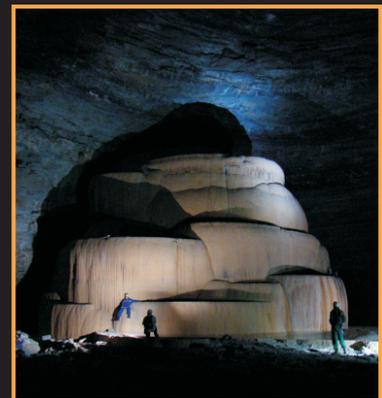
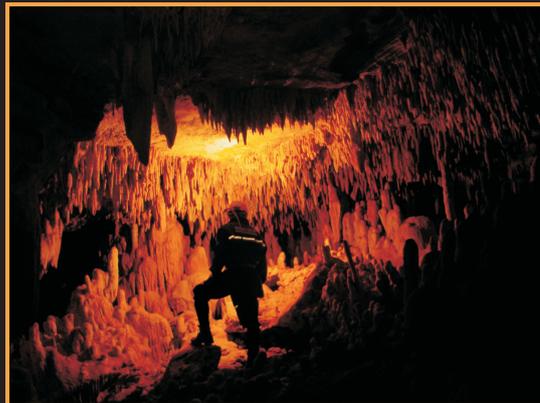


JOCY BRANDÃO CRUZ

**LEVANTAMENTO ESPELEOLÓGICO:**  
Prospecção, identificação e caracterização  
de cavidades naturais subterrâneas no lajedo do Arapuá, Felipe  
Guerra/RN, tendo como suporte as geotecnologias



© Jocy Cruz (1, 2, 3, 5), Vladir Quintiliano (4) e Diego Bento (6).

1 - Gruta dos Crotos, 2 - Caverna da Rainha, 3 - Furna Feia, 4 - Gruta do Trapiá, 5 - Lajedo do Rosário - RN; 6 - Gruta dos Brejões - BA.

**JOCY BRANDÃO CRUZ**

**LEVANTAMENTO ESPELEOLÓGICO:**

**Prospecção, identificação e caracterização  
de cavidades naturais subterrâneas no lajedo do Arapuá, Felipe  
Guerra/RN, tendo como suporte as geotecnologias**

Monografia apresentada ao Curso de Geografia, da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, para obtenção do título de Bacharel em Geografia.

Prof. Dr. Paulo César de Araujo  
Orientador

Prof. Dr. César U. V. Veríssimo – UFC  
Co-orientador

Natal-RN  
2008

Catálogo da Publicação na Fonte.  
Universidade Federal do Rio Grande do Norte.  
Biblioteca Setorial do Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes (CCHLA).

Cruz, Jocy Brandão.

Levantamento espeleológico: prospecção, identificação e caracterização de cavidades naturais subterrâneas no lajedo do Arapuá, Felipe Guerra/RN, tendo como suporte as geotecnologias. / Jocy Brandão Cruz. – Natal, RN, 2008.

122 f.

Monografia (Graduação em Geografia) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes. Departamento de Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Paulo César de Araújo.

1. Espeleologia – Caracterização – Caverna – Monografia. 2. Prospecção – Espeleologia – Monografia. 3. Sistema de Informações Geográficas – EspeleogIS – Banco de Dados Geográfico – Monografia. I. Araújo, Paulo César de. II. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. III. Título.

RN/BSE-CCHLA

CDU 551.44

**Jocy Brandão Cruz**

**LEVANTAMENTO ESPELEOLÓGICO:**

Prospecção, identificação e caracterização de cavidades naturais subterrâneas no lajedado do Arapuá, Felipe Guerra/RN, tendo como suporte as geotecnologias

Monografia apresentada ao Curso de Geografia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, para obtenção do título de Bacharel em Geografia.

Natal, 13 de novembro de 2008

***BANCA EXAMINADORA***

---

Prof. Dr. Paulo César de Araujo  
Orientador

---

Prof. Dra. Zuleide Maria Carvalho Lima  
Examinador

---

Prof. Dr. Marcelo dos Santos Chaves  
Examinador

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para o meu desenvolvimento científico. Temeroso em cometer esquecimentos, optamos por não listá-los. Contudo, a equipe do CECAV, em especial a Uilson Paulo Campos e José Iatagan Mendes de Freitas, cabe um agradecimento especial, pelo apoio nas atividades de campo e pela amizade construída, bem dizer, no carste potiguar. A Júlio Linhares, pelos ensinamentos técnicos e pelas discussões sempre repletas de geografias, filosofias e entusiasmos. A minha mãe, Olga Duarte Brandão, que não só acreditou, como também, me incentivou a galgar os espaços acadêmicos; A minha filha Cleópatra, e em especial a meu “**AMOR**”, Inez, que esteve junto de mim em todos os momentos, tornando-os singelos e prazerosos, sem ela, jamais conseguiria conciliar todas as atividades nas quais nos dedicamos.

*“Olha, há um tesouro na casa ao lado.  
- Mas não há nenhuma casa aqui ao lado.  
-Então construiremos uma!”*

(O Despertar dos Mágicos,  
Louis Pauwels e Jacques Bergier)

CRUZ, Jocy Brandão. **Levantamento espeleológico:** prospecção, identificação e caracterização de cavidades naturais subterrâneas no lajedo do Arapuá, Felipe Guerra/RN, tendo como suporte as geotecnologias. 122 f. Monografia (Bacharelado em Geografia) – Departamento de Geografia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2008. Orientador: Prof. Dr. Paulo César de Araujo, Co-orientador: Prof. Dr. Cesar Ulisses Vieira Veríssimo.

## RESUMO

O escopo maior é contribuir para o aprimoramento de uma metodologia de prospecção e caracterização de áreas de ocorrências de cavernas, tendo como suporte as geotecnologias. Assim, se fez necessário o desenvolvimento do Sistema de Informações Geográficas de Cavernas (EspeleogIS). Este Sistema ajuda na captura, no processamento e na análise de dados das áreas de ocorrência de cavidades naturais subterrâneas, assim como no planejamento, acompanhamento e execução de prospecções espeleológicas. O EspeleogIS, tem o *software Access* como o programa gerenciador do banco de dados relacional (módulo *mdb*), para manipular os atributos, descrição das feições geográficas, e o *software ArcGis*, como o programa gerenciador das informações georreferenciadas (módulo geoespacial), para gerenciar os dados espaciais. As três etapas da pesquisa de campo foram desenvolvidas no Lajedo do Arapuá, localizado no município de Felipe Guerra/RN: o pré-campo, onde se fez uso do Sistema de Informações Geográficas na preparação das atividades de campo; o campo em si, onde se realizou a prospecção do exocarste e a identificação e caracterização das cavernas ali existentes; e o pós-campo, o retorno ao gabinete, aí se deu a retroalimentação do EspeleogIS e a geração dos produtos finais. Entre os produtos gerados destacam-se os que atendem as exigências do CECAV, quando do licenciamento de empreendimentos potencialmente impactantes ao patrimônio espeleológico, são eles: o mapa topográfico das cavidades, o mapa topográfico contendo as áreas de influência das cavernas; o mapa topográfico da área constando os caminhamentos realizados para a prospecção e a caracterização das cavidades.

**Palavras-chave:** Espeleologia. Prospecção. Caverna. Caracterização espeleológica. EspeleogIS. Sistema de Informações Geográficas. Banco de Dados Geográficos.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

### CARTOGRAMAS

01: Localização do lajedo do Arapuá – Felipe Guerra/RN .....	23
02: Regiões cársticas carbonáticas no Brasil.....	31
03: Padrões de galeria.....	41

### DESENHOS

01: Dissolução e precipitação de calcita num perfil cárstico.....	26
02: Classificação de seções verticais .....	44
03: Definição da Base Topográfica Zero.....	76

### ESQUEMAS

01: Estrutura geral de um SIG .....	49
02: Relacionamentos binários.....	51
03: Arquitetura de integração entre os SIGs e os SGBDs .....	52
04: Funções do SIG, Reclassificação .....	53
05: Diagrama de Venn.....	54
06: Rede viária com 8 nós (1 a 8) e 8 vértice (A a H).....	55
07: EspeleoGis, estrutura organizacional .....	63
08: Setores para prospecção .....	69
09: Prospecção das células .....	72

### FOTOGRAFIAS

01: Colunas, estalactites e estalagmites – Gruta do Trapiá, Felipe Guerra/RN.....	28
02: Travertinos – Lapa dos Brejões, Brejões/BA.....	28
03: Helictites – Gruta dos Anjos, Januária/MG.....	29
04: Perolas de caverna – Gruta das Pérolas, Felipe Guerra/RN .....	29
05: Distância entre os membros da equipe de prospecção do Lajedo do Arapuá .....	73
06: Caminhamento na prospecção do Lajedo do Arapuá.....	73
07: Entrada da Caverna do Arapuá.....	77
08: Placa de identificação de Caverna.....	77
09: Retirada de calcário .....	78



10: Atividade Petrolífera .....	78
11: Caverna do Arapuá.....	83
12: Interior da Caverna do Arapuá .....	83
13: Conduto principal da Gruta da Bota.....	86
14: Entrada da Gruta da Bota.....	86
15: Dolina de entrada da Caverna do Sabonete.....	89
16: Topografia da Caverna do Sabonete .....	89
17: Entrada principal da Gruta Pequena do Arapuá .....	92
18: Interior Gruta Pequena do Arapuá .....	92
19: Dolina do Xavier .....	93
20: Visão lateral da Dolina do Xavier .....	93
21: Dolina do Xavier 2 .....	97
22: Levantamento topográfico da Dolina do Xavier 2 .....	97

## **GRÁFICOS**

01: Cavernas por classificação .....	65
02: Cavernas por formação geológica .....	65
03: Cavernas por zonas climáticas .....	65
04: Cavernas por bacia hidrográfica.....	65

## **MAPAS**

01: Mapa de potencialidade de ocorrência de cavernas do Brasil.....	33
02: Mapa espeleotopográfico da Caverna do Arapuá.....	82
03: Mapa espeleotopográfico da Gruta da Bota .....	85
04: Mapa espeleotopográfico da Caverna do Sabonete.....	88
05: Mapa espeleotopográfico da Gruta Pequena do Arapuá .....	91
06: Mapa espeleotopográfico da Dolina do Xavier .....	94
07: Mapa espeleotopográfico da Dolina do Xavier 2.....	96

## **QUADROS**

01: Sistemas GIS mais comuns no mercado brasileiro .....	48
02: WEBGIS.....	57
03: Dados mínimos para caracterização de caverna.....	79
04: Dados de caracterização da Caverna do Arapuá .....	80

05: Dados de caracterização da Gruta da Bota .....	84
06: Dados de caracterização da Caverna do Sabonete .....	87
07: Dados de caracterização da Pequena Gruta do Arapuá .....	90
05: Dados de caracterização da Dolina do Xavier 2.....	95

### **TELAS DO ACCESS**

01: Tabelas do módulo mdb .....	58
02: Fluxograma de relacionamentos do módulo mdb .....	59
03: Menu de controle principal.....	60
04: Formulários de entrada de dados .....	61
05: Formulários de relatório .....	62

### **TELAS DO ARCMAP**

01: Módulo Geoespacial.....	64
02: Setor R-11, Lajedo do Arapuá/RN .....	70
03: Setor R-11, pontos de controle .....	71
04: Prospecção Lajedo do Arapuá (Setor R-11).....	74
05: Cavernas identificadas no Lajedo do Arapuá (Setor R-11).....	75

### **TELAS DO TRACKMAKER**

01: Dados brutos da prospecção do Lajedo do Arapuá/RN .....	98
---	----

## **LISTA DE TABELAS**

01: Cavernas localizadas no Lajedo do arapuá/RN.....	74
02: Poços de petróleo localizados no Lajedo do arapuá/RN.....	75

## LISTA DE SIGLAS

ANP – Agência Nacional de Petróleo

AP – Ambientes Predominantes

BCRA – British Cave Research Association

BD – Bancos de Dados

BLOB – Binary large object

CaCO<sub>3</sub> – carbonato de cálcio

Ca (HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> – bicarbonato de cálcio

CAD – Computer Aided Design

CANIE – Cadastro Nacional de Informações Espeleológicas

CECAV – Centro Nacional de Estudo, Proteção e Manejo de Cavernas

CERN – Clube de Espeleologia do Rio Grande do Norte

CGIS – Canadian Geographic Information System

CNC – Cadastro Nacional de Cavernas

CO<sub>2</sub> – gás carbônico

CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente

CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais

DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral

EGB – EspeleoGrupo de Brasília

EIA – Estudo de Impacto Ambiental

EspeleoGis – Sistema de Informações Geográficas de Cavernas

ESRI – Environmental Systems Research Institute

FALS – Fundação Amigos do Lajedo de Soledade

FI – feições internas

GEEP Açungui – Grupo de Estudos Espeleológicos do Paraná

GEOCAVE – Base de Dados Georreferenciados das Cavidades Naturais Subterrâneas do Estado do Rio Grande do Norte

GIS – Geographic Information System

GPS – Sistema de Posicionamento Global

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

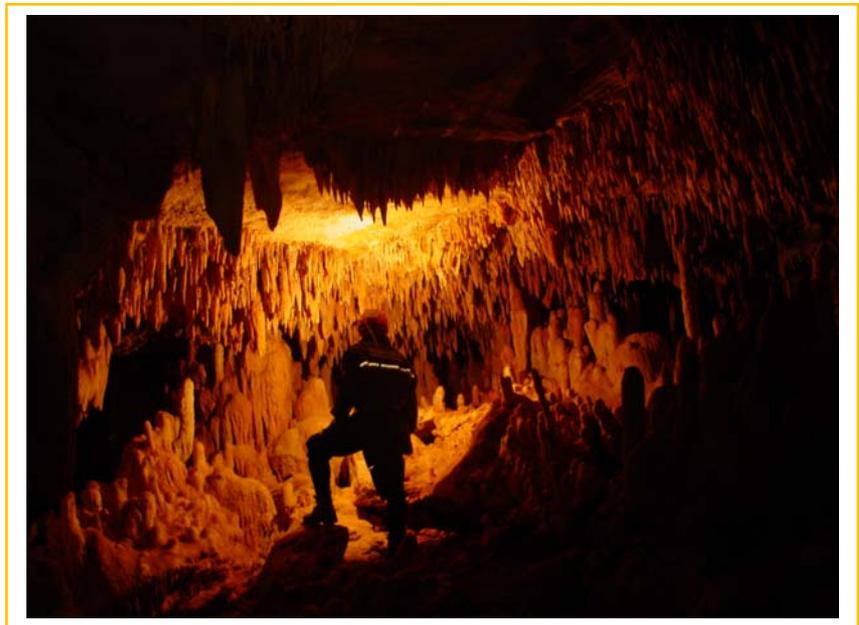
IDEMA – Instituto de Defesa do Meio Ambiente do Rio Grande do Norte  
INCRA – Instituto Nacional de Reforma Agrária  
LPX – Leste Poço Xavier (LPX)  
LUNR – New York Land Use and Natural Resources Information System  
ND – Nível de Desenvolvimento  
RIMA – Relatórios de Impacto Ambiental  
SBE – Sociedade Brasileira de Espeleologia  
SEE – Sociedade Excursionista Espeleológica  
SGB – Serviço Geológico do Brasil  
SGBDG – Sistema Gerenciador Banco de Dados Geográfico  
SGBDOR – Sistema Gerenciador Banco de Dados Objeto Relacional  
SGBDR – Sistema Gerenciador Banco de Dados Geográfico Relacional  
SGDB – Sistema Gerenciador de banco de Dados  
SGIG – Sistema Gerenciador de Informações Geográficas  
SIG – Sistemas de Informações Geográficas  
SRHID – Secretaria de Recursos Hídricos do Rio Grande do Norte  
UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais  
UFRN – Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
UIS – União Internacional de Espeleologia  
UIS – Union Internationale de Spéléologie  
USP – Universidade de São Paulo  
WGS 84 – World Geodetic System de 1984

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b>	14
<b>CAPÍTULO 1 CARACTERIZAÇÃO ESPELEOLÓGICA</b>	
<b>1.1 Fundamentos da Espeleologia</b>	25
<b>1.1.1 <i>O Patrimônio Espeleológico Brasileiro</i></b>	30
<b>1.2 Ficha de Caracterização de Caverna</b>	34
<b>CAPITULO 2 SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS</b>	
<b>2.1 Sistema de Informações Geográficas (SIG)</b>	47
<b>2.2 Estrutura de um SIG</b>	49
<b>2.3 Banco de Dados Geográfico</b>	50
<b>2.4 Funções de um SIG</b>	53
<b>2.5 Sistema de Informações Geográficas de Cavernas (EspeleogIS)</b>	55
<b>2.5.1 <i>O Módulo MDB</i></b>	58
<b>2.5.2 <i>O Módulo GeoEspacial</i></b>	62
<b>CAPITULO 3 PROSPECÇÃO ESPELEOLÓGICA: localização, identificação e caracterização de cavernas no lajedo do arapuá/RN</b>	
<b>3.1 Prospecção espeleológica</b>	67
<b>3.2 O pré-campo: planejamento das atividades de campo.</b>	68
<b>3.3 Prospecção do exocarste</b>	71
<b>3.3.1O <i>caminhamento</i></b>	71
<b>3.3.2 <i>Identificação de uma caverna</i></b>	75
<b>3.3.3 <i>Identificação das atividades antrópicas</i></b>	78
<b>3.3.4 <i>Caracterização das cavidades</i></b>	78
<b>3.3.4.1 <i>Caverna do Arapuá</i></b>	80
<b>3.3.4.2 <i>Gruta da Bota</i></b>	84
<b>3.3.4.3 <i>Caverna do Sabonete</i></b>	87
<b>3.3.4.4 <i>Gruta Pequena do Arapuá</i></b>	90
<b>3.3.4.5 <i>Dolina do Xavier</i></b>	93
<b>3.3.4.6 <i>Dolina do Xavier 2</i></b>	95
<b>3.4 O pós-campo</b>	98
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES</b>	100
<b>REFERÊNCIAS</b>	103
<b>APÊNDICE A – MAPA TOPOGRÁFICO DO LAJEDO DO COTE</b>	110
<b>APÊNDICE B – MAPA COM OS TRANSSECTOS DA PROSPECÇÃO DO LAJEDO DO ARAPUÁ</b>	112
<b>APÊNDICE C – ESPELEOGIS - SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS DE CAVERNAS</b>	114
<b>ANEXO A – FICHA DE CARACTERIZAÇÃO DE CAVERNA</b>	116

---

## INTRODUÇÃO



Caverna Rainha do Rio Grande. Felipe Guerra/RN Foto: Jocy Cruz (ago/2004).

Desde os primórdios da humanidade, as cavernas sempre estiveram presentes na história do homem, quer como abrigo ou como mito que abriga monstros ou forças ocultas; foi o primeiro abrigo da humanidade e hoje é um imenso arquivo que guarda a história de toda uma evolução do planeta. Cientificamente as cavernas passaram a despertar interesses a partir da segunda metade do século XIX com os trabalhos pioneiros de E. A. Marte, francês, tido como o “pai da espeleologia”. No entanto, no Brasil, os primeiros relatos sobre cavernas de que se tem conhecimento datam de 1717. A citação consta em uma carta escrita por Francisco de Mendonça Mar para o rei de Portugal, nela ele relata que residia há vinte e seis anos na Lapa do Bom Jesus, atualmente conhecida por gruta santuário de Bom Jesus da Lapa na Bahia (AULER, 2004).

Foram as pesquisas paleontológicas de Peter Wilhelm Lund, dinamarquês radicado no Brasil na região de Lagoa Santa/MG, entre 1835 e 1844, que marcaram as primeiras explorações científicas em cavernas do país. Lund foi o descobridor do Homem de Lagoa Santa, raça que habitou as cavernas de Minas Gerais milhares de anos atrás. No final do século XIX, o Alemão Ricardo Krone realizou o primeiro levantamento sistemático de cavernas do Brasil, trabalho em que descreve 41 cavidades no vale do rio Ribeira, sul de São Paulo (LINO, 2001).

Segundo Auler (2004), entre o final do século XIX e o início do século XX o Brasil é marcado por inúmeras descrições de cavernas destacando-se nomes como o de Álvaro da Silveira, que em 1894 realizou o levantamento topográfico da Gruta Casa de Pedra, em Minas Gerais; além de Cássio Lanari, Carlos Prates e até o do imperador Dom Pedro II. Entre os romancistas o destaque fica com Bernardo Guimarães e Augusto Zaluar, autores que tinham as cavernas em evidência em suas obras. Auler também destaca Camilo Torrend, padre naturalista que em 1938 publica o primeiro livro espeleológico do país. No ano seguinte, o IBGE publica o inventário intitulado “As Grutas em Minas Gerais”.

É na década de 30, do século passado, que a espeleologia no Brasil começa a se organizar. Em 1937 é criado o primeiro grupo espeleológico das Américas, a Sociedade Excursionista Espeleológica (SEE), fundada pelos alunos da Escola de Minas, em Ouro Preto. É a SEE quem lança, em 1960, a “Espeleologia” – primeira revista espeleológica do Brasil (AULER; ZOGBI, 2005).

