Ambientais Advindos de sua Exploração. Monografia de Bacharelado – Departamento de Geociências. Universidade Estadual de Londrina. 1999.

ANDERSON, G.M. - Sílica Solubility. In FAIRBRIDGE, R.W. – The Encyclopedia of Geochemistry and Environmental Sciences. Van Nustrand Reinhold, New York, pp: 1085 – 1087, 1972.

ANJOS, L. dos – Avifauna da Bacia do Rio Tibagi. In **MEDRI, M.E.; BIANCHINI, E.; SHIBATTA, O. A.; PIMENTA, J.A.** – A Bacia do Rio Tibagi. Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2002.

ASTON, S R. - Natural Water and Atmospheric Chemistry of Silicon. In: ASTON, S. R., (Ed.), Silicon Geochemistry and Biogeochemistry. Academic Press: London, 77-100, 1983.

BATTIAU-QUENEY Y. - The Pre-Glacial Evolution of Wales. Earth Surface Processes and Land/arms 9, 229-252, 1984.

BENITEZ, L. – Principais Aspectos do Meio Físico da Bacia do Rio do Tigre, PR. Monografia de Conclusão do Curso de Bacharel em Geografia da Universidade Estadual de Londrina, 2001.

BENITEZ, L.; SILVA, S.M. da; SPOLADORE, A . – Condicionamento Estrutural de Drenagem e Cavernas na Região do Vale do Tigre em São Jerônimo da Serra- PR. VII

Simpósio Brasileiro de Geomorfologia Física Aplicada. Anais... Belo Horizonte, MG, 1999, pp: 47 – 49.

BERNARDE, P. S.; MACHADO, R.A. – Fauna Reptiliana da Bacia do Rio Tibagi. In **MEDRI, M.E.; BIANCHINI, E.; SHIBATTA, O. A.; PIMENTA, J.A.** – A Bacia do Rio Tibagi. Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2002.

BOGLI, A. – Karst Hidrology and Physical Speleology. Springer, Berlin, 260pp, 1980.

BRICEÑO, H.O. et. al. – Geomorphology of the Gran Sabana, Guyana Shiel, Southeastern Venezuela. *Geomorphology*, 3: 125 – 141. 1990.

CALAFORRA, J.M.; SANCHES-MATOS, F. An Exemple of Envorinmental Monitoring Programme of a Cave Before is Possible Tourist Use: “Cueva Del Água” (Granada, Spain). Department of Hid before is possible tourist use: “Cueva Del Água” (Granada, Spain). Department of Hidrogeology na Analytlcal Chemistry. University os Almeria. In Bossea MCMXCV, Proceedings of the International Symposium Show Caves and Environmental Monitoring, p. 251 – 259. Editado por Arrigo A. Cigna, Itália. 1996.

CAMPOS, L. C. de A . M.; GONÇALVES, M.H.B. – Introdução ao Turismo e Hotelaria. Ed. Senac Nacional, Rio de Janeiro, 1998.

CASTRO, C.E. de; STRIPP, N.Ap. F. – Avaliação Ambiental da Trilha para o Pórtico da Casa de Pedra – Vale do Ribeira, SP. Geografia, Meio Ambiente e Desenvolvimento. UEL / Departamento de Geociências. Londrina, pp:181 – 204, 2003.

CASTRO, D. – Conservação, Impacto e Manejo de Cavernas. Trabalho de Conclusão de Curso de Ecologia, UNESP Campus de Rio Claro, 49:pp, 1987.

CELLIGOI, A. – Recursos Hídricos Subterrâneos da Formação Serra Geral em Londrina / Pr. Dissertação de Mestrado defendida junto ao IC / USP.São Paulo, (1993)

CHALCRAFT, D.; PYE, K. – Humid Tropical Weathering of Quartzite in Southeastern Venezuela. Z. Geomorphol., 28: 321 –332, 1984.

CIFUENTES, M. – Determinacion de Capacidad de Carga Turística em Areas Protegidas. Série Técnica. Informe Técnico n. 194. CATIE, Turrialba, Costa Rica 22p.1992.

CIGNA, A. A.; FORTI, P. - The Environmental Impact Assessment of a Tourist Cave. P. 29 – 38. *In Cave Tourism*. Commission for Cave Protection and Cave Tourism. UIS – International Union of Speleology. Proceedings of International Symposium at 170 anniversary of Postojna jama, Postojna, Eslovênia, 1989.