Em 1959, um grande impulso na espeleologia brasileira é dado por Michel Le Bret, francês que explorou as cavernas do Vale do Ribeira de Iguape e por Pierre Martin e Guy



Collet, contemporâneos de Le Bret que, juntos, atuaram no Vale do Ribeira entre as décadas de 1960 e 1970. Isso resultou no primeiro Congresso Brasileiro de Espeleologia, realizado em 1964, no pátio da gruta Casa de Pedra e com a criação, em 1969, da Sociedade Brasileira de Espeleologia (SBE). As explorações intensificaram-se no decorrer da década de 1970 e 1980, quando um número substancial de grupos de espeleologia foram fundados. Entre eles ressaltam-se o Espeleo Grupo de Brasília (EGB), o Grupo de Estudos Espeleológicos do Paraná (GEEP Açungui), o Grupo Pierre Martin de Espeleologia, a União Paulista de Espeleologia e o Grupo Bambuí de Espeleologia, entre muitos outros (AULER; ZOGBI, 2005).

As últimas décadas do século passado caracterizam-se pela expansão da pesquisa e das explorações espeleológicas no Brasil; as maiores e mais profundas cavernas do país foram descobertas e exploradas. A espeleologia passa a permear as universidades, o resultado são monografias, dissertações de mestrado e teses de doutorados defendidas sobre o tema. Para Auler e Zogbi (2005), nos anos 1980 inicia-se a consolidação de uma ciência espeleologia no Brasil. O aumento do conhecimento acerca das cavernas brasileiras cresceu substancialmente nas últimas décadas, logo, o potencial espeleológico do Brasil surpreendia a todos.

Concomitantemente, a atividade econômica no país também se expandia, como consequência, a pressão sobre os recursos naturais aumentava em ritmo exponencial. Tornou-se iminente a necessidade de um aparato legal para garantir a proteção do patrimônio espeleológico nacional. Assim, no final da década de 1980, os frutos dos anseios dos espeleólogos brasileiros, começam a serem colhidos: a Constituição Federal de 1988, em seu Art. 20, inciso X, instituiu que as cavidades naturais subterrâneas são bens da união (BRASIL. Constituição, 1988). Logo em seguida, em 1990, o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), publica a portaria nº 887/90, que em seu Artigo 4º declara:

[...] a obrigatoriedade de elaboração de Estudo de Impacto Ambiental para as ações ou empreendimentos de qualquer natureza, ativos ou não, temporários ou permanentes, previstos ou existentes em áreas de ocorrência de cavidades naturais subterrâneas ou de potencial espeleológico, que direta ou indiretamente possam ser lesivos a essas cavidades (IBAMA. Portaria 887/90).

O Artigo 5º, da mesma portaria, proíbe “[...] desmatamentos, queimadas, uso de solo e subsolo ou ações de qualquer natureza que coloquem em risco as cavidades naturais subterrâneas e sua área de influência [...]”. No mesmo ano, é publicado o Decreto Federal 99.556/90, que Dispõe sobre a proteção das cavidades naturais subterrâneas existentes no Território Nacional, reiterando a necessidade de Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e, em seu Artigo 3º,

condiciona as ações ou os empreendimentos de qualquer natureza, “[...] ficando sua realização, instalação e funcionamento condicionado à aprovação, pelo órgão ambiental competente, do respectivo relatório de impacto ambiental” (BRASIL. Decreto Lei 99.556/90). Nele, no artigo 4º, fica clara a competência pela proteção e fomento ao conhecimento acerca do patrimônio espeleológico brasileiro:

Cabe ao Poder Público, inclusive à União, esta por intermédio do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA, preservar, conservar, fiscalizar e controlar o uso do patrimônio espeleológico brasileiro, bem como fomentar levantamentos, estudos e pesquisas que possibilitem ampliar o conhecimento sobre as cavidades naturais subterrâneas existentes no Territorial Nacional (BRASIL. Decreto Lei 99.556/90).

Corroborando com a legislação e com a ânsia da comunidade espeleológica brasileira, o IBAMA, durante as comemorações da Semana Nacional de Meio Ambiente em 1997, publica a Portaria nº 057/97 que cria o Centro Nacional de Estudo, Proteção e Manejo de Cavernas (CECAV), com a finalidade de

[...] propor, normatizar, fiscalizar e controlar o uso do patrimônio espeleológico brasileiro, bem como fomentar levantamentos, estudos e pesquisas que possibilitem ampliar o conhecimento sobre as cavidades naturais subterrâneas existentes no território nacional (IBAMA. Portaria 057/97).

Para completar o leque da legislação ambiental brasileira acerca do patrimônio espeleológico, o Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) publica, em 2004, a resolução CONAMA 347/04. Nela fica claro a exigência de licenciamento ambiental para empreendimentos ou atividades potencialmente lesivos ao patrimônio espeleológico ou à sua área de influência, além de reiterar a definição de “área de influência” dada pelos instrumentos legais anteriores (BRASIL. CONAMA. Res. 347/04).

No Rio Grande do Norte, a prática espeleológica inicia-se no final da década de 1970, com a chegada ao Estado do geólogo, e funcionário da Petrobras, Geraldo Gusso. Vindo de São Paulo, onde já praticava a espeleologia, Gusso, mais conhecido por Peninha, fascina-se com as descobertas realizadas no oeste potiguar e convida diversos ambientalistas, entre eles David Maurice Hafeset, Eduardo Bagnoli e Francisco Willian (Chico Bill), para juntos explorarem os calcários do oeste potiguar. As descobertas do grupo, mesmo incipientes, revelam a potencialidade espeleológica da bacia potiguar e logo criam o Clube de Espeleologia do Rio Grande do Norte (CERN), fundado na Gruta da Caridade, Caicó/RN,

cujo objetivo principal era a exploração do carste norterio-grandense. Entre os méritos creditados ao CERN, destacam-se a descoberta das cavernas, dos fósseis e das pinturas e inscrições rupestres do Lajedo de Soledade em Apodi/RN, resultando na criação da Fundação Amigos do Lajedo de Soledade (FALS), que adquiriu a área do Lajedo tornando-a de preservação permanente. Também coube ao CERN a descoberta das principais cavernas do Estado, entre elas a Furna Feia – maior caverna potiguar, Caverna Rainha do Rio Grande, Gruta da Descoberta, Gruta da Catedral, Caverna Abissal, Gruta dos Crotos, entre muitas outras. Atuando até o final da década de 1990, o CERN catalogou cerca de 50 cavidades no Estado.

A partir da segunda metade da década de 1990, a espeleologia no Estado sofre uma forte desaceleração, só tendo um novo ritmo com a criação da Base do CECAV no Estado. Criada em 1999, A Base, frente ao avanço das atividades econômicas sobre as áreas cársticas, buscou realizar o levantamento das cavidades naturais subterrâneas existentes no Estado, para diagnosticar sua situação e orientar o uso e a ocupação do solo nas áreas onde ocorrem. Utilizando ferramentas como o geoprocessamento e metodologias de prospecção, o CECAV intensificou os trabalhos espeleológicos no Estado, aumentando significativamente o número de cavernas cadastradas. Em 2000 eram conhecidas apenas 56 cavernas e atualmente já foram identificadas 257 cavidades. Nos municípios de Felipe Guerra e Governador Dix-Sept Rosado, principais municípios onde o CECAV atua com o Projeto Pedra de Abelha, foram prospectados mais de 40 km<sup>2</sup> de área cárstica, passando o número de cavidades conhecidas nestes municípios de 25 e 5 para 91 e 39 respectivamente.

Fruto da estratégia do CECAV em divulgar, nos eventos científicos da área, os estudos realizados e despertar as comunidades espeleológica e científica às potencialidades da espeleologia da região, diversas instituições de pesquisa passaram a realizar trabalhos no carste do Estado, entre elas: a Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), a Universidade Federal do Ceará (UFC), a Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), a Universidade de São Paulo (USP) e PETROBRAS.

Hoje, acompanhando o momento de excelência da espeleologia no Brasil, os estudos do carste norterio-grandense ampliam-se contribuindo para a melhoria das técnicas, o aumento do conhecimento e, conseqüentemente, para preservação do ambiente cavernícola.

Assim, faz-se necessário atentar para as práticas de campo, onde a precisão e veracidade dos dados estão atreladas ao rigor da aplicação metodológica. É nesse intuito que este trabalho monográfico busca contribuir.

## **Objetivos**

Nosso escopo maior é contribuir para o aprimoramento de uma metodologia de prospecção e caracterização de áreas de ocorrência de cavernas, que tem como suporte as geotecnologias, estando intrínseco a definição de feições cavernícolas a serem levantadas e armazenadas em um sistema de informações geográficas e a aplicação desta no Lajedo do Arapuá, município de Felipe Guerra/RN. Faz-se mister, o desenvolvimento do sistema de informações geográficas referente a áreas cársticas; assim como um reflexão a cerca da origem o do desenvolvimento das cavernas e da própria espeleologia no Brasil.

É fato que esperamos contribuir na normatização dos procedimentos de campo, quando da realização de estudos espeleológicos, facilitando sua análise e a realização das vistorias de campo pelos órgãos ambientais.

## **Justificativa**

Desde os tempos imemoriais, as cavernas têm relações com o ser humano, de sua primeira moradia as correlações com forças místicas, guisa demoníacas. Somente a partir do século XIX, passam a despertar interesse do meio científico. No Brasil, as primeiras pesquisas em cavernas iniciaram-se em 1835, realizadas pelo dinamarquês Peter Wilhelm Lund, na região de Lagoa Santa/MG. Na primeira metade do século XX, inúmeras pesquisas já haviam sido realizadas em cavernas brasileiras, já sendo perceptível o interesse científico pelas cavernas brasileiras. Assim, a espeleologia no Brasil desenvolve-se a largos passos, em 1969 é criada a Sociedade Brasileira de Espeleologia (SBE), seguida pela criação de diversos grupos de espeleologia no decorrer da segunda metade do século XX. Concomitantemente a pressão provocada pelo desenvolvimento econômico, aumenta exponencialmente, forçando o surgimento de uma legislação específica para proteger esse patrimônio. No final do século XX, fruto dos anseios do movimento espeleológico, é criado do Centro Nacional de estudo, Proteção e Manejo de Cavernas (CECAV), órgão do governo federal, cuja missão é o trato do patrimônio espeleológico.

Com a competência de proteger as cavidades naturais subterrâneas brasileiras subscritas na Lei, o CECAV passa a desenvolver estudos que levam a ampliação do conhecimento acerca das cavernas, onde entendemos que somente assim serão capazes de cumprir com sua missão. Desenvolver as técnicas de prospecção exocárstica e endocárstica e a caracterização de cavidades do território nacional passa a ser um desafio, tanto científico quanto técnico. Se faz necessário uma metodologia eficaz para que, ao término do levantamento espeleológico, todas as cavernas da área em estudo sejam identificadas e

caracterizadas. Contudo, a falta de normatização nos procedimentos de campo tem dificultado a análise dos levantamentos e, principalmente, a realização das vistorias de campo por parte do CECAV.

Entretanto, a partir da década de 1980, as geotecnologias desenvolveram-se, vulgarizando-se juntamente com os computadores pessoais e aparelhos receptores do Sistema Global de Posicionamento (GPS). A cartografia entrou definitivamente na era digital com o surgimento de programas de processamento e manipulação de dados georreferenciados. Tudo isso tem proporcionado novas perspectivas no que tange a prospecção de superfície, impondo uma nova dinâmica com um ganho substancial de qualidade.

Nesse contexto, como as geotecnologias podem contribuir nos procedimentos metodológicos de prospecção e caracterização de áreas cársticas? Até que ponto a metodologia proposta pode elevar a qualidade dos estudos espeleológicos facilitando os trâmites processuais inerentes aos licenciamentos de empreendimentos potencialmente lesivos ao patrimônio espeleológico brasileiro? Quais dados devem ser levantados para que a cavidade esteja satisfatoriamente caracterizada? Destes, quais são indispensáveis?

## **Metodologia**

Tendo como objeto maior os procedimentos para realização de prospecção e caracterização de áreas de ocorrência de cavernas, tendo como suporte as geotecnologias, nos remetemos a uma estrutura de pesquisa que privilegiasse as etapas de campo. Contudo, iniciamos com a busca de um embasamento teórico. Realizamos no primeiro momento uma pesquisa bibliográfica referente ao tema, tanto no contexto espeleológico da pesquisa – incluindo-se aí os aspectos geológicos, geomorfológicos, hidrológicos, pedológicos, biológicos e sócio-ambientais; quanto no que se refere às técnicas de geoprocessamento. Concomitantemente buscamos por dados secundários, principalmente no CECAV/RN que disponibilizou a maioria dos dados da área de estudo. No entanto os dados complementares para formação da base de dados foram obtidos em órgãos como o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Instituto de Defesa do Meio Ambiente do RN (IDEMA), Secretária de Recursos Hídricos do RN (SRHID), Serviço Geológico do Brasil (SGB), Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), Agência Nacional de Petróleo (ANP) e Instituto Nacional de Reforma Agrária (INCRA).

A próxima etapa foi o desenvolvimento de um Sistema de Informações Geográficas (SIG) para gerenciamento e armazenamentos das informações espeleológicas, EspeleoGIS. O SIG tem o *software Access* como o programa gerenciador do banco de dados relacional

(módulo *mdb*) e o *software ArcGis* como o programa gerenciador das informações georreferenciadas (módulo geoespacial). A montagem do SIG só ocorreu após a definição dos dados que comporiam a base de dados e de quais feições seriam coletadas em campo para caracterizar as cavernas. Para tanto, optou-se por utilizar a “Ficha de Caracterização de Caverna” definida no 9º Encontro Técnico do CECAV, cujas discussões foram coordenadas e sistematizadas por nós.

Assim, foi possível aproveitar a precoce oportunidade e, juntamente com a equipe do CECAV/RN, realizar a primeira etapa dos trabalhos de campo: a prospecção da área do Lajedo do Arapuá em Felipe Guerra/RN. A área é priorizada pelo CECAV para prospecção por ser um setor crítico: apresenta uma ocorrência de caverna, encontra-se inserida na área de alta potencialidade espeleológica do município e possui atividades petrolífera e minerária, ambas impactantes as cavidades. Cabe ressaltar que as atividades de campo tiveram como facilitador o apoio logístico do CECAV/RN, tendo estas que se adaptarem as disponibilidades de tempo da equipe.

Em outro momento, partiu-se para construção dos textos. Iniciamos pelo capítulo que descreve o patrimônio espeleológico nacional, além de tratar dos fundamentos da espeleologia e da caracterização de cavernas. Tendo-os pronto e o conhecimento científico a cerca do tema ampliado pela revisão bibliográfica, partiu-se para confecção dos capítulos que trata do Sistema de Informações Geográficas de Cavernas (EspeleogIS) e sua aplicabilidade no estudo de áreas cársticas.

Com o EspeleogIS alimentado com os dados da prospecção, realizamos a segunda etapa do campo. Nela, as cavernas identificadas no Lajedo do Arapuá ou Setor R-11 foram topografadas e caracterizadas, utilizando-se para tal a ficha de caracterização de caverna. O próximo passo foi a confecção do capítulo que trata da prática da prospecção espeleológica, descrevendo todas as etapas que a constitui.

Todos os dados levantados na prospecção espeleológica alimentaram o EspeleogIS possibilitando sua sobreposição, cruzamento e análise, bem como a confecção dos produtos cartográficos que compõe o texto, além de subsidiar as considerações que teceremos a cerca do processo e nossas recomendações.

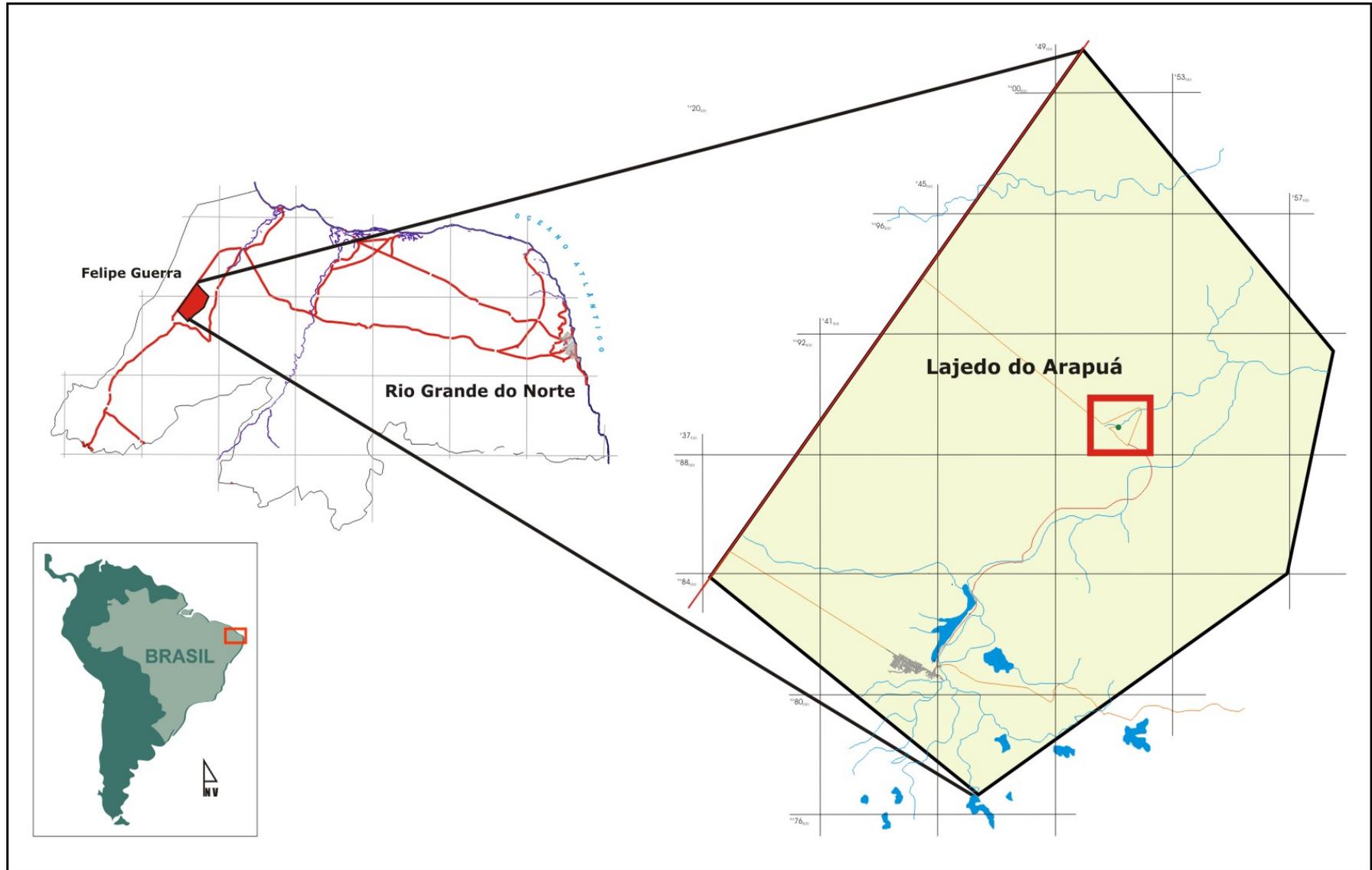
### **Localização e caracterização geográfica da área**

Conhecido localmente por Lajedo do Arapuá, esse afloramento de calcário localiza-se no oeste potiguar, na zona rural do município de Felipe Guerra/RN (latitude: -05 31' 33.11771" S, longitude: -37 37' 25.28961" W), distando 351 km da capital do Estado, Natal. O

acesso, a partir de Natal, se dá pela BR 305 até a cidade de Mossoró, de onde se segue pela BR 405 até a entrada para a subestação da Petrobras Leste Poço Xavier (LPX). A partir de então percorre-se mais 8 km até o início do afloramento (Cartograma 01). Inserido na bacia hidrográfica do rio Apodi-Mossoró, o município está situado na região semi-árida do nordeste brasileiro, a uma altitude média de 40 metros, temperatura média anual de 27,8° C, com mínima de 21° C e máxima de 36° C e umidade relativa de 68%. Segundo a classificação climática de Köppen, o clima é do tipo BSw'h' caracterizado por ser muito quente e semi-árido, com a estação chuvosa no verão atrasando para o outono (IDEMA, 2008).

O afloramento está inserido na bacia potiguar cujo arcabouço litoestratigráfico é dividido em três grupos (da base para o topo): Grupo Areia Branca, Apodi e Agulha. O Grupo Apodi, intermediário, é composto pelas formações Açú, Ponta do Mel, Jandaíra e Ubarana, depositadas desde o Eoalbio até o Eocampaniano, exibindo um aumento significativo de rochas carbonáticas para o topo (ARARIPE; FEIJÓ apud BEZERRA, 2008, p. 13). É na Formação Jandaíra que encontram-se inseridas 89,06% das cavernas do Estado, segundo dados do CECAV. São rochas carbonáticas que ocorrem sobrepostas de forma concordante à Formação Açú ou à Formação Quebradas. Bezerra (2008), acrescenta que esta formação é composta por *mudstones* e *grainstones* bioclásticos e intraclásticos, com eventuais intercalações de folhelhos, margas e evaporitos, depositados em sistemas de planície de maré. Representa a maior exposição de rochas carbonáticas não alteradas do Brasil, e é também reconhecida pela diversidade de seu conteúdo fossilífero. A Formação Jandaíra encontra-se intensamente erodida e carstificada, em sua porção aflorante, sob a forma de um platô, com mergulho suave para nordeste, no sentido do oceano Atlântico Sul.

O município de Felipe Guerra apresenta quatro tipos de solos: Solos Aluviais Eutróficos, Latossolo Vermelho – Amarelo Eutrófico, Rendizina e Cambissolo Eutrófico. Na porção noroeste do município predomina o solo Redzina, cuja fertilidade é alta, a textura é argilosa, é moderado e imperfeitamente drenado; já no restante da área municipal, incluindo-se aí o Lajedo do Arapuá, tem predomínio os solos do tipo Cambissolo Eutrófico, cuja fertilidade é de média a alta, a textura também é argilosa, e é bem ou moderadamente drenado (IDEMA, 2008).



**Cartograma 01: Localização do lajedo do Arapuá – Felipe Guerra/RN**



---

## CAPÍTULO 1

### Caracterização de cavernas



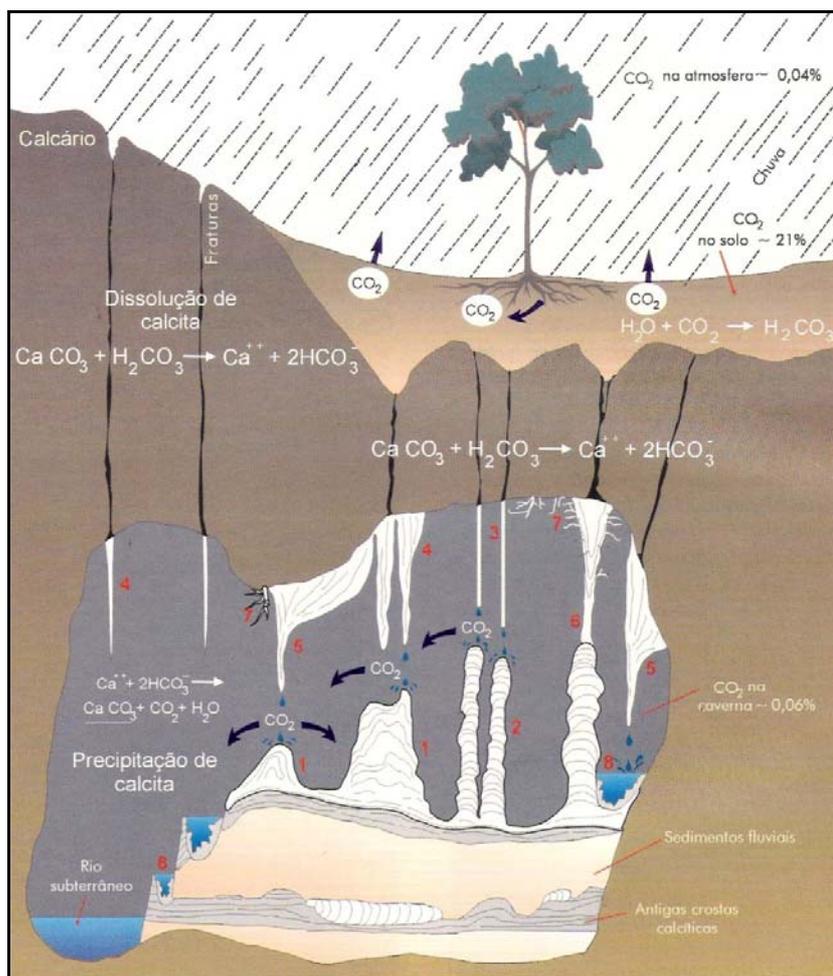
Foto: Jocy Cruz (ago/2004). Caverna do Trapiá. Felipe Guerra/RN

## 1.1 Fundamentos da Espeleologia

O termo carste tem sua origem do vocábulo alemão *karst*, oriundo do termo iugoslavo *kras*, utilizado para denominar uma região da antiga Iugoslávia, cujo relevo caracterizava-se por depressões com paredões rochosos, rios subterrâneos, cavernas e torres de pedra (KARMANN, 2001). Um sistema cárstico forma-se pela dissolução de certos tipos de rochas pelas águas subterrâneas. Os carbonatos, que compreendem os calcários, dolomitos e mármore, são as rochas mais favoráveis a carstificação (KARMANN, 2001). Os calcários são rochas compostas por carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) sendo originadas por diversos processos, entre eles, os de origem biotritica ou organogênica – formados pela acumulação e cimentação de conchas e esqueletos de animais nos fundo dos mares – e os de origem química – formados sob a influência de variações de temperatura, de pH, de gás carbônico na atmosfera, entre outros, que leva a deposição do carbonato de cálcio em forma de tufos, travertinos e concreções (LINO, 2001). Quando o cálcio é substituído pelo magnésio, têm-se então os dolomitos. Já os mármore são frutos do metamorfismo do calcário. Lino (2001), destaca que as rochas carbonáticas estão entre as mais comuns do planeta, desenvolvendo-se nelas a grande maioria das cavernas.

Ainda segundo Lino (2001, p. 59), o carste é caracterizado por um grande número de feições de grandes e pequenas dimensões, “[...] que lhe confere uma aparência esburacada e ruiforme”. Essas feições agrupam-se em dois grandes grupos: o das formas cársticas primárias e o das secundárias. No primeiro estão as formas superficiais (dolinas, poljes, etc.) e as formas subterrâneas (cavernas), são feições produzidas por processos físico-químicos de carstificação, sendo a dissolução o principal processo de alteração e destruição das rochas do carste. Nos carbonatos de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ), a dissolução se dá devido a percolação de água acidificada pela rocha. A água meteórica, ao atravessar a atmosfera e o solo, dissolve o gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ) ali contido, resultando em ácido carbônico:  $[\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \leftrightarrow \text{H}_2\text{CO}_3]$ . Essa água penetra na rocha por suas juntas e fraturas atacando-a e produzindo bicarbonato de cálcio ( $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ) que é solúvel e facilmente transportado pelas águas de percolação:  $[\text{H}_2\text{CO}_3 + \text{CaCO}_3 \leftrightarrow \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2]$ . Na seqüência de evolução de uma caverna, o soerguimento da massa rochosa e/ou o rebaixamento do nível hidrostático faz com que a cavidade passe a ser parcialmente ocupada por ar, facilitando a circulação da água, que além da dissolução, passa a atuar erosivamente, gerando os condutos e galerias, preferencialmente, acompanhando os planos de acamamento das rochas.

O Desenho 01, adaptado de Karmann (2001), mostra de forma esquemática o ciclo de dissolução do carbonato e conseqüente formação de caverna.



Fonte: Adaptado de Karmann, 2001.

### Desenho 01: Dissolução e precipitação de calcita num perfil cárstico

1 – estalagmite, 2 – estalagmite tipo vela, 3 – estalactite tipo canudo, 4 – estalactite, 5 – cortina com estalactite, 6 – coluna, 7 – excêntricos (helictite), 8 – represa de travertino com cristais de calcita subaquática

Existem também as cavernas formadas por processos mecânicos. São cavidades formadas pelo fraturamento da rocha (fendas e diáclases) e as formadas pelo processo físico de abrasão, a exemplo das formadas pela ação das ondas do mar. Diversos são os exemplos desse tipo de cavidade no Brasil: Gruta que Chora em Ubatuba/SP, Gruta da Ilha do Mel no Paraná, Gruta de Torres no Rio Grande do Sul, Gruta azul no Rio de Janeiro, entre outras (LINO, 2001). O processo mecânico também é responsável pela formação das cavidades em outros tipos de rochas não carbonáticas como o granito e o gnaisse. No entanto, são os processos químicos os principais responsáveis pela formação da grande maioria das cavernas conhecidas.

Lino (2001), ressalta que inúmeras feições cársticas são observadas em rochas não carbonáticas, a exemplo das areníticas e quartzíticas, propondo que o termo carste abranja

também as litologias que apresentam essas feições. Este autor cita cavernas em diversos tipos de rochas, entre elas o gesso, sal, arenito, quartzito, ferro, granito e gnaiss. Entretanto, é o calcário a rocha mais propícia a formação de cavernas.

Em um processo, se é que podemos dizer inverso ao da dissolução, ocorre a precipitação da calcita. Ainda segundo Lino (2001), quando o bicarbonato de cálcio transportado em solução emerge no teto da caverna, através das fraturas, passa a ficar sujeito a outra condição ambiental, com alteração de temperatura, pH e pressão de CO<sub>2</sub>, desequilibrando quimicamente a solução com liberação de CO<sub>2</sub> e conseqüente precipitação de parte do carbonato. Assim, formam-se os espeleotemas, que ele define como “[...] deposições de minerais secundários no espaço de uma caverna previamente aberta” (LINO, 2001, p. 124).

Berbert-Born, Horta e Dutra (1998) esclarecem acerca da grande diversidade de formas dos espeleotemas. Essa diversidade dependerá da velocidade de escoamento da água, da morfologia de paredes, tetos e pisos, da própria natureza da rocha em termos estruturais e mineralógicos, das variações no comportamento da água, nas condições atmosféricas internas e externas, entre outras. Guimarães (1966 apud LINO, 2001), propõe o agrupamento dos espeleotemas em três grupos: os depósitos de águas circulantes, os de águas estagnadas e os de exsudação. Os depósitos de águas circulantes incluem os espeleotemas formados pela deposição dos minerais encontrados nas águas saturadas circundantes na caverna por força da gravidade e que se desenvolvem por gotejamento, escorrimento ou turbilhonamento. Nesse grupo destacam-se as estalactites, cortinas, estalagmites, cálices, colunas, trompas, represas de travertinos, entre outros (Fotografias 01 e 02). Nos depósitos de exsudação encontram-se os espeleotemas formados quando a solução aquosa circula por capilaridade, lenta e descontinuamente, pelos poros da rocha ou pelos vazios intercristalinos de espeleotemas, aí destacam-se as helictites, agulhas de aragonita, flores de cavernas, flores de gipsita, cabelo de anjo, agulhas de gipsita, coralóides, pinheiros, folhas de calcita, esferas e cotonetes (Fotografia 03). O terceiro grupo inclui os depósitos de águas estagnadas, no qual encontram-se os espeleotemas formados da deposição de minerais em represamentos de águas. Nesse grupo destacam-se os geodos de calcita, dente de cão, pirâmides, triângulos e estrelas de calcita, jangadas, bolhas de calcita, clavas, espigas, castiçais, concreções, pérolas e vulcões (Fotografia 04). A essa classificação, Lino (2001), acrescenta os espeleotemas de depósitos de origem biológica (biotemas). São formados pela ação de animais ou vegetais que ocorrem em cavernas apresentando-se tanto em forma deposicionais ou erosionais. Destaca-se aí o leite de lua. Outro grupo são os de origem mista, ou seja, os resultantes da

atuação simultânea ou seqüencial de vários mecanismos de formação. O destaque desse grupo são anemolites e as estalactites esféricas.



Foto: Jocy Cruz (set/2006).

**Fotografia 01: Colunas, estalactites e estalagmites,  
Gruta do Trapiá, Felipe Guerra/RN**



Foto: Diego Bento (jan/2008).

**Fotografia 02: Travertinos, Lapa dos Brejões, Brejões/BA**



Foto: Jocy Cruz (set/2006).

**Fotografia 03: Helictites, Gruta dos Anjos, Januária/MG**



Foto: Jocy Cruz (jan/2007).

**Fotografia 04: Perolas de caverna,  
Gruta das Pérolas, Felipe Guerra/RN**

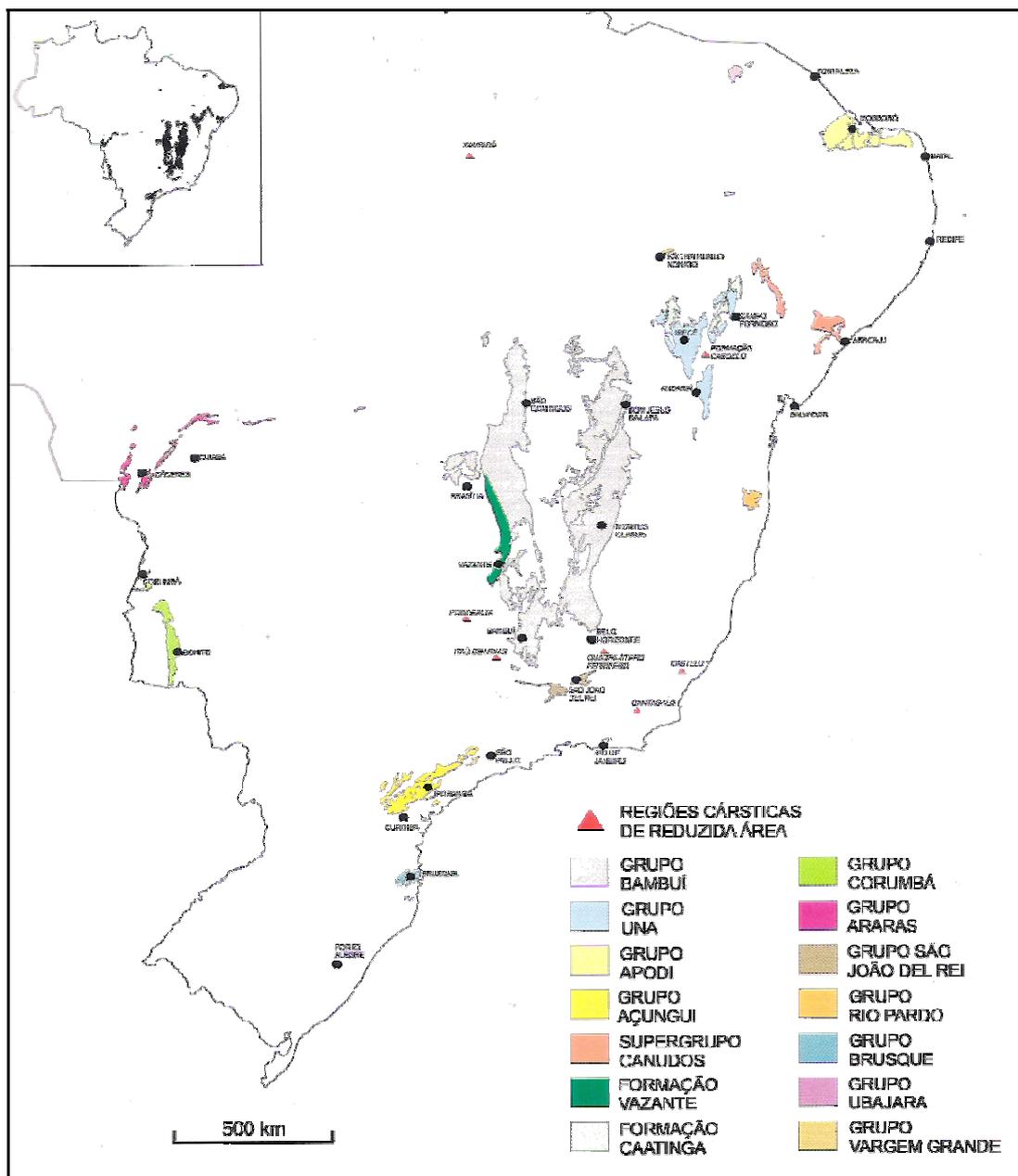
### **1.1.1 O Patrimônio Espeleológico Brasileiro**

A definição de caverna independe de seu desenvolvimento ou volume, e ultrapassa os limites das rochas carbonáticas. Nela, está incluso as ocorrências de cavernamento em outras litologias, como o granito, o quartzito, o ferro, etc. Karmann (2001, p. 132) define caverna como sendo todas as “cavidades naturais com dimensões que permitam o acesso ao ser humano” fazendo “parte do sistema de condutos e vazios característicos das rochas carbonáticas”. Definição também adotada pela União Internacional de Espeleologia (UIS). Segundo o Decreto Lei n. 99.556 de 1<sup>o</sup> de outubro de 1990, em seu Artigo primeiro, parágrafo único, cavidade natural subterrânea é

[...] todo e qualquer espaço subterrâneo penetrável pelo homem com ou sem abertura identificada, popularmente conhecido como caverna, incluindo seu ambiente, conteúdo mineral e hídrico, a fauna e a flora ali encontrados e o corpo rochoso onde os mesmos se inserem desde que a sua formação haja ocorrido por processos naturais, independentemente de suas dimensões ou do tipo de rocha encaixante. Nesta designação estão incluídos todos os termos regionais, tais como gruta, lapa, toca, abismo, furna e buraco (BRASIL. Decreto Lei 99.556/90).

No entanto, são nos carbonatos que desenvolvem-se a maioria das cavernas – mais de 90% das cavernas conhecidas no planeta ocorrem em carbonatos. Segundo Karmann (2001), de 5 a 7% do território brasileiro é ocupado por carste carbonáticos, sendo as maiores áreas ocupadas por rochas dos Grupos Bambuí e Una, do Neoproterozóico. Auler, Rubbioli e Brandi (2001), identificam as 14 principais regiões cársticas carbonáticas no Brasil, além de inúmeras outras de dimensões reduzidas (Cartograma 02). O Grupo Bambuí, mais extensa ocorrência de calcário do Brasil, cobre a porção noroeste do Estado de Minas Gerais, sudeste de Tocantins e oeste da Bahia. Já o Grupo Una, ocorre na região central da Bahia. É no Una que está inserida a maior caverna conhecida do Brasil, a Toca da Boa Vista, com 106 km de galerias mapeadas – no rol das maiores cavernas do mundo a Toca, como é carinhosamente chamada pelos espeleólogos, está entre as 20 maiores, sendo a maior do hemisfério sul. Entre as cavernas hipogênicas ela é a maior do mundo.

Auler, Rubbioli e Brandi (2001) ressaltam que o Brasil também possui grandes áreas de rochas siliciclásticas (rochas quartzíticas e areníticas) dotando-o, possivelmente, do maior potencial espeleológico do mundo nestas rochas.



Fonte: Auler, Rubbioli e Brandi (2001).

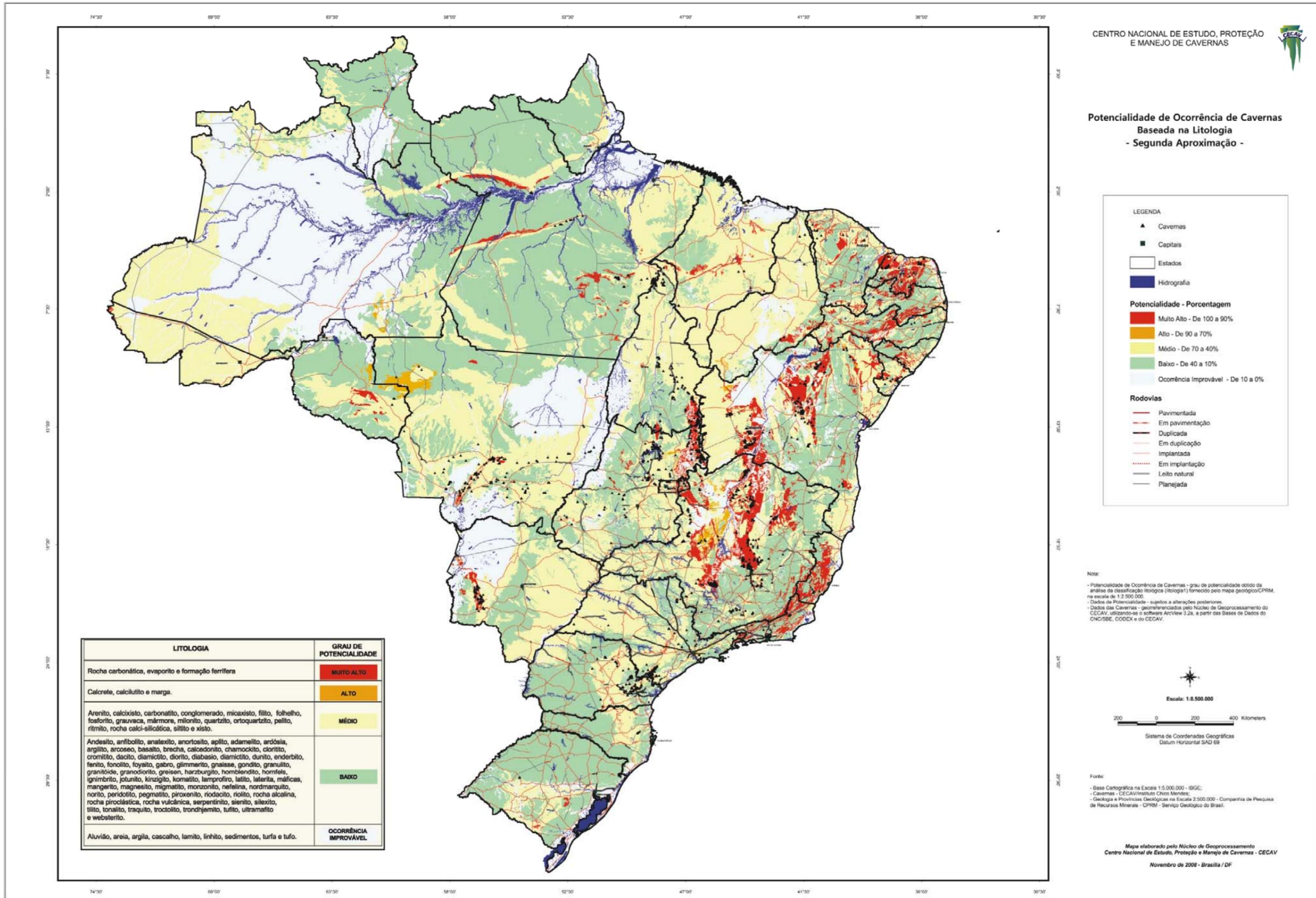
### Cartograma 02: Regiões cársticas carbonáticas no Brasil

A medida que os estudos espeleológicos se desenvolvem, mais evidente fica a potencialidade brasileira para a ocorrência de cavernas. Recentemente o CECAV elaborou o mapa de Potencialidade de Ocorrência de Cavernas – primeira aproximação (Mapa 01). O mapa foi elaborado fazendo uso das geotecnologias, e levou em consideração os diversos estudos relacionados às cavidades naturais subterrâneas e os dados levantados pela comunidade espeleológica brasileira. Foram analisadas as classificações litológicas disponíveis no mapa geológico digital do Serviço Geológico do Brasil (SGB), na escala de 1:2.500.000. Foram definidas cinco classes (Muito Alta, Alta, Média, Baixa e Ocorrência



Improvável) de potencialidade de ocorrência de cavernas no Brasil. As classificações estão baseadas em estudos que revelam a viabilidade da existência de carste e nos dados de ocorrência de cavernas prospectadas e cadastradas pela comunidade espeleológica brasileira e geoespacializadas pelo Núcleo de Geoprocessamento do CECAV. Na classificação “Muito Alta”, predominam rochas calcárias, onde está localizada a maioria das 6.040 cavernas conhecidas atualmente. Esses estudos mostram que cerca de 3,94% do território nacional têm um grau de potencialidade espeleológica “muito alto”, isso equivale a uma área de 332.579.342.357m<sup>2</sup>; 0,52% é classificada como tendo “alto” grau de potencialidade, equivalente a 43.847.303.826m<sup>2</sup>; 36,29% possui um “médio” grau de potencialidade, correspondente a 3.061.100.053.768m<sup>2</sup>; as áreas de “baixo” grau de potencialidade representam 36,46%, 3.075.093.397.859m<sup>2</sup>; os outros 1.922.650.911.237m<sup>2</sup>, cerca de 22,79% do território brasileiro, são áreas consideradas de ocorrência improvável (IBAMA.CECAV, 2008b) (Mapa 01).