COLLET, G.C; SIMÕES, W. – Principais Tradições de Arte Rupestre em Cavernas Brasileiras. InformAtivo SBE número 83: 31 – 35, 2002.

COMPANHIA MUNICIPAL DE TRANSPORTE E URBANIZAÇÃO – Roteiro Básico para RIAU. Prefeitura Municipal de Londrina CMTU, Londrina, 2000.

CORDANI, U. G.; TAIOLI, F – A Terra, a Humanidade e o Desenvolvimento Sustentável. *In TEIXEIRA, W.; TOLEDO, M.C.M. de; FAIRCHILD, T.R.; TAIOLI, F.* – Decifrando a Terra. Universidade de São Paulo / Ed. Oficina de Textos, 553:pp, 2001.

CORRÊA NETO, A.; CORRÊA, A.; de A. S. – Uma Introdução às Cavernas em Quartzito. Revista o Carste, s.d..

COTTAS, L.R. – Estudos Geológicos e Geotécnicos Aplicados ao Planejamento Urbano de Rio Claro, SP. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências. 1983.

COTTAS, L.R. – Geologia Ambiental e Geologia de Planejamento: Seus Objetivos Entre as Ciências Geológicas. XXXIII Congresso Brasileiro de Geologia. Anais... 170 – 179, Rio de Janeiro, 1984.

COULON, F.K. – A Geologia Ambiental e o Planejamento Urbano: Questões para Debates e/ou Reflexão. Anais do 1 Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia. Rio de Janeiro, 3: 370 – 373, 1976.

DELAVI, E.J - Grutas e Cavernas de Arenito do Município de São Jerônimo da Serra, PR. Monografia de conclusão de curso. UEL, Londrina, PR. 95:pp, 1996.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PESQUISA MINERAL – Geologia do Brasil. Brasília, DNPM, (1984)

DIAS, M. C.; VIEIRA, A. O. S.; PAIVA, M. R.C. – Florística e Fitossociologia das Espécies Arbóreas das Florestas da Bacia do Rio Tibagi. In **MEDRI, M.E.; BIANCHINI, E.; SHIBATTA, O. A.; PIMENTA, J.A.** – A Bacia do Rio Tibagi. Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2002.

DOUGLAS, I. - Denudation of Silicate Rocks in the Humid Tropics. In: Davies J. and Williams M. A. J. (Eds), Landform Evolution in Australasia. Canberra: A.N.U. Press, 216-237, 1978.

EMBRATUR... Instituto Brasileiro do Turismo - www.gov.br . Página visitada em 24/10/2003.

EMBRATUR..., Instituto Brasileiro do Turismo - Estudos do Turismo Brasileiro. Ed. Terragraph Artes Informática S/C Ltda. Brasília, 1999.

ESSOU, E.; ALBUQUERQUE, S (s.d.) in **RUSCHMANN, D.M.** – O Planejamento do Turismo e a Proteção do Meio Ambiente. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, Escola de Comunicação e Arte, 256:pp, 1994.

FAISSAL, E. – História do Paraná – Municípios do Paraná. Curitiba, 1981)

FARIA, E.D.; LUTGENS H.D. – Estudo da Capacidade de Carga Turística de uma Área de Recreação da Estação Experimental e Ecológica de Itirapina, São Paulo. Universidade Estadual Paulista, Campus de Rio Claro, s.d.

FERRARI, C. – Curso de Planejamento Municipal Integrado – Urbanismo. São Paulo, Livraria Pioneira Ed., 631pp, (1977)

FIELD M.S. - A Lexicon of Cave and Karst Terminology with Special Reference to Environmental Karst Hydrology (EPA/600/R-02/003). Washington, DC. : Natl. Center for Environmental Assessment - Washington Office, EPA, 214 p., 2002.

FIGUEIREDO, L.A.V. – Cavernas Brasileiras e o Potencial Ecoturístico. Um Panorama entre a Escuridão e as Luzes. Turismo e Meio Ambiente. Editora Funece, Fortaleza, 1998.

FORD, D.C. – Environmental Change in Karst Areas. Environmental Geology 21:107 – 109. Springer – Verlag. 1993.