Vários bancos de dados de cavernas existem no Brasil, o mais antigo é o Cadastro Nacional de Cavernas (CNC), mantido pela Sociedade Brasileira de Espeleologia (SBE). Nele estão cadastradas 4.491 cavernas, sendo 3.337 em rochas calcárias. Infelizmente este cadastro apresenta sérios problemas quanto a confiabilidade de seus dados, tendo em vista o amadorismo de alguns grupos de espeleologia que cadastram “errado”, visando, unicamente, ter seu nome entre as estatísticas dos que mais efetuaram cadastro de cavernas. Logo no início deste século, foi criado o CODEX, cadastro mantido pela RedeSpelo Brasil, cuja proposta é corrigir os erros encontrados no CNC. Atualmente, o CODEX encontra-se com 3.781 cavernas cadastradas. Buscando corroborar com a qualidade da informação espeleológica, principalmente no que tange à localização geoespacial das cavidades naturais subterrâneas, o CECAV vem, desde 2005, sistematizando os dados levantados por suas Bases Estaduais e Avançadas, e os existentes nos cadastros privados, assim como validado, *in loco*, as coordenadas de localização das cavernas. Segundo o CECAV, até o momento, os dados compilados permitem afirmar que são conhecidas 6.040 cavernas em todo o território nacional, destacando-se os Estados de Minas gerais, Goiás, Pará e São Paulo com: 2.284, 689, 467 e 441 cavernas, respectivamente (IBAMA.CECAV, 2008a).



Fonte: IBAMA/CECAV, 2008b.

**Mapa 01: Mapa de potencialidade de ocorrência de cavernas do Brasil**

No que diz respeito ao Estado do Rio Grande do Norte, os dados mais consistentes sobre o patrimônio espeleológico estadual compõem a Base de Dados Georreferenciados das Cavidades Naturais Subterrâneas do Estado do Rio Grande do Norte (GEOCAVE), gerenciada pelo Núcleo do CECAV no Estado, possui registradas 256 cavidades, sendo: 182 cavernas, 45 abrigos, 26 abismos e 03 dolinas. Atualmente, é o segundo Estado nordestino com o maior número de cavernas conhecidas, atrás somente da Bahia. Seguindo a tendência nacional, 89,06% das cavidades potiguares ocorrem nos calcários da Formação Jandaíra; 7,03% desenvolvem-se nos Mármoreos da Formação Jucurutu; 3,52% em granitos e apenas 0,39% em arenitos (CRUZ et al., 2008).

As estatísticas espeleológicas brasileiras são expressivas. Auler (2006), ressalta que são conhecidas cerca de 3% do provável potencial de cavernas em rochas carbonáticas do Brasil, menos de 1% dos quartzitos e arenitos, aproximadamente 20% dos minérios de ferro e menos de 10% das outras litologias.

Esses dados nos levam a refletir sobre a necessidade de desenvolvimento de técnicas e metodologias capazes de garantir a qualidade da informação espeleológica. Atualmente existem muitas inconsistências devido a falta de padronização, normatização de procedimentos e métodos. Como frisado anteriormente, o desenvolvimento do modelo de produção capitalista, principalmente na sua fase atual, tem aumentado exponencialmente a pressão sobre o patrimônio espeleológico nacional. Atividades como a mineração, construção de reservatórios e barragens, urbanização e industrialização, desmatamentos e atividades agropastoris e turismo, são citadas por Auler (2006), como as que mais impactam cavernas no Brasil, estando os maiores conflitos na atividade minerária.

Dessa forma, faz-se necessário o desenvolvimento de metodologias de campo que facilitem a análise de Estudos de Impacto Ambiental (EIA), e respectivos Relatórios de Impacto Ambiental (RIMA), exigidos quando do licenciamento de empreendimentos potencialmente lesivos as cavidades naturais subterrâneas, garantindo sua proteção e preservação conforme legislação vigente.

## **1.2 Ficha de Caracterização de Caverna**

Entende-se por caracterização de caverna uma análise detalhada da cavidade. Para Dias (2003), a caracterização espeleológica difere de uma descrição pela sua abrangência, visto que uma descrição inclui somente os dados básicos para identificação da cavidade. Já a caracterização deve contemplar todas as suas feições: geológicas, geomorfológicas,

pedológica, climatológica, biológica, etc. Cabe ressaltar que um levantamento espeleológico estará incompleto caso não contemple os aspectos sócio-econômicos.

Os dados levantados durante a caracterização da cavidade têm diversas finalidades. Entre elas, destacamos o subsídio para a gestão pública, inerente ao estado, desse patrimônio – por exemplo: os processos de licenciamento ambiental, ações fiscalizatórias, definição de áreas prioritárias para preservação e manejo espeleológico. Estes dados alimentam cadastros de cavernas mantidos por entidades da área, sendo consultados por pesquisadores em busca de informações que possam ajudar na sua pesquisa. Muitas vezes, buscam informações que lhe auxiliem na definição de quais cavernas irão estudar – se esta ou aquela caverna apresenta as características necessárias para a pesquisa. Assim, tão importante quanto a definição dos dados a serem levantados, é ser criterioso na aplicação das metodologias e técnicas para a realização dos levantamentos, dando-lhes confiabilidade.

Como caracterizar uma caverna? Quais dados devem ser coletados? São perguntas que demandam um esforço de grande magnitude para respondê-las. A transversalidade do tema já é, por si só, um dos complicadores. Nesse intuito, o CECAV através de sua Base no Rio Grande do Norte, vem estudando e desenvolvendo uma metodologia capaz de dar conta dessa tarefa. Os esforços culminaram, em 2007, no IX Encontro Técnico do CECAV, realizado no Centro de Treinamento do IBAMA, em Brasília/DF. Neste evento, as diversas áreas do conhecimento, afins a espeleologia, fizeram-se presentes através do corpo técnico do CECAV, seus consultores e de pesquisadores convidados. Cabe destacar as valorosas contribuições de Daniela Cunha Coelho, Franciane Jordão, Guilherme Vendramini, Julio César Linhares, Rita Surrage, André Cadamuro, Joyce Pinheiro, Danilo Furtado, Eleonora Trajano, Augusto Auler e, em especial, Mylene Berbet-Born.

A proposta que deu início as discussões desse Encontro Técnico, foi desenvolvida concomitantemente aos trabalhos de concepção do Cadastro Nacional de Informações Espeleológicas (CANIE), instituído pela Resolução CONAMA n°. 347/2004. O CANIE foi desenvolvido a partir do EspeleoInfo, um cadastro de cavernas desenvolvido pela Base do CECAV de Minas Gerais, cuja concepção foi baseada na Base Cave, sistema de informações espeleológicas desenvolvido pela Companhia de Recursos Minerais (CPRM). Após dez dias de intenso trabalho, dos quais dois em campo, definiu-se como uma caverna deve ser caracterizada e quais feições deverão ser observadas.

A Ficha de Caracterização de Caverna (ANEXO A), obedece a metodologia de caracterização de caverna aprovadas naquele encontro técnico, tendo sido desenvolvida integrada ao CANIE e ao Sistema de Informações Geográficas de Cavernas (EspeleoGis)

(melhor detalhado no capítulo 3). A ficha foi elaborada de forma a facilitar o levantamento dos dados em campo e a alimentação da base de dados através de seu módulo mdb. Está dividida em três partes: inicialmente, têm-se os dados de identificação e de localização da caverna, em seguida os dados relativos aos aspectos sócio-ambientais, que envolvem a cavidade, passando para a caracterização de suas entradas. Têm-se então, o levantamento das feições internas, aí estão contemplados os aspectos geológicos, geomorfológicos, bioespeleológicos, hidrológicos e climatológicos da caverna. Cada um desses aspectos poderá ser detalhado, levando-se em conta a caverna como um todo, ou em partes, ou seja, por ambientes predominantes (AP). A concepção de AP está correlacionada com a de zonas homólogas, onde as áreas delimitadas são constituídas por propriedades qualitativas semelhantes. Soares e Fiori, 1976 e Zuquette, 1993 (apud SILVA, 2007), afirmam que as unidades definidas levam em consideração a homogeneidade relativa a um grupo de atributos pré-definidos e compatíveis; e a heterogeneidade aceitável, que envolve atributos que, dentre eles, podem apresentar incompatibilidade com a unidade analisada.

Para a caracterização da caverna, o rigor metodológico do levantamento e o preenchimento da ficha são fundamentais. É preciso atentar para os parâmetros, quando necessário, e fazer uso da expressão “NO” (Não Observado), usada nos campos cujos dados não foram observados, assim, será possível distinguí-los dos dados inexistentes, que ficarão em branco. Já os campos marcados com asterisco, representam os dados obrigatórios a serem levantados, e correspondem às informações mínimas exigidas para o cadastramento da caverna no CANIE. As seções da ficha são compostas pelos campos descritos a seguir:

### **Parte 1 – Identificação e Localização**

Nome das cavernas:

Segundo a UIS, os critérios para escolha do nome para uma caverna devem seguir a seguinte prioridade: nome pelo qual a caverna é conhecida na região; nome da localidade, fazenda ou acidente geográfico próximo; nome de características peculiares encontradas na exploração da caverna; nome do informante ou sitiante na região, por fim, outro nome qualquer.

Referência:

Referência da caverna em outros cadastros, por exemplo, o Cadastro Nacional de Cavernas (CNC-SBE), Codex da RedeSpeleo Brasil, entre outros.

Data:

Data em que o levantamento está sendo realizado

Município/UF:

Município e Estado onde a caverna está localizada.

Localidade:

Distrito ou vilarejo onde a caverna está localizada.

Autor das informações:

Nome do responsável pelo levantamento.

Tabela de identificação:

Identificar, nomeando cada entrada, e correlacionar com a numeração existente na coluna “Ent.”. Informar também: a altitude, o erro do GPS, o número de satélites, o Datum (utilizar o WGS-84), a Longitude e a Latitude (utilizar coordenadas geográficas).

Acesso:

Assinalar pontos de referência existentes nas vias de acesso à caverna.

Detalhe do Local:

Descrição física do local onde a caverna está inserida.

Croqui de acesso:

Local reservado para o desenho do croqui de acesso à caverna. Cabe ressaltar que este campo será utilizado, em muitos casos, para apoio ao mapeamento do acesso realizado com aparelho receptor GPS.

Bacia hidrográfica:

Nome da bacia hidrográfica da qual a caverna faz parte.

Litologia dominante:

Informar a litologia dominante da área onde a caverna esta inserida.

Unidade geológica:

Informa a unidade geológica com o maior número de detalhes.

Dificuldades externas:

Assinalar as dificuldades relativas a entrada da caverna. As opções predefinidas são: teto baixo, blocos instáveis, trechos escorregadios, rastejamento, natação, lances verticais, passagem em cursos d’água, quebra-corpo, sifão, cachoeira, nenhuma dificuldade. Caso exista alguma dificuldade não listada informar no campo outras.

## **Parte 2 – Aspectos Sócio-Ambientais**

### Tabela propriedade:

Na coluna “Ent.” está a numeração das entradas identificadas anteriormente na “tabela identificação”. Na coluna “local” deve ser colocado o nome da propriedade onde está localizada a entrada. Em seguida, o proprietário ou responsável ou o contato e a atividade econômica da propriedade.

### Uso da caverna:

Selecionar o(s) tipos de uso(s) da caverna: religioso, científico/ cultural, minerário, pedagógico, esportivo ou turístico, neste caso especificar se é turismo incipiente, de massa, de aventura, mergulho ou rapel. Identificar também o responsável pela atividade e assinalar a existência ou não de envolvimento da comunidade, especificando, em seguida, como esta utiliza os recursos ambientais cavernícolas em seu benefício.

### Áreas protegidas:

Informar se a caverna esta localizada dentro de unidade de conservação federal, estadual ou municipal, ou se em sua zona de amortecimento.

### Comunidade:

Identificar o nome da comunidade mais próxima da caverna e especificar a distância até ela, qual a economia predominante e o seu número de habitantes.

### Uso e ocupação do solo:

Informar que tipo de uso e/ou ocupação é dado ao solo da área de influência da caverna.

### Infra-estrutura externa:

Assinalar quais as instalações existentes na parte externa da caverna: portão, roleta, condutor de visitante e receptivo, neste caso, se nele existe banheiros, mapas, restaurantes, lanchonetes, salas de eventos, palestras, pousadas ou outros equipamentos. Caso exista alguma dificuldade não listada, informar no campo outras.

## **Parte 3 – Características da Entrada**

### Situada em:

Informar onde está localizada a entrada da caverna, se em um maciço aflorante, afloramentos menores, paredão, canyon, dolina, entre blocos, na mata, no pasto ou outras opções não listadas.

Na coluna “Ent.” informar se a localização é referente a entrada I, II, III ou IV, conforme a identificação feita na “tabela identificação”

**Posição:**

Informar onde está posicionada a entrada da caverna e o respectivo número da entrada, na coluna “Ent.”. Ex: se a entrada 1 está localizada em um maciço aflorante, informar se na base, meia altura ou no topo desse maciço. Caso seja em uma dolina, essas informações serão referentes à dolina.

**Hidrografia:**

Identificar se a entrada ocorre em uma surgência ou sumidouro e se o curso d’água é intermitente ou perene. Para isso informar na coluna “Ent.” o número da entrada conforme a identificação feita na “tabela Identificação”.

**Posição Vertente:**

Indicar qual a posição da entrada da caverna em relação à vertente, se na base, meia altura ou no topo, e o respectivo número da entrada.

**Dolina:**

Caso a entrada ocorra em uma dolina caracterizá-la quanto a sua projeção horizontal e vertical, além de informar seu diâmetro e sua profundidade. Para isso informar na coluna “Ent.” o número da entrada conforme a identificação feita na “tabela Identificação”.

**Lapiezamento:**

Informar a existência de lapiezamento vertical, horizontal e oblíquo. E se são expressivos ou não.

**Aspectos da vegetação:**

Informar a classificação, mais detalhada possível, chegando até a fitofisionomia, utilizando a classificação do IBGE, de 1992.

**Tabela vegetação:**

Na coluna “Ent.” está a numeração das entradas identificadas anteriormente na “tabela identificação”. Nas colunas “vegetação na entrada” e “Vegetação do entorno” a vegetação deve ser classificada como Arbórea, Arbórea arbustiva, Arbustiva ou Herbácea. Bem como seu estado de conservação.



## Parte 4 – Feições Internas

### \*Desenvolvimento:

Assinalar os campos conforme a classificação da caverna quanto ao seu desenvolvimento predominante, se horizontal, vertical ou misto.

### Estado de conservação:

Assinalar os campos conforme a observação do estado de conservação da caverna: se conservado ou se existe depredação localizada ou intensa.

### Descrição:

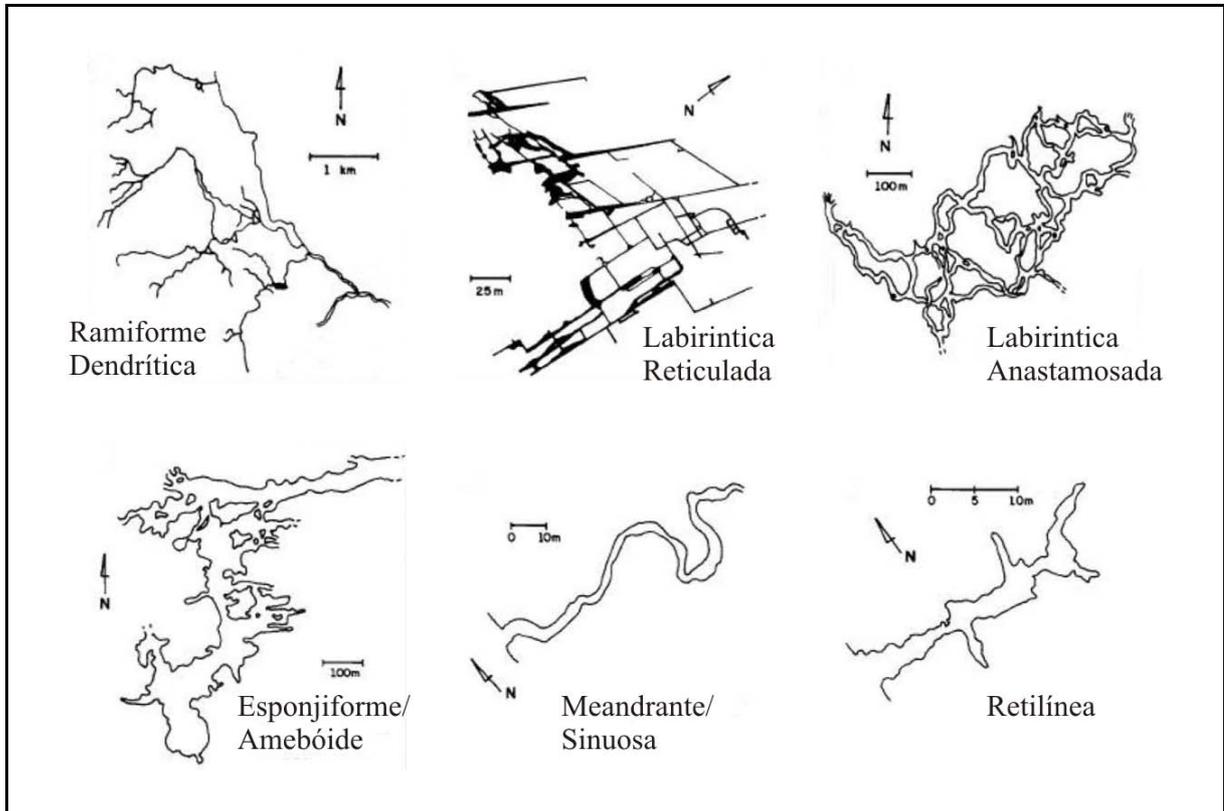
Existindo depredação, descrevê-la.

### Planialtimetria:

São os dados espeleométricos da caverna: desenvolvimento horizontal e desnível, assim como o grau de precisão da topografia e o método utilizado para estabelecê-lo, se o proposto pela *British Cave Research Association* (BCRA) ou pela *Union Internationale de Spéléologie* (UIS). A graduação espeleométrica foi definida no Congresso Internacional da UIS, em 1977. É resultante da combinação de um numeral e uma letra, sendo o numeral relativo ao erro no alinhamento poligonal e pode ser: 1 – desenho executado de memória, 2 – desenho executado no local, 3 – precisão instrumental com erro entre 5° e 10° e erro de posicionamento das bases entre 0,5 a 1m, 4 – precisão instrumental com erro entre 1° a 5° e erro de posicionamento das bases entre 0,1 a 0,5m, 5 – precisão instrumental com erro entre 0,5° a 1° e erro de posicionamento das bases entre 0,05 a 0,1m, 6 – precisão instrumental com erro entre 2' a 0,5° e erro de posicionamento das bases entre 0,01 a 0,05m, 7 – precisão instrumental com erro máximo de 2' e erro de posicionamento das bases de 1cm; a letra corresponde ao detalhamento dos condutos e classifica-se em: A – memória, B – no local, C – a cada base topográfica, D – detalhe morfológico, E – detalhe das feições. A BCRA definiu seus parâmetros de qualificação espeleotopográfico no XIV Congresso Nacional de Espeleologia em 1980. O método também é resultante da combinação de um numeral e uma letra, sendo o numeral relativo ao erro no alinhamento poligonal, podendo ser: 1 – esboço de baixa precisão, 2 – precisão entre 1 e 3, 3 – precisão menor que 2,5° e 0,5m e posicionamento das bases menor que 0,5m, 4 – entre 3 e 5, 5 – precisão menor que 1° e 0,1m e posicionamento das bases menor que 0,1m. As letras estão relacionadas ao detalhamento dos condutos: A – memória, B – na caverna, C – com bases topográficas, D – detalhe morfológico (EGB, 1997).

### Padrão de Galerias:

De posse do mapa topográfico da caverna, assinalar nos campos, conforme classificação abaixo, quanto aos padrões de desenvolvimento de suas galerias (Cartograma 03).



Fonte: Modificado de Berbert-Born, Horta e Dutra, 1998.

### Cartograma 03: Padrões de galerias

#### Nível de desenvolvimento e ambientes predominantes:

Esta seção da ficha está dividida em duas tabelas. Na primeira tabela deve-se identificar os níveis de desenvolvimento (ND) da caverna, partindo-se do princípio de que são níveis topográficos e não genéticos. Esses níveis serão caracterizados depois de subdivididos por ambientes predominantes (AP). Cada nível identificado deverá ser correlacionado a um número, por exemplo. 0 – nível principal, 1 – intermediário, 2 – superior, 3 – inferior, etc. Caso a caverna seja caracterizada como um todo, seleciona-se a opção “indiviso” (I). Na segunda tabela identifica-se os ambientes predominantes (AP) de cada nível. Cada linha desta tabela corresponde a um nível, identificado na primeira tabela por um número, e esse número deverá ser informado na primeira coluna. As colunas seguintes serão utilizadas para identificação dos ambientes

predominantes (AP) dos respectivos níveis, os quais estarão correlacionados aos códigos AP1, AP2, AP3, AP4.

**Descrição:**

Este espaço é reservado para descrição dos ambientes predominantes (AP), nos casos de cavernas não topografadas, visto que, a falta de topografia da caverna inviabiliza a demarcação dos mesmos, no referido mapa topográfico.

**Dificuldades internas:**

Informar quais as dificuldades de locomoção existentes no interior da gruta. As principais opções estão listadas: teto baixo, blocos instáveis, trechos escorregadios, rastejamento, natação, lances verticais, passagem em curso d'água, quebra-corpo, sifão, cachoeira ou nenhuma dificuldade. Caso exista alguma dificuldade não listada, informar no campo outras.

**Infra-estrutura interna:**

Informar as instalações existentes no interior da caverna. Utilizar a codificação: Ferro – F, Madeira – M, Corda – C, e O – Outros, para informar, nos parênteses, o material utilizado para confeccioná-las. As principais opções estão listadas: passarela, corrimão, portão, escada, corda, iluminação artificial, *spits*, nenhuma. Caso exista alguma dificuldade não listada, informar no campo outras.

Os campos a seguir poderão ser preenchidos ou por ambientes predominantes, ou levando em consideração a caverna como um todo, ou seja, caso a opção para caracterizá-la seja “indiviso”.

**Volume:**

Informar a largura e a altura máxima e predominante de cada ambiente predominante (AP) identificado.

**Rio e lago:**

Caso existam rios e lagos, informar por ambiente predominante (AP), se são perenes ou intermitentes, e se existem encachoeiramento, surgência ou sumidouro.

**Água:**

Informar, por ambiente predominante (AP), a ocorrência de: lençol freático indicando com (S), quando superficial e com (P) quando profundo; drenagem, e se intermitente ou perene; sifão, surgência, contribuinte, empoçamento, gotejamento, condensação e enxurrada.

**Rocha sugerida:**

Informar o tipo de rocha em que a caverna se desenvolve. Essa informação pode ser conseguida, com mais precisão, em um mapa geológico.

**Litologia:**

Esta tabela está dividida em três seções para descrição das características da rocha. Deverá ser preenchida por ambiente predominante (AP), e segundo a legenda:

**Mineralogia e Textura:**

Efervescência: (+) se for muita, (-) se for pouca, (0) se não ferve.

Cor: (C) – clara, (E) – escura.

Granulometria: (G) – grossa, (F) – fina.

Friável: se a rocha é ou não friável (sim ou não)

Nódulos: (S) – sílica, (P) – pretos.

**Estrutura:**

Maciço: Se a rocha é maciça.

Laminado: se a rocha for laminada, informar se: (I) – inclinado, (SH) – sub-horizontal, (SV) – sub-vertical, ou a atitude (Azimute/mergulho do plano. Ex: 230/30 – 230 é o azimute e mergulha 30 graus).

Foliação: plano de deformação (sim ou não).

Ondulado: sim ou não.

Dobrado: sim ou não.

**Faturas:**

Alinhada com galeria: sim ou não.

Transversal com galeria: sim ou não.

Atitude: Azimute/mergulho do plano

Densidade: quantidade de fraturas por metro.

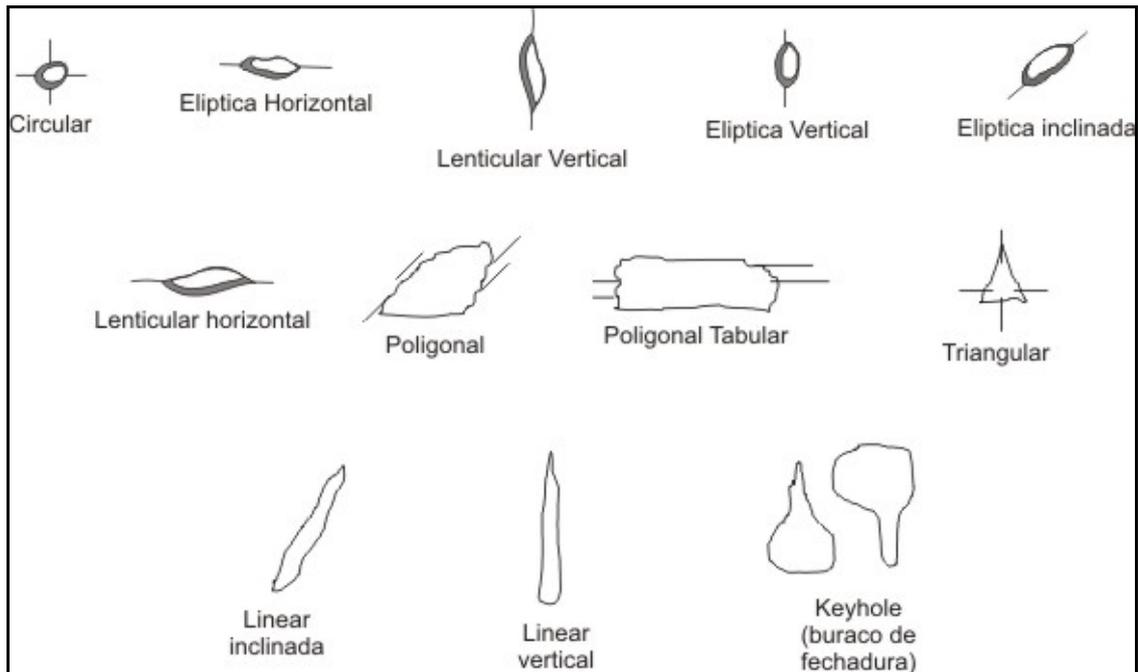
Abertas: largura, em centímetros, da abertura.

Fechadas: sim ou não.

Preenchidas: sim ou não.

**Seção:**

Classificar as seções verticais dos ambientes predominantes (AP) conforme a classificação do Desenho 02.



Fonte: Modificado de Berbert-Born, Horta e Dutra, 1998.

### Desenho 02: Classificação de seções verticais

#### Solos:

Informar as características do solo de cada ambiente predominante (AP), indicando se é: estratificado (em camadas), caótico, argiloso ou arenoso, e se está localizado ou generalizado, ou se é orgânico.

#### Granulometria:

Classificar os sedimentos clásticos, por ambiente predominante (AP), quanto a granulometria em: Argila –  $< 0,002$ ; Silte –  $0,002$  a  $0,05$ ; Areia –  $0,05$  a  $2$  mm; grânulo –  $2$  a  $4$  mm, seixo –  $4$  a  $64$  mm e calhau –  $64$  a  $256$  mm.

#### Blocos Abatidos:

Classificar os blocos abatidos quanto ao formato em: cúbicos, tabulares ou irregulares e informar, por ambiente predominante (AP), suas dimensões conforme a legenda:  $>4$  – diâmetro maior que 4 metros; 1-2 – entre 1 e 2 metros;  $<1$  – menor que 1 metro; acrescido da letra “e” se o mesmo estiver sob espeleotemas.

Informar também se são estáveis ou instáveis. Ocorrendo em pilhas, informar a largura e a altura da pilha, por exemplo: 10/4 – 10 metros de largura e 4 de altura.

#### Tabela espeleotemas:

Informar os tipos de espeleotemas, seu porte (milimétrico, centimétrico ou métrico), a frequência / distribuição, o estado de conservação, e na coluna “N/AP” o nível e o ambiente predominante em que ocorre.

**Condições atmosféricas:**

Tabela destinada aos valores de medições de temperatura, umidade, gás carbônico, pressão atmosférica e corrente de ar. Na primeira parte da tabela deverão ser colocados os valores obtidos nas colunas referentes ao ambiente predominante (AP) onde foi coletado o dado. Na segunda parte, o horário e o local da coleta.

**Arqueologia:**

Informar a ocorrência de vestígios arqueológicos, e em que nível e ambiente predominante (N/AP) ocorrem, o local, o estado de conservação e a frequência.

**Paleontologia:**

Informar a potencialidade, evidência ou existência de jazigo fossilífero; em que nível e ambiente predominante (N/AP) eles ocorrem; o local, e se a informação está descrita em alguma bibliografia.

**Morcegos:**

Informar a presença de morcegos, por ambiente predominante (AP), conforme a legenda: (I) – Indivíduo = 1; (G) – Grupo = 1 a 9 indivíduos; (C) – Colônia > 10 indivíduos; (CG) – Colônia Grande >50 indivíduos.

**Guano:**

Informar a existência de guano, por ambiente predominante (AP), conforme a legenda: (SM) – seco mancha; (SE) – seco esparso; (UM) – úmido mancha; (UE) – úmido esparso.

**Outros:**

Outras ocorrências menos comuns, deve ser informado a descrição ou identificação, o nível e o ambiente predominante (N/AP).

**Invertebrados terrestres:**

Informar a ocorrência de invertebrados terrestres conforme a legenda: (R) raro – um ou outro exemplar observado; (PC) pouco comum – até 10 exemplares; (C) comum – dezenas a centenas; (MC) muito comum – milhares.

**Invertebrados aquáticos:**

Informar a ocorrência de invertebrados aquáticos conforme a legenda: (R) raro – um ou outro exemplar observado; (PC) pouco comum – até 10; (C) comum – dezenas a centenas; (MC) muito comum – milhares.

**Observações:**

Espaço destinado a observações complementares e/ou para suprir eventuais falta de espaço nos campos da ficha.

---

## CAPITULO 2

### Sistemas de informações geográficas



Foto: Joey Cruz (jan/2006). Rio Apodi-Mossoró. Felipe Guerra/RN

## 2.1 Sistema de Informações Geográficas

Os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) ou *Geographic Information System* (GIS), são sistemas que “[...] realizam o tratamento computacional de dados geográficos” (QUEIROZ; FERREIRA, 2006, p. 5). Para esses autores, a principal diferença de um SIG para um sistema convencional, é sua capacidade de armazenar, tanto os atributos descritivos como as geometrias, ou seja, os dados geográficos. Segundo Maguire, Goodchild e Rhind (1991), os SIGs são sistemas computacionais capazes de capturar, armazenar, consultar, manipular, analisar e imprimir dados referenciados espacialmente em relação à superfície da Terra. Os SIGs permitem, ao usuário, a manipulação de dados espaciais e a realização de operações com estes dados. Integram três aspectos distintos da tecnologia computacional: os Sistemas de Gerenciamento de Banco de Dados – dados estes, gráficos e não gráficos; procedimentos para obtenção, manipulação, exibição e impressão de dados com representação gráfica; e algoritmos e técnicas para análise de dados espaciais (ROCHA, 2008). Isso permite que a aplicabilidade desses sistemas, abranja diferentes enfoques. Um deles está voltado para um Sistema Gerenciador de Banco de Dados Geográfico (SGBDG), que integra atributos qualitativos a dados espaciais, permitindo analisá-los; outro enfoque, é a abordagem voltada para as ferramentas e algoritmos de manipulação de dados geográficos, no intuito de produzir mapas, fato considerado por alguns como subutilização do sistema, tendo em vista seu potencial de análise de dados e a existência de *softwares* especialmente desenvolvidos para a produção de mapas.

O desenvolvimento dos SIGs tem seu passado na própria evolução da cartografia e do gerenciamento de informações geográficas. Já em meados do século XVIII os primeiros mapas de precisão começavam a ser produzidos evoluindo até a informatização do século XX. Para Silva (2003), três fatores se destacam entre os que reacenderam a questão da análise de dados espaciais no século XX: os avanços tecnológicos, o refinamento das técnicas cartográficas e a revolução quantitativa dos dados espaciais. Contudo, é na década de 1950, nos Estados Unidos e na Inglaterra, que ocorrem as primeiras tentativas de automatizar o processamento de dados espaciais objetivando a redução de custos com esses serviços. Na década de 1960, surgem os primeiros SIGs, entre os quais se destacam: o *Canadian Geographic Information System* (CGIS), implementado em 1964 no Canadá, o *New York Land Use and Natural Resources Information System* (LUNR), em 1967, e o *Minnesota Land Management Information System*, em 1969 (SILVA, 2003). A aplicação era restrita a agências federais e estaduais dos governos canadense e norte-americano, tendo em vista os altos custos e as dificuldades de implementação – problemas de capacidade de



armazenamento e de velocidade de processamento eram os maiores empecilhos para uma solução comercial, pronta para o uso. O desenvolvimento de novos *hardwares*, durante a década de 1970, possibilitou o surgimento dos sistemas comerciais. É nessa mesma década que surgem os primeiros sistemas comerciais dedicados a produção de desenhos e plantas para engenharia, os *Computer Aided Design* (CAD) – projeto assistido por computador – que tornar-se-iam a base para os primeiros sistemas de cartografia automatizada (CÂMARA; DAVIS, 2001).

A partir da década de 1980, as técnicas de geoprocessamento ganham um ritmo acelerado de desenvolvimento impulsionado pela “revolução da informática”, a vulgarização do microcomputador e, posteriormente, pelo Sistema de Posicionamento Global (GPS). Nas décadas seguintes, a cartografia entrou definitivamente na era digital e diversos SIGs comerciais são desenvolvidos (Quadro 01), entre eles: o *DBMapa* da *MaxiData*, *GeoMedia* da *Intregraph*, *Idrisi32* da *ClarckLabs*, *MapInfo* da *MapInfo Corporation*. Cabe destacar o *Spring*, desenvolvido pelo INPE e distribuído gratuitamente, e o *ArcGis*, desenvolvido pela *Environmental Systems Research Institute* (ESRI) que, acompanhando a evolução das geotecnologias, incorporou novas funções de análise espaciais e de produção cartográfica e melhorou sua interface gráfica, facilitando o uso dos seus aplicativos, assim, ampliou seu rol de aplicações tornando-se o SIG de mercado mais popular na atualidade (Quadro 01).

**Quadro 01: Sistemas GIS mais comuns no mercado brasileiro**

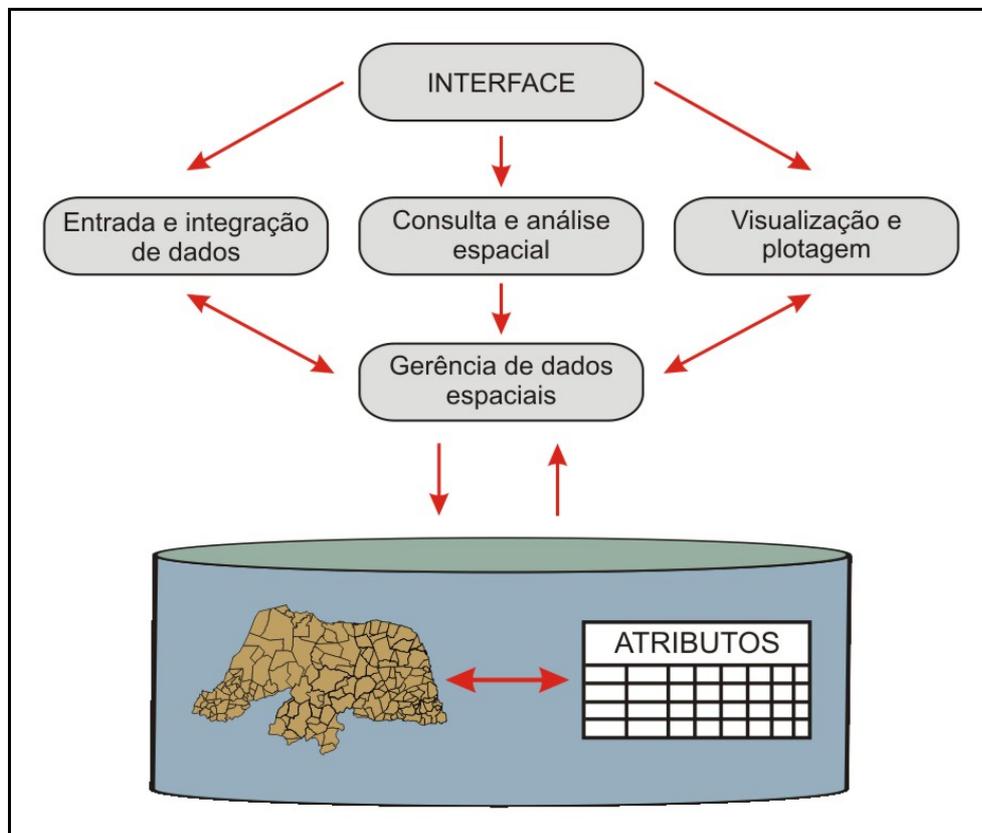
GIS	Fabricante	Sist. Operacional
ArcGis	Esri	Windows e Unix
AutoDesk Map	Autodesk	Windows
dbMapa	MaxiData	Windows
GeoMedia	Intregraph	Windows
Idrisi32	ClarkLabs	Windows
mapInfo	MapInfo Corporation	Windows
MapPoint	Microsoft	Windows
MGE	Intergraph	Windows e Workstation
SPRING	INPE	Windows, Unix, Linux e SunSolaris
TransCAD	Caliper Corporation	Windows
Vision	Autodesk	Workstation
Smallword GIS	GENetwork Solutions	Windows e Workstation

Fonte: Adaptada de Araujo, 2008.

## 2.2 Estrutura de um SIG

Para Câmara (1995), um SIG é composto, de uma forma mais abrangente, de uma interface com o usuário, mecanismos de entrada e de integração de dados, funções de consulta e análise espacial, visualização e plotagem, e armazenamento e recuperação de dados (Esquema 01). Segundo esse autor, os componentes relacionam-se hierarquicamente.

[...] No nível mais próximo ao usuário, a interface homem-máquina define como o sistema é operado e controlado. No nível intermediário, um SIG deve ter mecanismos de processamento de dados espaciais (entrada, edição, análise, visualização e saída). No nível mais interno do sistema, um sistema de gerência de bancos de dados geográficos oferece armazenamento e recuperação dos dados espaciais e seus atributos (CÂMARA, 1995, p. 11).



Fonte: Adaptada de Câmara e Queiroz, 2004.