FRYE, J.C.; SWINEFORD, A. – Solution Features on Cretaceous Sandstone in Central Kansas. Am. J. Sci., 245: 366 – 379, 1947.

FUJIHIRA, C.M. – Cavernas Quartzíticas em Luminárias – MG. InformAtivo SBE 85: 31 – 35, 2003.

GARMS (1989) in **WRAY, R. A.** - Quartzite Dissolution: Karst or Pseudokarst? Reference: **Wray R A. L.** Quartzite Dissolution: Karst or Pseudokarst? / Speleogenesis and Evolution of Karst Aquifers 1 (2), www.speleogenesis.info , 9 pages, **re-published from:** Cave and Karst Science 24 (2), 1997, 81-86., 2003.

GHOSH S. K. - Dissolution of Silica in Nature and its Implications. Bulletin of Canadian Petroleum Geology 39, 212, 1991.

GOMES, E.L. – Determinação e Análise da Capacidade de Carga (Suporte) Ecoturística em duas Trilhas Interpretativas da Floresta Estadual de Manduri, Manduri (SP), como subsídio para o seu programa de manejo de uso público. Trabalho de conclusão do Curso de Ecologia, Universidade Estadual Paulista, Campus de Rio Claro, 1987.

GOVERNO DO ESTADO DO PARANÁ – www.parana.gov.br. Página visitada em 29/09/2003.

GRIMES, K. G. - Pseudokarst: Definitions and Types. 10th Biennial Conference of the Australian Speleological Federation. Australian Speleological Federation., 1975.

GRUPO PÉ NA TRILHA - <http://www.grupopenatrilha.com>. Página visitada em 04/09/2003

GUIDICINI, G.; NIEBLE, C.M. - Estabilidade de taludes naturais e de escavação. São Paulo, Editora Edgar Blücher Ltda, 170 pp, 1976.

HOFFMANN, A. et. alii - Manual de Bioespeleologia. Univers. Nacional Autônoma de México., 1996.

HUPERT, G. BURRI et. al. - Effects of a Tourist Development on Caves and Karst. Supplement 25: Ed: W. Willians. Caneta, Itália, 1998.

IBAMA / GTZ – Roteiro Metodológico para o Planejamento de Unidades de Conservação de Uso Indireto. Diretoria de Ecossistemas. Brasília / DF, 1996.

ILLER, R.K. – Chemistry of Sílica. Wiley, New York, 866pp, 1979.

INFANTI JÚNIOR, N. – Geologia de Planejamento: Escopo e Metodologia. Anais do 1 Congresso Brasileiro de Geólogos e Engenheiros, Rio de Janeiro, 3: 373 – 382, 1976.

INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ – Manual de Avaliação do Impacto Ambiental. Governo do Estado do Paraná. IAP, Curitiba, 1999.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA - www.ibge.gov.br . IBGE, página visitada em 30/08/2003.

INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO SOCIAL –
www.ipardes.pr.gov.br . Governo do Estado do Paraná, IPARDES. Página visitada em
12/12/2003.

JENNINGS J. N. - Sandstone Pseudokarst or Karst? *In* YOUNG R. W. and NANSON G. C. (Eds) - Aspects of Australian Sandstone Landscapes. Australian and New Zealand Geomorphology Group Special Publication No. 1, Wollongong: University of Wollongong, 21-30, 1983.

KARMANN, I. – Caracterização Geral e Aspectos Genéticos da Gruta Arenítica “Refugio do Maroaga”, AM-02. *Espeleo-Tema*, 15:9 – 18, 1986.

KARMANN, I. - Quartzite Karst of the Mid-Eastern Brasil. *Geo.*, 17 (2-3): 72., 1990.

KELLER, E.A. – **Environmental Geology**. Charles E. Merrill Publishing Company. Sidney, 519 pp, 1981.

KELLER, W.D.; REESMAN, A. .L.; BARGORD, W.D. – Dissolved Products of Artificially Pulverized Silicate Minerals and Rocks: Part 1. *J. Sediment. Petrol.* Tulsa, 33: 191 – 204, 1963.

KRAUSKOPF, K.B. – Dissolution and Precipitation of Sílica at Low Temperatures. *Geoch. Er Cosmoch. Acta.* Oxford, 10:1-26, 1956.