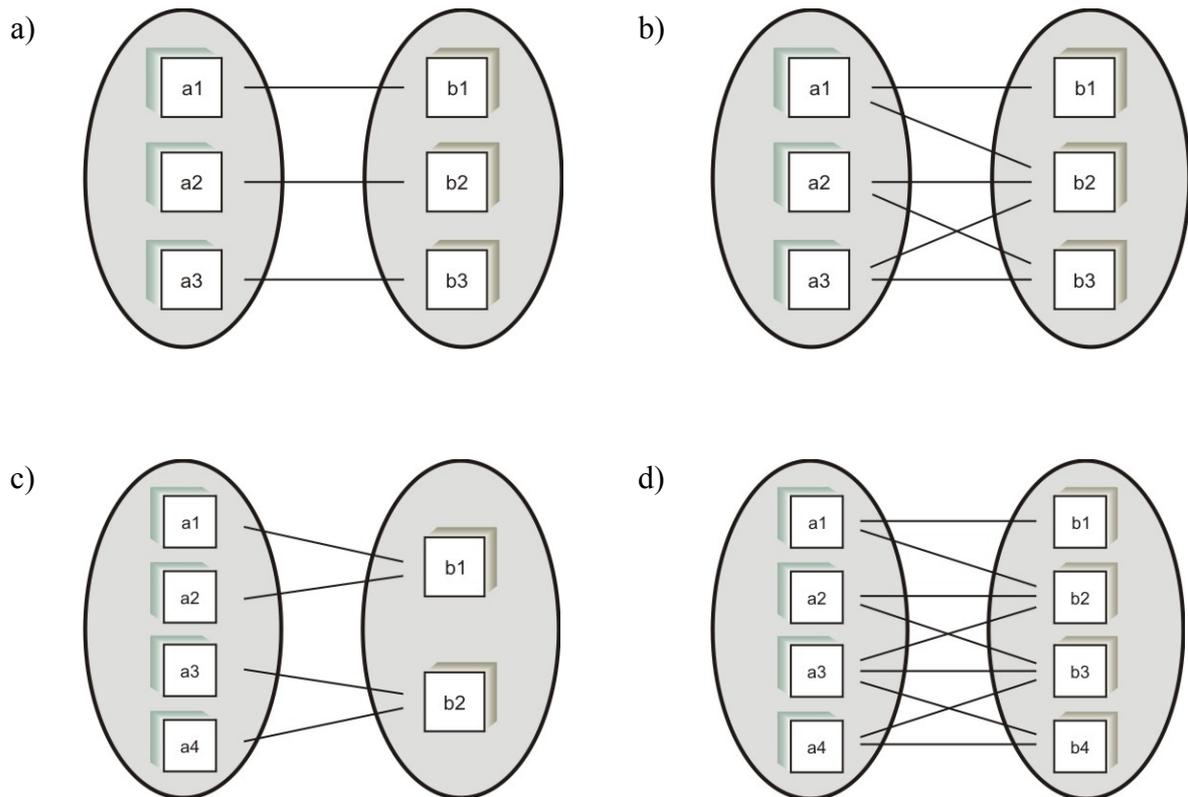
**Esquema 01: Estrutura geral de um SIG**

Existe uma certa confusão no entendimento e no uso da expressão GIS. Alguns usam a expressão quando se referem aos *softwares* que compõem o sistema, outros quando se referem a tecnologia (ROSA, 2005). Os *softwares* são apenas um dos componentes de um SIG, ressalta este autor. A ele, acrescentam-se os *hardwares*, os dados, os usuários (*peopleware*) e

as metodologias de análises. Os *Softwares* têm a finalidade básica de coletar, armazenar, processar e analisar dados geográficos. É um conjunto de programas que contemplam basicamente quatro módulos: um de coleta, padronização, entrada e validação de dados; outro de armazenamento e recuperação dos dados; o terceiro de análise e geração de informação; e o quarto de saída, e apresentação de resultados. Já os *Hardwares* são um conjunto de equipamentos. É o componente físico do sistema, envolvendo o computador e seus periféricos. Os dados são elementos fundamentais para um SIG, alimentam o sistema, permitindo gerar informações. Podem ser dados espaciais ou não espaciais (atributos), primários (quando levantados direto no campo ou quando obtidos por sensores remotos) ou secundários (mapas e estatísticas). Os usuários são os recursos humanos, incluindo-se aí, desde os que manipulam aos que geram as demandas. As metodologias de análises, ainda segundo Rosa, são técnicas de análise que “[...] estão diretamente ligadas ao conhecimento e à experiência do profissional que, a partir de um objetivo definido submete seus dados a um tratamento específico, a fim de obter os resultados desejados” (ROSA, 2005, p. 82).

### **2.3 Banco de Dados Geográfico**

Silva (2003), explica que os bancos de dados (BD), classicamente trabalham com dados tabulares relacionados a feições espaciais, e para que se tenha uma visão geral do sistema, é necessário estabelecer alguns conceitos. Segundo Korth e Silberschatz (apud SILVA, 2003), “entidade” é um objeto existente e distinguível de outros, a exemplo de uma área georreferenciada com determinados atributos. “Relacionamento” é a associação existente entre várias entidades, por exemplo, a existente entre tipo de solo e tipo de vegetação de uma área. “Cardinalidade de mapeamento” corresponde ao número de entidades com que outra entidade pode estar associada. Os relacionamentos binários entre dois conjuntos podem ser: um-para-um, um-para-muitos, muitos-para-um e muitos-para-muitos (Esquema 02).



Fonte: Adaptada de Silva, 2003.

### Esquema 02: Relacionamentos binários

a) um-para-um, b) um-para-muitos, c) muitos-para-um e d) muitos-para-muitos

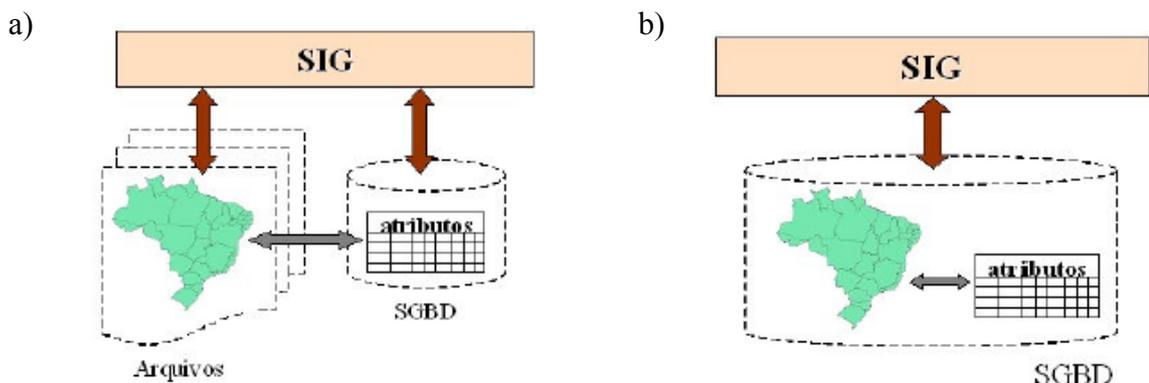
Sendo um BD uma coleção de dados inter-relacionados, “[...] um Sistema Gerenciador de Banco de Dados Geográfico (SGBDG) corresponde a um conjunto de programas, que serve para acessar os dados pertencentes ao banco de dados” (SILVA, 2003, p. 150). O SGBDG é um dos principais componentes de um SIG. Esse conjunto de programas é responsável pelo armazenamento, manipulação e recuperação dos dados geográficos. O SGBDG deve garantir, ao dado geográfico, a aplicabilidade das funções do Sistema Gerenciador de Banco de Dados (SGDB) convencional. Deve “[...] assegurar três requisitos importantes na operação de dados: integridade – controle de acesso por vários usuários; eficiência – acesso e modificações de grande volume de dados; e persistência – manutenção de dados por longo tempo, independente dos aplicativos que dão acesso ao dado” (CÂMARA; MONTEIRO, 2004, p. 29).

Segundo Ferreira et al. (2005), os SGDB disponíveis no mercado concentram-se basicamente em duas tecnologias: SGDBs Relacionais (SGBD-R) e SGDBs Objeto-Relacionais (SGBD-OR). Os SGBD-R, adotam um modelo relacional de dados onde o banco é organizado com relações entre atributos. Foi desenvolvido para manipular grandes volumes

de dados convencionais. Nos sistemas comerciais atuais, os tipos incluem números inteiros, de ponto flutuante, cadeias de caracteres, datas e campos binários longos. Já os SGBD-OR, estendem o modelo relacional oferecendo operadores que possibilitam a utilização na consulta.

Ferreira et al. (2005) acrescentam que a arquitetura dual e a integrada, são as duas formas de integrar os SIGs e os SGBDs. A primeira armazena os componentes espaciais em arquivos com formato proprietário separadamente dos componentes convencionais, que são armazenados em um SGBD (Esquema 03). A arquitetura dual traz consigo diversos problemas, entre eles, os autores destacam a dificuldade no controle e manipulação das componentes espaciais e de manter a integridade entre eles e a componente alfanumérica, a separação entre o processamento da parte convencional e a espacial, e a dificuldade de interoperabilidade, visto que os sistemas trabalham com arquivos com formato proprietário. Já a arquitetura integrada (Esquema 03) armazena os dados alfanuméricos e os espaciais em um SGBD, permitindo que este manipule e controle os dados espaciais.

A arquitetura integrada pode ser subdividida em três outras: a) baseada em campos longos, que utiliza campos binários longos (BLOB) para armazenar a componente espacial dos objetos; b) com extensões espaciais, que utiliza extensões espaciais desenvolvidas sobre um SGBD-OR e; c) a arquitetura integrada combinada, que, em aplicativos SIG que manipulam dados de geometria matricial e vetorial, podem utilizar uma combinação das duas arquiteturas anteriores, ou seja, as geometrias vetoriais são armazenadas utilizando recursos oferecidos pelas extensões e as geometrias matriciais, em BLOBs.



Fonte: Adaptada de Ferreira et al., 2005.

### Esquema 03: Arquitetura de integração entre os SIGs e os SGBDs

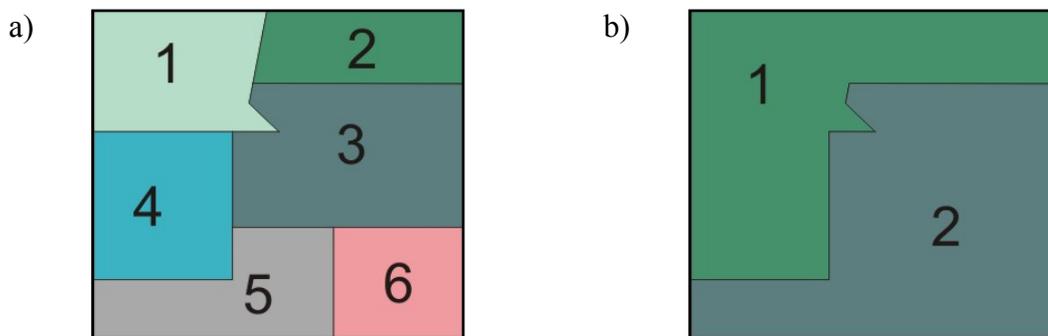
a) Arquitetura Dual, b) Arquitetura Integrada

## 2.4 Funções de um SIG

Entre as inúmeras funções de um SIG, a geração de mapas é uma característica notável desses sistemas. Selecionando-se os níveis de informações desejados, mapas temáticos são facilmente gerados. Isso devido aos melhoramentos que tem ocorrido nas ferramentas de produção de mapas, dos *softwares* que compõem os SIGs, provocando a gradativa substituição das mapotecas analógicas. Silva (2003), destaca que algumas funções são essenciais aos SIGs, são elas: a manutenção de banco de dados, gerenciar a entrada e a saída de dados, copiar, re-nomear, importar e exportar arquivos, identificar resolução, orientar e re-amostrar arquivos. Este autor sintetiza as principais funções de um SIG, das quais destacamos: consulta, reclassificação, análise de proximidade, análise de contigüidade, operação de superposição, operações algébricas não cumulativas, operações algébricas cumulativas e análise de rede. A seguir, abordaremos essas funções tendo como base o referido autor.

A função consulta é o acesso ao dado armazenado. Consiste em obter-se os atributos de qualquer dado espacial com maior acurácia e precisão possível, evidentemente, localizando-o. Nóbrega (2003) lembra que a consulta espacial é que nos possibilita perguntar quais as propriedades de um determinado objeto, ou em quais lugares tais propriedades ocorreriam.

A função de reclassificação é bastante utilizada no SIG. Com ela, pode-se gerar novos mapas, com novas classes através da utilização otimizada dos dados espaciais do banco. O Esquema 04 mostra um exemplo de reclassificação. Nela, o mapa “A” representa o uso e ocupação do solo de uma dada região. Para gerarmos um mapa que represente áreas destinadas a preservação e áreas com modificações antrópicas, a reclassificação geraria o mapa “B”.



**Esquema 04: Funções do SIG, Reclassificação**

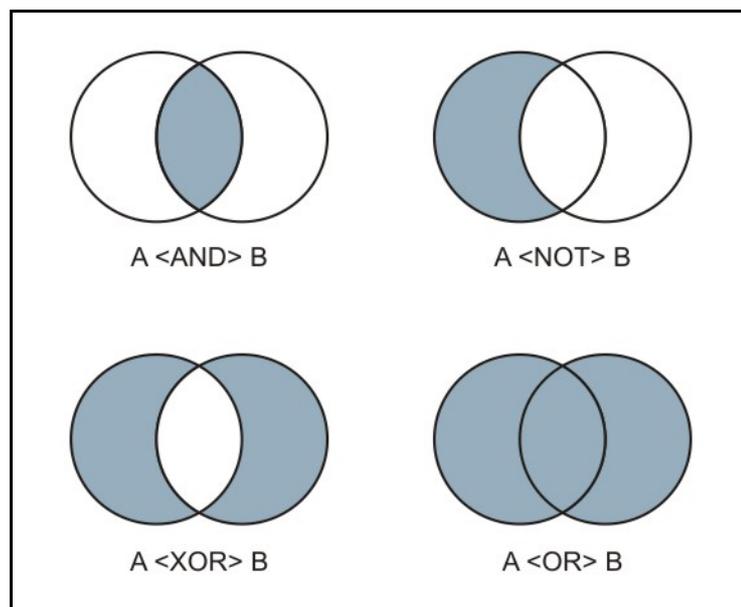
a) 1 – Vegetação densa, 2 – Coníferas, 3 – área urbana, 4 – Vegetação espaça, 5 – pasto, 6 – reflorestamento. b)  
1 – área destinada a preservação, 2 – área com modificações antrópicas

A análise de proximidade, consiste em gerar subdivisões geográficas bidimensionais, cujos limites externos possuem distâncias fixa  $x$ . Esta função também é conhecida por *buffer*.

A análise de contigüidade, consiste em procedimentos matemáticos, envolvendo atributos de um determinado pixel e os do pixel imediatamente vizinho, gerando superfícies contínuas. Tais procedimentos são implementados a partir de métodos de interpolação, entre os quais, o inverso do quadrado da distância, a *krigagem*, a curvatura mínima, o multiquadrático e a triangulação de *Delaunay*.

Operações de superposição também são bastante utilizadas em SIG. Estando os mapas georreferenciados, a superposição se torna fácil. Atualmente, os softwares disponibilizam um grande número de recursos, que torna a função muito mais eficiente no que tange a análise de dados e geração de novos produtos.

As análises não cumulativas, ou análises lógicas, compreendem a simultaneidade *booleana*, a possibilidade *fuzzy* e a probabilidade *bayesiana*. A primeira, amplamente usada nos SIGs, é baseada na lógica desenvolvida pelo matemático inglês George Boole, e consiste em estabelecer limites determinados a partir de informações consideradas falsas ou verdadeiras. Para tanto, o método utiliza os operadores <NOT>, <AND>, <OR> e <XOR>. Graficamente é possível entender estes operadores através do diagrama de Venn (Esquema 05).

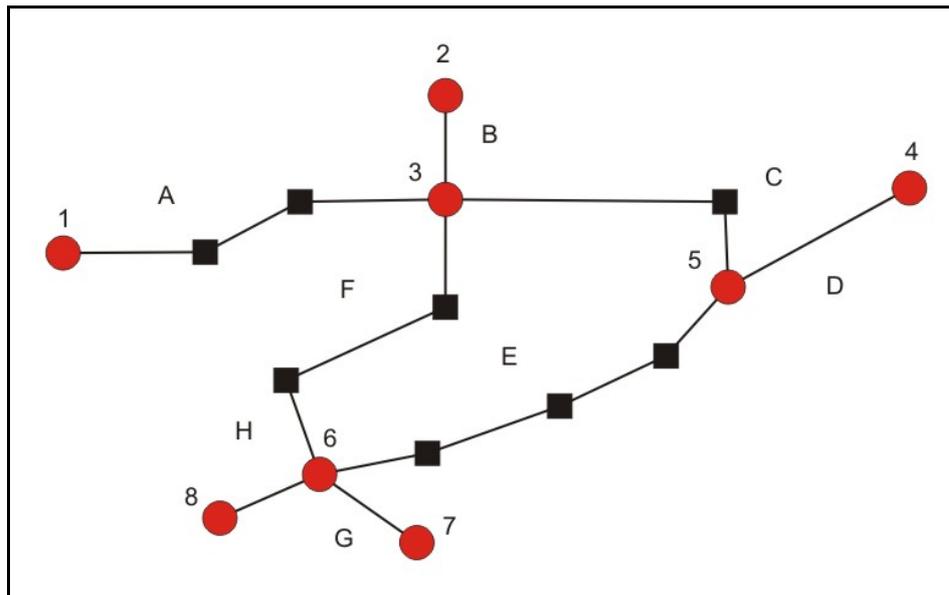


Fonte: Adaptada de Silva, 2003.

**Esquema 05: Diagrama de Venn**

As análises algébricas cumulativas correspondem às operações de adição, subtração e divisão entre as matrizes que correspondem aos arranjos dos dados espaciais de mapas.

Por fim, as análises de rede, que corresponde a análises espaciais quantitativas, tendo em vista os elementos serem vetoriais, já que as redes são segmentos de linhas, que são interconectados (Esquema 06).



Fonte: Adaptada de Silva, 2003.

**Esquema 06: Rede viária com 8 nós (1 a 8) e 8 vértice (A a H)**

## 2.5 Sistema de Informações Geográficas de Cavernas (EspeleogIS)

Nesse contexto, o geoprocessamento torna-se uma ferramenta de fundamental importância para, não só, impor velocidade nos estudos espeleológicos, como também, para garantir a qualidade deles. No que tange a prospecção espeleológica, por exemplo, as geotecnologias em muito tem contribuído na redução do tempo de campo e com um excelente ganho de qualidade. Um bom exemplo é a Base de Dados Georreferenciado das Cavidades Naturais Subterrâneas do Rio Grande do Norte (GEOCAVE). Esta base, gerenciada pelo CECAV/RN, tem os atributos – descrição das feições geográficas – armazenados em tabela e são gerenciados pelo Sistema Gerenciador de Banco de Dados Relacional (SGBDR), e os dados espaciais – mapas, imagens de satélite, cartas topográficas, etc – gerenciados pelo Sistema Gerenciador de Informações Geográficas (SGIG). Integrados, ambos os sistemas, tem ajudado na captura, no processamento e na análise de dados das cavidades do Estado, bem como no planejamento, acompanhamento e execução de prospecções espeleológicas realizadas pelo CECAV. A interação das informações armazenadas na GEOCAVE, com os



aparelhos GPS, dinamizou e facilitou, ainda mais, os trabalhos de campo (CRUZ; CAMPOS; MENDES, 2006).

O Sistema de Informações Geográficas de Cavernas (EspeleogIS), foi desenvolvido para gerenciamento e armazenamento de informações espeleológicas, e para dar suporte a metodologia para a realização de estudos espeleológicos, principalmente no que tange a prospecção espeleológica, que será descrita no capítulo 3. Cabe ressaltar que a metodologia proposta, tem aplicabilidade nos inúmeros ambientes cársticos brasileiros, no entanto, devido as especificidades de cada ambiente – morfológicas, geológicas, climáticas, etc. – e a disponibilidade de dados cartográficos para cada região do país, sempre será necessário adaptações no módulo GeoEspacial, quando da sua aplicação. Assim, limitamos nosso universo amostral, definindo o Estado do Rio Grande do Norte, como “piloto” para a implementação do sistema e o Lajedo do Arapuá, localizado no município de Felipe Guerra, para realização do estudo espeleológico, segundo a metodologia proposta.

Inicialmente, definimos o *software Microsoft Office Access 2007*, versão 12.0.4518.1014, como o programa gerenciador do banco de dados relacional (módulo mdb) e o *software ArcGis*, versão 9.2, como o programa gerenciador das informações geoespacializadas (módulo geoespacial). Definiu-se então, que os dados da ficha de caracterização de caverna, descrita no capítulo 1, no item 1.2, comporiam o módulo mdb, sendo essas as feições do ambiente cárstico que deverão ser coletadas em campo, quando da realização do estudo espeleológico e posterior alimentação do banco de dados. Já o módulo geoespacial é composto por uma base cartográfica principal, mapas digitais georreferenciados da divisão estadual e municipal, hidrografia, geologia, geomorfologia, clima e solos na escala 1:500.000, imagens de satélite LandSat 7, Ikonos e QuickBird, e de mapas de atividades conflitantes com o patrimônio espeleológico, extração de petróleo (ANP), mineração (DNPM) e assentamentos rurais (INCRA). A montagem da base cartográfica do SIG tem papel estratégico para o desenvolvimento dessas atividades. Faz-se necessário a busca e/ou a peregrinação exaustiva pela internet, órgãos públicos e entidades privadas na busca de mapas digitais, com definição ou escala apropriada. O quadro 02, traz alguns endereços de sítios na rede mundial de computadores que disponibilizam arquivos de mapas digitais georreferenciados.

O desenvolvimento dos dois módulos ocorreu concomitante a confecção da ficha de caracterização de cavernas e da montagem da base de dados, descritos a seguir.

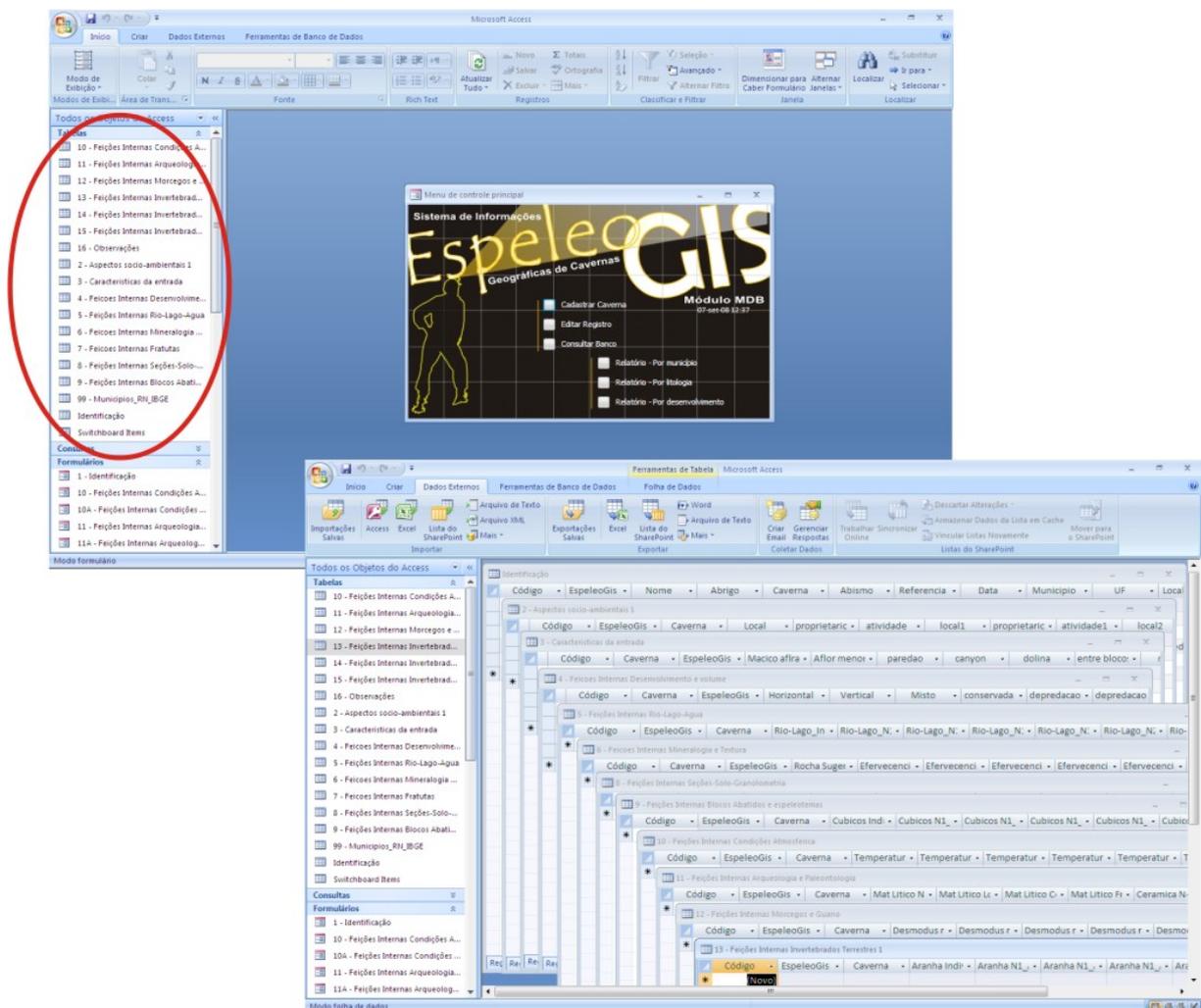
**Quadro 02: WEBGIS**

Arquivos <i>shapefile</i>	<p>GISMAPS <a href="http://www.gismaps.com.br/">http://www.gismaps.com.br/</a></p> <p>AESA Paraíba <a href="http://www.aesa.pb.gov.br/geoprocessamento/geoportal/index.php">http://www.aesa.pb.gov.br/geoprocessamento/geoportal/index.php</a></p> <p>IGAM <a href="http://www.igam.mg.gov.br/index.php?option=com_content&amp;task=view&amp;id=90&amp;Itemid=147">http://www.igam.mg.gov.br/index.php?option=com_content&amp;task=view&amp;id=90&amp;Itemid=147</a></p> <p>ANEEL <a href="http://sigel.aneel.gov.br/brasil/viewer.htm">http://sigel.aneel.gov.br/brasil/viewer.htm</a></p> <p>CPRM <a href="http://geobank.sa.cprm.gov.br/">http://geobank.sa.cprm.gov.br/</a></p> <p>DNPM <a href="http://sigmine.dnpm.gov.br/baixar.htm">http://sigmine.dnpm.gov.br/baixar.htm</a></p> <p>IBAMA <a href="http://siscom.ibama.gov.br">http://siscom.ibama.gov.br</a></p> <p>CECAV <a href="http://www.ibama.gov.br/cecav/index.php?id_menu=228">http://www.ibama.gov.br/cecav/index.php?id_menu=228</a></p> <p>IBGE <a href="ftp://geofp.ibge.gov.br/">ftp://geofp.ibge.gov.br/</a> <a href="http://mapas.ibge.gov.br/">http://mapas.ibge.gov.br/</a></p> <p>INPE <a href="http://www.dpi.inpe.br/proarco/bdqueimadas/">http://www.dpi.inpe.br/proarco/bdqueimadas/</a></p> <p>MMA <a href="http://mapas.mma.gov.br/mapas/aplic/probio/datadownload.htm">http://mapas.mma.gov.br/mapas/aplic/probio/datadownload.htm</a> <a href="http://mapas.mma.gov.br/geonetwork/srv/br/main.home">http://mapas.mma.gov.br/geonetwork/srv/br/main.home</a> <a href="http://www.fao.org/geonetwork">http://www.fao.org/geonetwork</a></p> <p>Open Source Geospatial Foundation <a href="http://www.osgeo.org/">http://www.osgeo.org/</a></p>
Arquivos <i>TrakeMaker e MapSource</i>	<p><a href="http://www.gpstm.com">http://www.gpstm.com</a> <a href="http://www.gpstm.com/maps.php">http://www.gpstm.com/maps.php</a> <a href="http://www.tracksorce.org.br">http://www.tracksorce.org.br</a> <a href="http://www.garmin.com/download">http://www.garmin.com/download</a></p>
Imagens	<p>INPE <a href="http://www.dgi.inpe.br/CDSR/">http://www.dgi.inpe.br/CDSR/</a></p> <p>Zulu <a href="https://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid/">https://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid/</a></p> <p>EOAC <a href="http://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/gallery/new_arr.htm">http://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/gallery/new_arr.htm</a></p> <p>RESMAP <a href="http://www.resmap.com/">http://www.resmap.com/</a></p>
Modelo Digital	<p>EMBRAPA <a href="http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br/download/index.htm">http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br/download/index.htm</a></p> <p>SEA <a href="http://seamless.usgs.gov">http://seamless.usgs.gov</a></p> <p>NASA <a href="ftp://e0srp01u.ecs.nasa.gov/srtm/version2/SRTM3/Africa">ftp://e0srp01u.ecs.nasa.gov/srtm/version2/SRTM3/Africa</a></p> <p>UNC <a href="http://www.unc.edu/~oskin/tools/srtmheader.shtml">http://www.unc.edu/~oskin/tools/srtmheader.shtml</a></p>

Fonte: Adaptada de CRUZ e CRUZ, 2008.

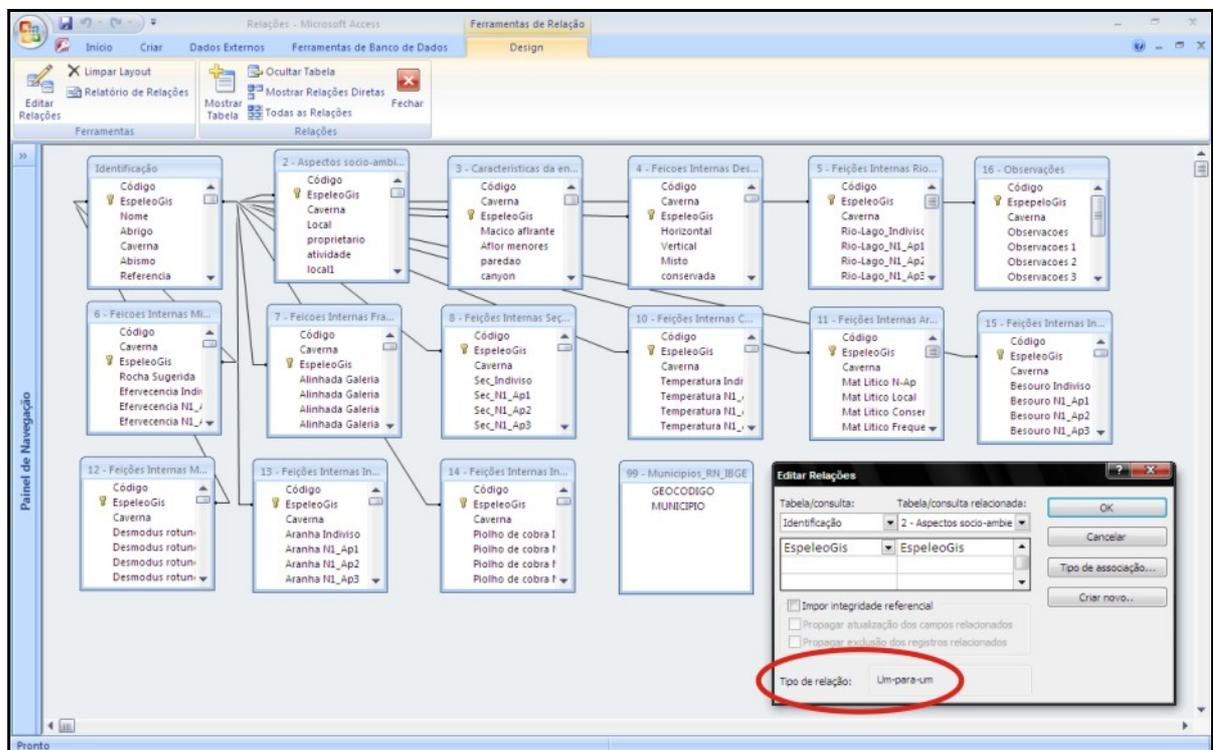
### 2.5.1 O Módulo MDB

O módulo mdb foi desenvolvido no *software Microsoft Office Access 2007*, versão 12.0.4518.1014 e tem suas informações organizadas em tabelas onde cada linha corresponde a um registro e cada coluna corresponde a um campo da ficha de caracterização da caverna. No total, o Banco possui 17 tabelas: identificação, aspectos sócio-ambientais, características da entrada, feições internas (FI) desenvolvimento e volume, FI rio, lago e água, FI mineralogia e textura, FI fraturas, FI seções, solo e granulometria, FI blocos abatido e espeleotemas, FI condições atmosféricas, FI arqueologia e paleontologia, FI morcegos e guano, FI invertebrados terrestres 1, FI invertebrados terrestres 2, FI invertebrados aquáticos, observações e uma tabela para consulta contendo os geocódigos dos municípios do Estado (Tela do Access 01).



Tela do Access 01: Tabelas do módulo mdb

Cada cavidade cadastrada no banco de dados receberá um código de cadastro. Esse código, ou número Espeleogis, terá o formato YYYYYYYY.XXX, onde,YYYYYYYY corresponde ao geocódigo do município<sup>1</sup> onde a entrada principal da caverna se localiza, seguido por um ponto e por XXX, que é uma numeração crescente. Por se tratar de um código de identificação exclusivo para a caverna, ele também é utilizado como chave primária das tabelas do banco. Esta chave é utilizada no relacionamento entre as tabelas, permitindo que o Access e o ArcView associem rapidamente os dados entre elas. Por só haver um registro correspondente a um único outro registro em cada tabela, a relação entre elas é do tipo um – para – um (Tela do Access 02).

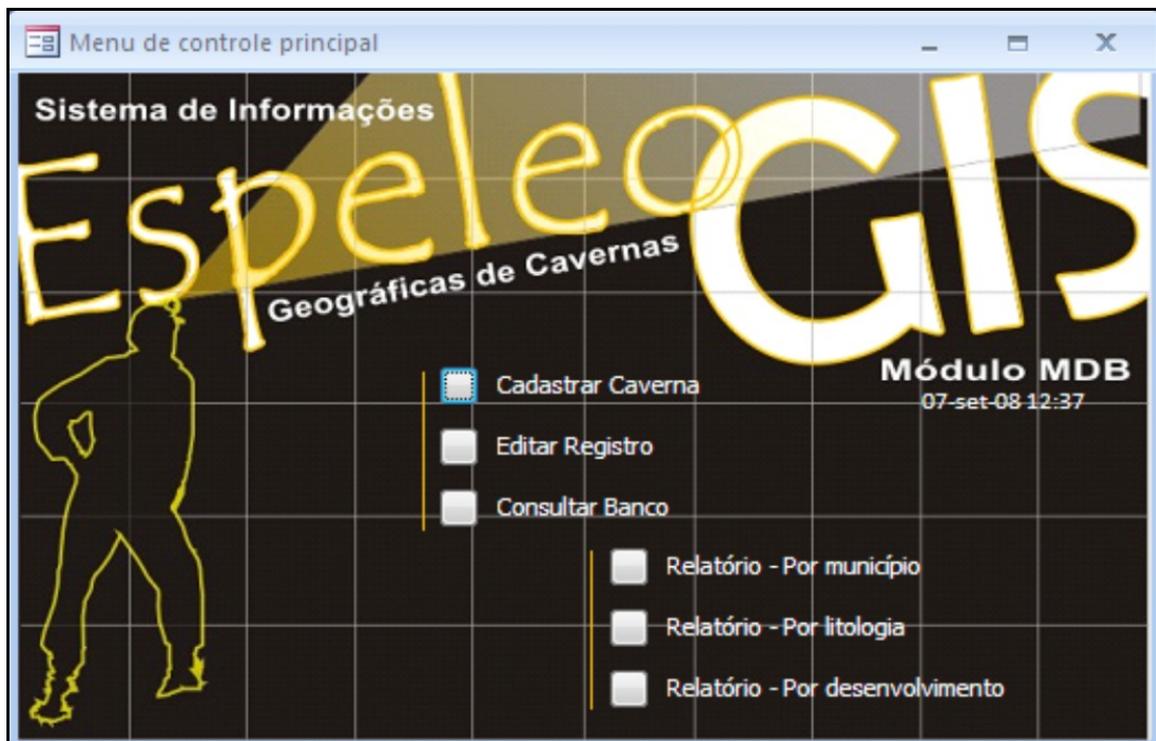


**Tela do Access 02: Fluxograma de relacionamentos do módulo mdb**

Ao iniciar o módulo mdb, visualiza-se o *menu* de controle principal, cujas opções de cadastro de caverna, edição de registros, consulta e relatórios são disponibilizadas (Tela do Access 03). Ao clicar na opção de cadastro é aberto o formulário de Identificação e Localização que contem os dados da primeira seção da ficha de caracterização de caverna referente ao tema. Com ele, inicia-se a inserção de um novo registro no banco. No cabeçalho

<sup>1</sup> O geocódigo do município é definido pelo IBGE, sendo composto por sete dígitos: os dois primeiros correspondem ao código do estado e os outros cinco ao código do município.

de cada formulário, além do título, existem dois botões: atualizar, utilizado para gravar os dados inseridos, e outro para abrir o próximo formulário (Tela do Access 04). A seqüência de abertura dos formulários segue a mesma das seções da ficha de campo, ou seja, a caverna é cadastrada no banco, seguindo essa seqüência de abertura dos formulários. A opção de edição de um registro já cadastrado funciona da mesma forma, sendo que neste módulo, é possível navegar entre os registros existentes no banco, em uma mesma janela, podendo alterá-los, modificá-los ou inserir novos dados. Já o módulo de consulta também abre os formulários em seqüência, no entanto, não é possível alterar ou inserir dados, somente consultá-los, utilizando para isso, os recursos de filtragem do programa.



**Tela do Access 03: Menu de controle principal**

The image displays four overlapping windows from a software application, each representing a different data entry form. The windows are titled 'Feições Internas', 'Características da entrada', 'Aspectos socio-ambientais 1', and 'Identificação'. Each window has a 'Código Espeleogis' field and an 'Atualizar' button. The 'Identificação' window is the most prominent and contains the following fields and options:

- Identificação e Localização:** Includes checkboxes for 'Abrigo', 'Caverna', and 'Abismo'. Fields for 'Caverna' (Gruta do Macaco), 'Data', 'Município', 'UF', 'Localidade', and 'Referência'.
- Autor das Informações:** A text input field.
- Entrada 1-4:** Each entry has fields for 'Alt', 'Erro GPS', 'Qt Sat', 'longitude', and 'latitude'.
- Acesso:** A text input field.
- Detalhe local:** A text input field.
- Bacia Hidrografia:** A text input field.
- Litologia Dominante:** A text input field.
- Unidade Geológica:** A text input field.
- Dificuldades Externas:** Includes checkboxes for 'Rastejamento', 'Quebra-corpo', 'Teto Baixo', 'Natação', 'Sifão', 'Blocos Instáveis', 'Lances verticais', 'Cachoeira', 'passagem Curso Agua', 'Trechos escorregadios', 'Nenhum', and 'Outros'.

Red arrows point to the 'Atualizar' buttons in each window, and a vertical scroll bar is visible on the right side of the 'Feições Internas' window.

**Tela do Access 04: Formulários de entrada de dados**

Os relatórios de consulta às informações contidas no banco, foram desenvolvidos para atender as necessidades básicas para um diagnóstico do patrimônio espeleológico. Para tanto, tomamos como referência, os tópicos enfocados no Diagnóstico Espeleológico do Rio Grande do Norte, elaborado pela equipe da base do CECAV, no RN (CRUZ et al., 2008), são eles: cavernas por unidade da federação (UF), cavernas por litologia dominante e cavernas por desenvolvimento (Tela do Access 05). A emissão do relatório consiste no resgate e apresentação dos dados de identificação da caverna, são eles: nome da caverna, UF, município, número Espeleogis, classificação, data, entrada, altitude, erro do GPS, quantidade de satélites conectados, latitude e longitude.

É fato que os recursos disponibilizados por esse software, vão muito além dos aqui utilizados. No entanto, por ser objeto da pesquisa, o auxílio no desenvolvimento e sistematização dos estudos espeleológicos em campo, nossas preocupações voltaram-se mais para as consultas e as possibilidades de cruzar informações. Assim, no que diz respeito às atividades em campo, de coleta dos dados que alimentam o sistema, é o módulo geoespacial que disponibiliza ferramentas mais adequadas, úteis e práticas para isto.

A conclusão do módulo mdb se deu com a inserção dos dados de identificação e localização das 257 cavidades naturais subterrâneas já conhecidas no Estado, disponibilizadas pelo CECAV/RN no Diagnóstico Espeleológico do Rio Grande do Norte (CRUZ et al., 2008).