KRAUSKOPF, K.B. – The Geochemistry of Sílica in Sedimentary Environments. *In*: IRELAND, H.A. Sílica in Sediments. *Soc. Econ. Paleontol. Mineral.* Tulsa, Special Publication, n.7, pp: 4 – 19, 1959.

KRUGER, P. – Topografia Subterrânea Aplicada às Cavernas. *Espeleologia*, Ouro Preto, 1:33 – 37, 1969.

KUSS, F.R.; GRAEFE, A.; VASKE, J.J. – VIM – Visitor Impact Management. A Review of Research. National Parks and Conservation Association. Washington D.C., USA, 1990.

LALOU, J.C.; DUDAN, B. – Cours de Topographie. Soc. Suisse Espeleol., Neuchâtel, 71pp, 1957.

LAMBERGALINI, J. A. – Levantamento dos Impactos das Atividades Antrópicas em Regiões Cársticas – Estudo de Caso: Proposta de Mínimo Impacto para a Implantação de Infra-Estrutura Turística na Gruta do Lago Azul – Serra da Bodoquena (município de Bonito – MS). Dissertação de Mestrado, EESC, USP. São Carlos, SP, 1996.

LAMBERGALINI, J.A. – Turismo em Cavernas FEALC – Estado da Arte – 1ª. Parte. InformAtivo SBE, número 84, pp: 20 – 27, 2003.

LAMBERGALINI, J.A. – Turismo em Cavernas FEALC – Estado da Arte – 2ª. Parte. InformAtivo SBE, número 85, pp: 22 – 30, 2003.

LIMA, M.T.de – Considerações Preliminares Sobre o Carste em Quartzitos da Serra do Itacolomi e Espeleotemas Associados.. Esc. Minas, 40(4): 31 –31, 1987.

LINDBERG, K. HAWKINS, D.E. – Ecoturismo: Um Guia para Planejamento e Gestão. Ed. Senac – SP, 292:pp, 2001.

LINHUA, S. – The Main Types of Show caves in the China and Some Problems of Their Development. Institute of Geography, Chinese Academy of Sciencs. Beijing. *In:*

MARTINS, S. B. M. P. - Levantamento dos Recursos Naturais do Distrito Espeleológico Arenítico de Altinópolis, SP. Relatório Final, FAPESP, 121 p., protocolo 83/2552-3, São Paulo, 1985.

LINO, C.F. – Cavernas - o Fascinante Brasil Subterrâneo. Ed. Gaia, São Paulo, 288: pp, 2001.

LINO, C.F. – Cavernas – o Fascinante Brasil subterrâneo. Ed. Rios, São Paulo, 1989.

LINO, C.F. – <http://www.mre.gov.br/cdbrasil/itamaraty/web/port/meioamb/ecossist/caverna/> página visitada em 11/11/2003.

LINO, C.F. – Manejo de Cavernas Para fins Turísticos. Base Conceitual e Metodológica. Artigo, São Paulo, 1988.

LINO, C.F.; ALLIEVI, J. – Cavernas Brasileiras. Melhoramentos, São Paulo, 168p., 1980.

LOPES, J. – Mosquitos (Díptera: Culicidae) da Região do Baixo Tibagi e suas Adaptações a Ambientes Antropogênicos: Causas e Conseqüências. In **MEDRI, M.E.; BIANCHINI, E.; SHIBATTA, O. A.; PIMENTA, J.A.** – A Bacia do Rio Tibagi. Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2002.

MAAK, R. - Geografia Física do Estado do Paraná. 2º Ed.. Rio de Janeiro: Olympio, 1981.

MACHADO, R.A; BERNARDE, P. S. – Anurofauna da Bacia do Rio Tibagi. In **MEDRI, M.E.; BIANCHINI, E.; SHIBATTA, O. A.; PIMENTA, J.A.** – A Bacia do Rio Tibagi. Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2002.

MAIRE, R. – Elements de Karstologie Physique. Spelunca, paris, 4 série, 20(1): 1-56, supplement (Spécial n. 03), 1980.

MARINHO, A; BRUHNS, H.T. – Turismo, Nazer e Natureza. Ed. Manole, Barueri, 203:pp, 2003.

MARRA, R.J.C. – Espeleo Turismo – Planejamento e Manejo de Cavernas. Ed. Ambiental, São Paulo, 213:pp, 2001.

MARTINI, J. - Karst in Black Reef Quartzite Near Kaapschoop, Eastern Transvall. Amm. Geol. Surv, S. Afr., 13, 115 – 128, 1979.

MARTINI, J. E. J. - The Control of Karst Development with Reference to the Formation of Caves in Poorly Soluble Rocks in the Eastern Transvaal, South África. Proceedings of the 8th International Speleological Congress, Western Kentucky University, 4-5, 1981.

MARTINS, S. B. M. P. - Levantamento dos Recursos Naturais do Distrito Espeleológico Arenítico de Altinópolis, SP. Relatório Final, FAPESP, 121 p., protocolo 83/2552-3, São Paulo, 1985.

MARTINS, S.B.M.P – Revisão das Normas de Cadastro de Cavidades não Carbonáticas no Brasil. Congresso Nacional de Espeleologia. Anais... Rio Claro, SP, 1984.

MEDRI, M.E.; BIANCHINI, E.; SHIBATTA, O. A.; PIMENTA, J.A. – A Bacia do Rio Tibagi. Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2002.

MINEROPAR – Atlas Geoquímico do Estado do Paraná. Curitiba, 2001.

MINEROPAR - <http://www.pr.gov.br/mineropar/index.html> . Página visitada em 21/08/2003.

MOLINA, S. E. – Turismo e Ecologia. Editora da Universidade Sagrado Corações, Bauru, 221:pp, 1998.

MONTEIRO, S; KAZ, L. – Expedição Langdorff. Brasil (1821 – 1829) Centro Cultural Banco do Brasil. Ed. Alumbramento. Livroarte Editora. Rio de Janeiro, 1998.

NATIONAL CAVING ASSOCIATION – Cave Conservation Handbook. British Library Cataloguing in Publication Data. NCA. Design / Layout G. Price. Ed. PDQ, Evercreech, Somerset. UK, Londres, 1997.

NATIONAL PARK SERVICE – Visitor Experience and Resource Protection. Implementation Plan. Arches National Park. United States Department of Interior. NPS. Denver Service Center. Washington D.C., USA. 1997.

OKAMOTO, G. OKURA, T.; GOTO, K. – Properties of Sílica in Water. Geochim. et Cosmochim. Acta, Oxford, 12:123 – 132, 1957.

OLIVEIRA, A. M. dos S.; BRITO, S. N. A. de - Geologia de Engenharia. Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, Ed. Oficina de Textos, São Paulo, 586 pp, 1998.

PARAGUASSU, A. B. - Contribuição ao Estudo da Formação Botucatu: Sedimentos Aquosos, Estruturas Sedimentares e Silificação. Tese de Doutorado, EESC / usp, São Carlos, 115p, 1968.

PARAGUASSU, A. B. - Estudo Experimental de Processo Geológico de Substituição de Carbonato por Sílica. Tese de Livre Docência, EESC / USP, São Carlos, 71p, 1973.

PARAGUASSU, A. B. - Experimental Silicification of Sandstone. Geol. Soc. Am. Bull., Boulder, 83(9): 2853 – 2858, 1973.

PARELLADA et al. (1990) in **SOCIEDADE BRASILEIRA DE ESPELEOLOGIA** – Cadastro da Cavernas do Brasil. www.sbe.com.br. SBE. Página visitada em 02/09/2003.

PENTEADO, M. M. - Geologia do Setor Centro Oriental da Depressão Periférica Paulista. São Paulo, USP. IGCE (Série Teses e Monografias), 1976.

PERACCHI, A. L.; ROCHA, V.J.; REIS, N.R. dos – Mamíferos Não-Voadores da Bacia do Rio Tibagi. In **MEDRI, M.E.; BIANCHINI, E.; SHIBATTA, O. A.; PIMENTA, J.A.** – A Bacia do Rio Tibagi. Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2002.

PEREIRA FILHO, M.; CRUZ, L.V. – O Carste em Quartzitos no Parque Estadual de Itacolomi, Sertão de Cima – Mariana – MG. Revista Espeleologia, número X, s.d..

PINESE, J. P. P. - Caracterização Petrográfica e Geoquímica dos Diques do Arco de Ponta Grossa. Dissertação de Mestrado. Dep. de Geofísica da USP, SP, 1998.

PINHEIRO, R. V. - Como se Formam Estruturas do Tipo "Caixas de Ovos" nas Cavernas de Arenito? Uma Resposta Possível. Espeleo - Amazônico. Ano 1, (3): 11 - 12. Belém, 1987.

POUYLLAU, M.; SEURIN, M. - Pseudo-karst Dans des Roches Greso-Quartzitiques de la Formation Roraima. Karstologia 5, 45-52, 1985.

PRANDINI, F.L. - O Brasil e a Geologia de Planejamento Territorial Urbano. Anais do 1 Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia, Rio de Janeiro, 3: 354 - 370, 1976.

PRANDINI, F.I.; GUIDICINI, G.; GREHS, S.A. - Geologia Ambiental ou de Planejamento? Anais dos XXVIII Congresso Brasileiro de Geologia. Porto Alegre, 7:273 - 290, 1974.

RAPOSO, A. - Turismo no Brasil. Ed. Senac Nacional, Rio de Janeiro, 183:pp, 2002.

RASTEIRO, M. A. - Espeleoturismo - Conceitos básicos. InformAtivo SBE, número 80, 2002.

REIHARD, M. - Geografia Física do Estado do Paraná. 2ª Edição. Ed. Olympio, Rio de Janeiro, RJ, 1981.

REIS, N. R. dos; PERALCCHI, A.L.; LIMA, I.P de - Morcegos da Bacia do Rio Tibagi. In **MEDRI, M.E.; BIANCHINI, E.; SHIBATTA, O. A.; PIMENTA, J.A.** - A Bacia do Rio Tibagi. Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2002.

RIBEIRO, L. F. B.; VANDEROOST, F.J.; MONTEIRO, R.C. - O Controle Estrutural das Cavernas da Serra do Itaqueri. 38º. Congresso Brasileiro de Geologia. Boletim de Resumos Expandidos ... Balneário Camboriú, SBG, pp: 397 - 400.

RICOMINI et. alii - Considerações Sobre a Estratificação do Permo-Triássico na região da Serra do Cadeado, Paraná. Anais do XXXIII Brasileiro de Geologia Rio de Janeiro, RJ, 1984.

RIMSTIDT, J. D.; BAMES, H. L. - The Kinetics of Silica-Water Reactions. Geochimica et Cosmochimica Acta 44, 1683-1699, 1980.

ROHN et. alii - Ocorrência de Macrofósseis nas Formações Teresina e Rio do Rasto (Permiano Sup. Da Bacia do Paraná) na porção meridional do Estado do Paraná. Revista da Universidade de Guarulhos, Ano II, número especial. IX RPP - Reunião de Paleobotânica e Palinólogos, 1997.

ROHN et. alii - Ocorrências de Macrofitofósseis nas Formações Teresina e Rio do Rasto (Permiano Sup. Da Bacia do Paraná) em Santa Catarina, Brasil. Revista da Universidade de Guarulhos, Ano II, número especial. IX RPP - Reunião de Paleobotânica e Palinólogos, 1997.

ROHN et. alii - Ocorrências de Macrofitofósseis nas Formações Teresina e Rio do Rasto (Permiano Sup. Da Bacia Sed. Do Paraná) na Região de Cândido de Abreu - Reserva, estado do Paraná, Brasil. Revista da Univers. de Guarulhos, Ano II, número especial. IX RPP - Reunião de Paleobotânica e Palinólogos, 1997.

RUBBIOLI E.; MOURA, V - Mapeamento de Cavernas - Guia Prático. Redespeleo Brasil, São Paulo. SP.

RUSCHMANN, D.M. – O Planejamento do Turismo e a Proteção do Meio Ambiente. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, Escola de Comunicação e Arte, 256:pp, 1994.

SCHNEIDER, R.L.; MÜHLMANN, H.; TOMMASI, E.; MEDEIROS, R. A .; DAEMON, R.F.; NOGUEIRA, A. A – Revisão Estratigráfica da Bacia do Paraná. Anais do XXVIII Congresso Bras. De Geol. Vol. 1,. pp: 41 – 66. Porto Alegre, RS, 1974.

SCHOBENHAUS, C.; CAMPOS, D. A.; DERZE,G.R.; ASMUS, H.U. (coords.)– Geologia do Brasil. Brasília, DNPM, 1984.

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE - Diretrizes Para Política Nacional de Ecoturismo. Governo do Estado de São Paulo, 1995.

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE - Diretrizes para uma Política Estadual de Ecoturismo. Série Documentos Ambientais do Estado de São Paulo, 1997.

SENAGRO Sensoriamento Remoto - Relatório de Impacto Ambiental - RIMA, Para o Aproveitamento Hidroelétrico São Jerônimo da Serra / Rio Tibagi, Paraná Brasil, 1998.

SIEVER, R. - Silica Solubility, 0-200°C, and the Diagenesis of Siliceous Sediments. The Journal of Geology 70, 127-150, 1962.

SLOVIC, P. - Perception of Environmental Hazards: Psychological Perspectives. Ed. Elsevier, pp: 223 – 248, 1993.

SOARES, O. – Furnas dos Campos Gerais, PR. Ed. *Scientia et Labor*, UFPr, Curitiba, 82:pp, 1989.

SOARES, P.C.; FIORI A .P. - Lógica e Sistemática na análise e interpretação de fotografias aéreas em geologia. Not. Geomorf. 16(32): 71 – 104, 1976.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE ESPELEOLOGIA – Cadastro da Cavernas do Brasil. www.sbe.com.br. SBE. Página visitada em 02/09/2003.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE ESPELEOLOGIA – Normas e Convenções espeleométricas. SBE, apostila, 1991.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE GEOLOGIA – Documento Final do II Simpósio Nacional sobre o Ensino de Geologia no Brasil – currículo mínimo. Publicação do XXXII Congresso Brasileiro de Geologia. SBE, Salvador, 73pp, 1983.

SPOLADORE, A. (coordenador) - Centro de Extensão em São Jerônimo da Serra – Desenvolvimento do Ecoturismo. Relatório Final. Universidade Estadual de Londrina, Pró-Reitoria de Extensão. 1998.

SPOLADORE, A. (coordenador) – Levantamento do Patrimônio Natural de São Jerônimo da Serra – PR, e o Desenvolvimento do Ecoturismo como uma Fonte Alternativa de Renda para a População Local. Relatório Final. Universidade Estadual de Londrina, Pró-Reitoria de Extensão. 2002

SPOLADORE, A. (coordenador) – Levantamento Espeleológico e Arqueológico da Região Compreendida entre Ventania e Sengés, Estado do Paraná. Relatório final. Valor Ambiental S/A. Jaguariaíva, Pr, 2003.

SPOLADORE, A. (coordenador) – Universidade Solidária – Fase Regional: São Jerônimo da Serra, Paraná. Relatório Final. Universidade Estadual de Londrina, Pró-Reitoria de Extensão. 2001.

SPOLADORE, A.; BENITEZ, L.; SILVA, S.M. da – Levantamento do Patrimônio Natural de São Jerônimo da Serra – PR, e o Desenvolvimento do Ecoturismo Como Uma Fonte Alternativa de Renda para a População Local. II Encontro de Atividades Científicas da Universidade do Norte do Paraná. Anais... Londrina. UNOPAR, p: 353, 1999.

SPOLADORE, A.; BENITEZ, L.; SILVA, S.M. da – Estudo Preliminar dos Atrativos do Vale do Tigre – São Jerônimo da Serra, PR. VII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. Anais.... Curitiba, UFPR, 1997.

SPOLADORE, A.; DELAVI, E.J. (1996) - Um Novo Sítio Arqueológico em São Jerônimo da Serra, Paraná. 10º Encontro Nacional de Geógrafos. Anais, SBG. Recife, PE.

SPOLADORE, A.; LUIZ, A. N. – Curso de Espeleologia e Turismo. Apostila. Universidade do Norte do Paraná, Londrina, 1999.

SWEETING, M. M. - Karst Geomorphology. Hutchinson Ross Publishing Company, Stroudsburg, 427 p, 1981.

SWEETING, M. M. - Karst Landforms. Macmillan, London, 362 p., 1972.

SZCZERBAN, E.; URBANI, F. (1974) - Carsos de Venezuela, Parte 4: Formas Cársicas em Areniscas Precambrianas del Territorio Federal Amazonas y Estado Bolivar. Bol. Soc. Venez. Epeleol., 5 (1): 27 - 54.

TEIXEIRA, W.; TOLEDO, M.C.M. de; FAIRCHILD, T.R.; TAIOLI, F. – Decifrando a Terra. Universidade de São Paulo / Ed. Oficina de Textos, 553:pp, 2001.

TOREZAN, J.M. – Nota Sobre a Vegetação da Bacia do Rio Tibagi, in **MEDRI, M.E.; BIANCHINI, E.; SHIBATTA, O. A.; PIMENTA, J.A.** – A Bacia do Rio Tibagi. Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2002.

TRAJANO, E. - Fauna Cavenícula Brasileira: Composição e Caracterização Preliminar. Separata Rev. Bras. Zoologia, 3 (8): 546 - 547, São Paulo, 1987.

TWIDALE, C. R. - So-called Pseudokarst in Granite. Boletín Sociedad Venezuela de Espeleología 21, 3-12, 1984.

UEL / COPATI / KLABIN - Aspectos da Fauna e Flora da Bacia do Rio Tibagi. IV Relatório Técnico - científico. Volume 1: análises e proposições, 1998.

URBANI, F.; SZCZERBAN, E. - Venezuelan Caves in Non-Carbonate Rocks: A New Field in Karst Research. National Speleological Society News 32, 233-235, 1974.

VERÍSSIMO, C. U.; SPOLADORE, A. - Gruta do Fazendão, Considerações Geológicas e Genéticas. XXI Congresso Brasileiro de Espeleologia. Curitiba, Pr, 1991.

WEARING, S.; NEIL, J. – Ecoturismo – Impactos, Potencialidades e Possibilidades. Ed. Manole, São Paulo. 255:pp, 2001.

WERNICK, E. – Silificação do Arenito Botucatu na Quadrícula de Rio Claro. Bol. Soc. Brás. Geol., São Paulo, 15 (1): 49 57, 1966.

WERNICK, E.; PASTORE, E. R. B.; PIRES NETO, A. - Cavernas em Arenitos. Notícias Geomorfológica,13 (26): 55 – 67, 1976.

WHITE, B.W.; JEFFERSON, G.L.; HAMAN, J.F. – Quartzite Karst in Southeastern Venezuela. *Int. J. Speleol.* Lisse, 2: 304 – 314, 1966.

WILSON, P. - Experimental Investigation of Etch Pit Formation on Quartz Sand Grains. *Geological Magazine* 116, 477-482, 1979.

WORLD TOURISM ORGANIZATION – www.wto.com . Página visitada em 12/12/2002.

WRAY, R. A. - Quartzite Dissolution: Karst or Pseudokarst? Reference: **Wray R A. L.** 2003. Quartzite Dissolution: Karst or Pseudokarst? / Speleogenesis and Evolution of Karst Aquifers 1 (2), www.speleogenesis.info , 9 pages, **re-published from:** *Cave and Karst Science* 24 (2), 1997, 81-86.

WRAY, R. A. - Solutional Landforms in Quartz Sandstones of the Sydney Basin. Unpublished PhD thesis. University of Wollongong, 381 p, 1995.

WRAY, R.A. - A global Review of Solution Eathering Form on Quartz Sandstones. *Earth – Scienci Reviews*, vol. 42, pp: 137 – 160. Ed. Elsevier, 1996.

www.cavern.com/cavern/why.htm

www.lepanto.org.br/HagJer.html

www.lepanto.org.br/HagJer.html

YOUNG R. W. - Tower Karst in Sandstone: Bungle Bungle massif, northwestern Australia. *Zeitschrift fur Geomorphologie* 30, 189-202, 1986.

YOUNG, A. R. M. - Salt as an Agent in The Development of Cavernous Weathering. *Geology* 15, 962-966, 1987.

YOUNG, R W. - Quartz Etching and Sandstone Karst: Examples From the East Kimberleys, Northwestern Australia. *Zeitschrift fur Geomorphologie* 32, 409-423, 1988.

YOUNG, R W. - Sandstone Landforms of the Tropical East Kimberley Region, Northwestern Australia. Journal of Geology 95, 205-218, 1987.

YOYNG R. W. ; YOUNG A.R.M. - Sandstone Landforms. Berlin: Springer- Verlag, 163 p, 1992.

ZONEAMENTO ECOLÓGICO e ECONÔMICO DO PARANA –
www.pr.gov.br/protótipo/zee . Governo do Estado do Paraná, Secretaria do Meio Ambiente do Estado do Paraná, SEMA, ZEE. Página visitada em 20/01/2004.