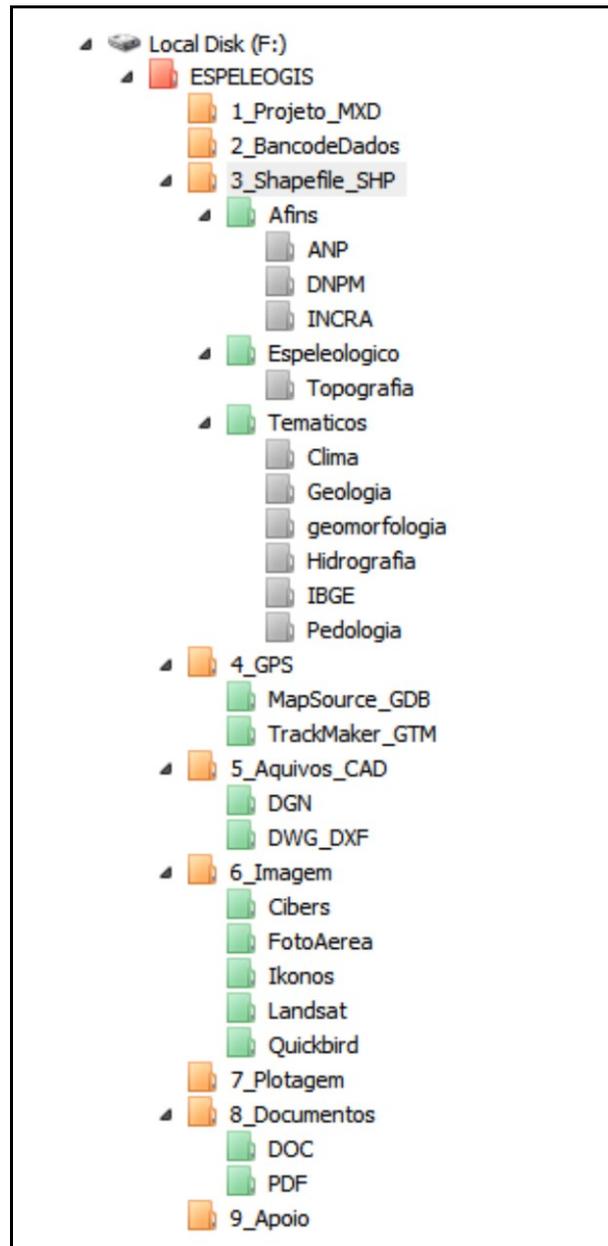
													
Município	Nome	EspeleoGis	Ab	Cav	Abs	Data	UF	Localidade	Alt	Erro	Sats	longitude	Latitude
<b>Acari</b>													
	Furna das Andorinha	2400109.001	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	18/2/2005	RN					-36.60457	-6.479973
<b>Açu</b>													
	Gruta dos Pingos	2400208.001	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	27/5/2001	RN	Olho D'água do mato				-37.06404	-5.578692
<b>Apodi</b>													
	Abrigo dos Caprinos	2401008.001	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		RN	Distrito de Soledade, Área do Ub				-37.82988	-5.587302
	Caverna Buraco da Nega	2401008.002	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		RN	Sítio João Pedro				-37.84465	-5.532543
	Caverna do Macaco I	2401008.008	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		RN	Sítio João Pedro				-37.84417	-5.535397
	Caverna do Macaco II	2401008.003	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		RN	Sítio João Pedro				-37.84439	-5.535595
	Caverna do Olani	2401008.004	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		RN	Distrito de Soledade, Área da Do				-37.82572	-5.593637
	Caverna do Painel Quebr	2401008.005	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		RN	Distrito de Soledade, Área do Ub				-37.82971	-5.588486
	Caverna do Roncador	2401008.006	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	25/5/2001	RN	Distrito de Soledade				-37.82794	-5.597742
	Caverna do Urubú	2401008.007	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	25/4/2001	RN	Distrito de Soledade, Área do Ub				-37.82961	-5.588357
	Caverna Unha de Prequiç	2401008.009	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		RN	Distrito de Soledade, Área do Ub				-37.83022	-5.586918
	Fenda do Peninha	2401008.010	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	25/4/2001	RN	Distrito de Soledade, Área do Ara				-37.83101	-5.592756
	Fenda dos Entalados	2401008.011	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		RN	Distrito de Soledade, Área do Ub				-37.83023	-5.587639
	Três Lagoas	2401008.012	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	25/5/2001	RN	Distrito de Soledade, Área da Do				-37.82565	-5.59497
<b>Barauna</b>													
	Abismo 01	2401453.001	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		RN	Assentamento Eldorado dos Caraj				-37.57114	-5.034589
	Abismo 02	2401453.002	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		RN	Assentamento Eldorado dos Caraj				-37.5712	-5.034823
	Abismo 03	2401453.003	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		RN	Assentamento Eldorado dos Caraj				-37.57065	-5.034959
	Abismo 04	2401453.004	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		RN	Assentamento Eldorado dos Caraj				-37.56849	-5.037669

quarta-feira, 1 de outubro de 2008 Página 1 de 11

**Tela do Access 05: Formulários de relatório**

### 2.5.2 O Módulo GeoEspacial

Inicialmente, foi definida a estrutura física do módulo no gerenciador de arquivos do *Windows* para alocação dos arquivos utilizados ou gerados pelo sistema. Essa estrutura tem sua organização, primeiro por tipo de arquivo, ou seja, separando arquivos *shapefile*, *CAD*, *TrakeMaker*, imagens, documentos, projetos, banco de dados e arquivos de saída; e segundo, por temas. Para tanto, no diretório raiz, foi criado uma pasta para a base de dados, intitulada de ESPELEOGIS. Nesta pasta, criou-se a hierarquia dos diretórios que compõem o SIG (Esquema 07).



**Esquema 07: EspeleoGIS, estrutura organizacional**

Como citado anteriormente, definiu-se o *software ArcGis*, versão 9.2, como o programa gerenciador das informações geoespacializadas. Inicialmente configurou-se a *layer* principal do projeto para trabalhar no sistema de coordenadas geográficas, tendo como referência o datum *World Geodetic System* de 1984 (WGS 84), conseqüentemente a unidade do mapa e do *display* é em graus decimais.

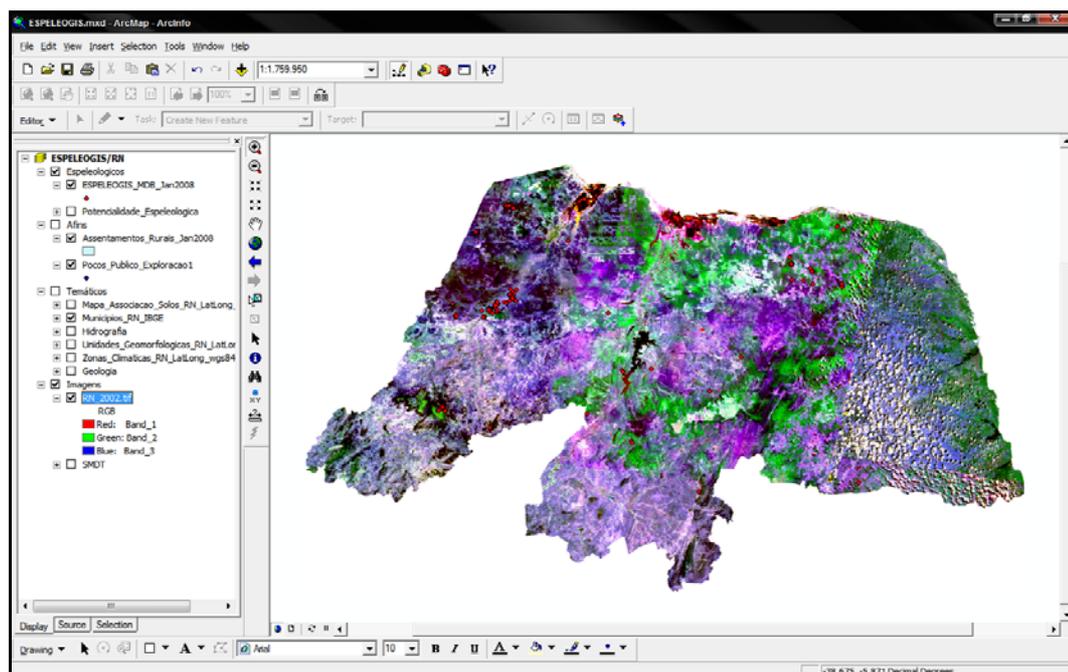
Estando os arquivos que compõem a base cartográfica alocados nas suas respectivas pastas e no sistema de coordenadas geográficas, datum WGS 84, foram inseridos como camadas no projeto do ArcView. Inicialmente foram inseridos os mapas temáticos: classificação de solos, desenvolvido pelo Instituto de Defesa do Meio Ambiente do Rio



Grande do Norte (IDEMA), em escala 1:500.000, a partir de dados do projeto RADAM Brasil (IDEMA, 2007b); rede hidrográfica (IDEMA, 2007a), unidades geomorfológicas (IDEMA, 2006a), zonas climáticas (IDEMA, 2003), de estruturas e unidades geológicas (SGB, 2006), de limites municipais (IBGE, 2005) e rodoviário (IDEMA, 2006b). Em seguida os dados das atividades conflitantes com o patrimônio espeleológico: localização dos poços petrolíferos (BRASIL. ANP, 2008), assentamentos rurais (BRASIL. INCRA, 2008) e de extração de minério (BRASIL. DNPM, 2008). Por fim, um mosaico de imagens do satélite landsat ETM 7 do Rio Grande do Norte, ano 2000, composição colorida das bandas 3, 4 e 5 cuja resolução espacial é de 30 metros.

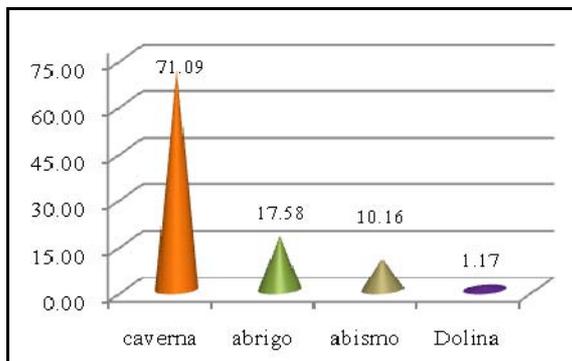
A inserção dos dados espeleológicos se deu com a geração de um arquivo *shape file* – ESPELEOGIS\_MDB\_Jan2008.shp – através da função “Add XY Data”. Essa ferramenta utiliza as coordenadas geográficas da tabela identificação do módulo mdb e plota um ponto para cada linha da tabela. Assim cada ponto geoespacializado corresponde aos atributos de uma caverna do banco de dados. Através da ferramenta *join*, este arquivo foi interligado com as outras tabelas de atributos do módulo mdb, utilizando, para isso, o número EspeleoGis correspondente a chave primária das tabelas do módulo.

Completando o módulo geoespacial, foram inseridos os dados de potencialidade de ocorrência de cavernas no Estado elaborados pela base do CECAV no RN, em escala 1:500.000 (IBAMA.CECAV, 2008).

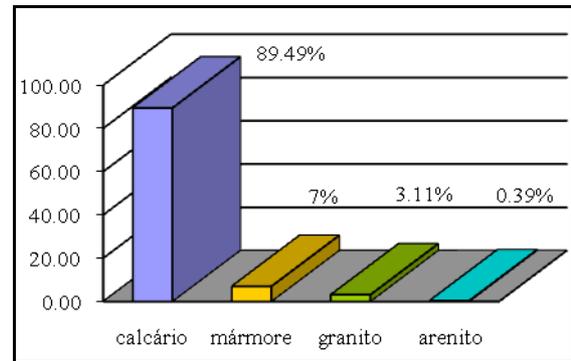


**Tela do ArcMap 01: Módulo Geoespacial**

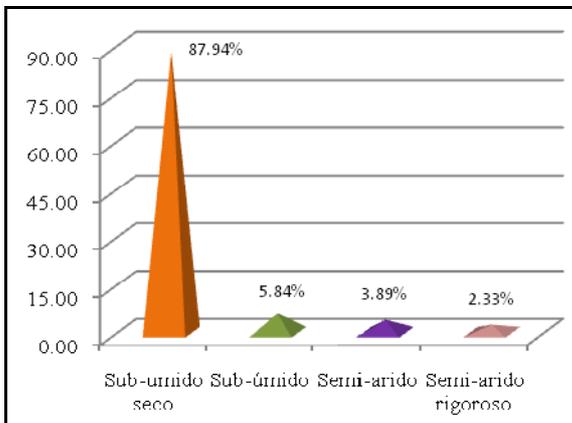
Com o módulo mdb alimentado com os dados espeleológicos do Estado, dados estes devidamente geoespacializados no módulo geoespacial, o EspeleoGIS torna-se apto a contribuir para gestão, conservação e preservação do patrimônio espeleológico potiguar. Dados estatísticos são facilmente extraídos através de análises lógicas. A sobreposição de camadas permite a análise rápida, facilitando a tomada de decisões. Os gráficos 01 a 04 mostram o resultado dessa análise no que tange a classificação, geologia, clima, e rede hidrográfica.



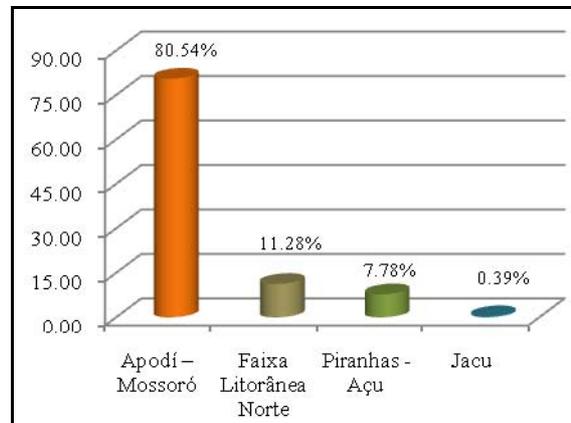
**Gráfico 01: Cavernas por classificação**



**Gráfico 02: Cavernas por formação geológica**



**Gráfico 03: Cavernas por zonas climáticas**



**Gráfico 04: Cavernas por bacia hidrográfica**

A conclusão do desenvolvimento do EspeleoGIS também o deixa apto a orientar o planejamento, acompanhamento e execução de prospecção espeleológica, assim como na caracterização das cavidades identificadas. A esses procedimentos, objeto principal da pesquisa, nos dedicaremos no capítulo 4.

---

## CAPITULO 3

### **Prospecção espeleológica: localização, identificação e caracterização de cavernas no Lajedo do Arapuá/RN**



Foto: Jocy Cruz (ago/2004). Lajedo dos Angicos. Gov. Dis-Sept Rosad /RN

*“A vida é para quem topa qualquer parada.  
Não para quem pára em qualquer topada”*  
(Bob Marley)

### 3.1 Prospecção espeleológica

A prospecção espeleológica é parte fundamental do estudo de uma área cárstica. Consiste em localizar as cavidades existentes em uma área, identificando-as, e na exploração e caracterização dessas cavidades. Entende-se que o processo deve exaurir as possibilidades de ocorrência de cavernas na área estudada; que as cavidades encontradas devem ser caracterizadas e mapeadas; e que os produtos gerados por ele consistam em mapas aptos a compor um SIG. Na realização da prospecção espeleológica faz-se necessário a aplicação de um rol de técnicas, de campo e de laboratório, das diversas áreas do conhecimento envolvidas no trato dos ambientes cavernícolas. Venturi (2005) lembra que as técnicas devem estar atreladas a um método científico, caso contrário, resulta em um trabalho técnico.

Caso esse fazer promovido pela técnica tenha um fim em si, ou seja, esteja desvinculado de um processo de pesquisa científica, caracteriza-se um trabalho técnico. Por outro lado, se esse fazer vincula-se a um processo de pesquisa conduzido por método, evidencia-se um trabalho científico (VENTURI, 2005, p. 13).

Venturi (2005), ressalta que no trabalho científico, os dados nunca são obtidos de forma aleatória, mas sim vinculados a um objetivo, a uma problemática preestabelecida. Para ele, um cientista não pode abrir mão do método como processo mental de organização do raciocínio. Contudo, “o domínio das técnicas pode assegurar, ao cientista, maior confiabilidade e controle sobre os dados que irão subsidiar seus argumentos” (VENTURI, 2005 p. 14). Na prospecção de ambientes cársticos, são inúmeras as técnicas que se faz uso: no campo científico, as técnicas de pesquisa geológica, de geomorfologia, pedologia, entre outras, são imprescindíveis; as técnicas verticais<sup>2</sup>, devido ao relevo extremamente movimentado, que dificulta e coloca em risco a locomoção. Para Clayton Lino (apud SILVERIO, 2008, p. 1) “o espeleólogo, no sentido mais global do termo, deve portanto ser um cientista ou um técnico especializado que, além de dominar seu campo de pesquisa ou atuação, possua a destreza, a persistência e o preparo físico de um desportista. Sua meta é o desconhecido, sua finalidade o conhecimento”.

Para Ross e Fierz (2005) as pesquisas de campo, em qualquer ramo das ciências da terra, percorrem três etapas: o trabalho de gabinete ou escritório, o trabalho de campo e o trabalho de laboratório. Nesse capítulo, descrevemos essas etapas no que tange a realização de prospecção espeleológica em área cársticas no Estado do Rio Grande do Norte, fazendo uso

---

<sup>2</sup> Conjunto de métodos e equipamentos utilizados para o deslocamento em ambientes, cujo relevo é extremamente acidentado.

de geotecnologias – entende-se aí o uso do EspeloGIS e de aparelhos receptores do *Global Positioning System* (GPS). O Item 3.2 trás a primeira etapa, o pré-campo, onde descreveremos o uso do SIG na preparação das atividades de campo. A segunda etapa, nos remete aos itens 3.3. Nele descrevemos a prospecção do exocarste e a identificação e caracterização das cavernas identificadas. É quando se tem o contato com a realidade que, muitas vezes, é adversa ao planejado devido as dinâmicas naturais. Por fim, a terceira etapa, descrito no item 3.4, o pós-campo. Aí retrataremos o retorno ao gabinete: a retroalimentação do EspeleoGIS e a geração dos produtos.

### **3.2 O pré-campo: planejamento das atividades de campo**

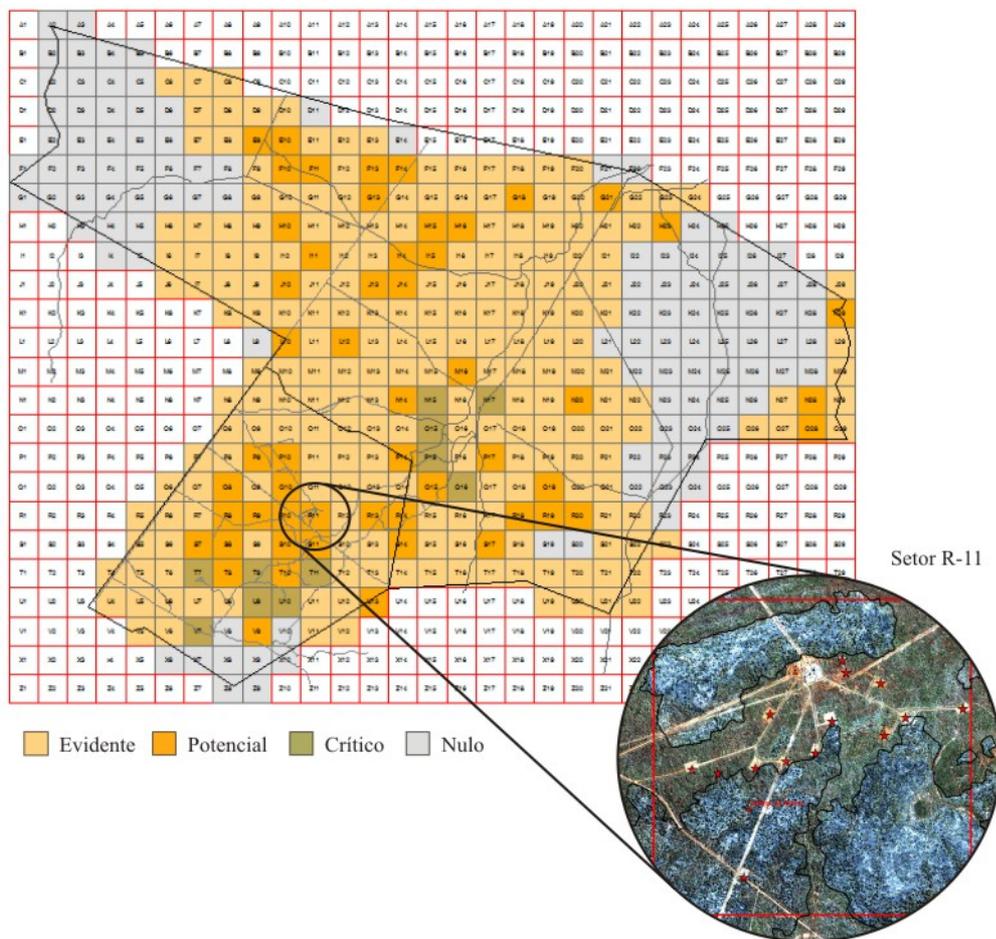
A primeira etapa da pesquisa de campo ocorre no gabinete ou laboratório – no sentido nato da palavra, originária do latim labor, trabalho e tório, lugar onde se pratica uma ação. É no laboratório que se prepara as atividades a serem realizadas, é onde se dá “[...] o planejamento das ações baseado em conhecimentos prévios da área de estudo” (VENTURI, 2005, p. 17). Nessa etapa, realiza-se um levantamento bibliográfico, cartográfico e dos dados pré-existentes da área, assim como a interpretação destes dados e de fotos aéreas ou de satélite – dependendo da disponibilidade ou da escala mais adequada – gerando mapas temáticos e os quadros que direcionarão os trabalhos de campo.

Inicialmente faz-se necessário a definição e delimitação da área de estudo. Para tanto utilizamos os estudos do CECAV do município de Felipe Guerra e Governador Dix-Sept Rosado – juntos estes municípios possuem mais de 50% das cavernas conhecidas no Estado. Esses estudos seguem uma metodologia que prioriza setores para prospecção. A área dos dois municípios foi dividida em setores de 4km<sup>2</sup>, definidos por intersecção de UTM e endereçados pelo sistema alfanumérico de referência cruzada. A partir de dados de potencialidade de ocorrência de caverna e de levantamentos já existentes, os setores foram identificados em: Evidente, com ocorrência de cavernas já notificadas; Potencial, com probabilidade de ocorrência de cavernamento; Crítico, com atividades conflitantes com o patrimônio espeleológico; e Nulas, sem probabilidade de ocorrência de caverna (Esquema 08). Assim, a priorização de área para prospecção tem a frente os setores críticos, seguidos pelos evidentes e os com potencialidade de ocorrência.

Com base nessa priorização, definiu-se o setor R-11, conhecido localmente por lajedo do Arapuá, como nossa área de pesquisa *in loco*. Constitui-se um setor crítico por apresentar uma ocorrência de caverna, a dolina do Xavier; por encontrar-se inserido na área de alta potencialidade espeleológica; e por possuir atividades petrolífera e minerária, ambas

impactantes as cavidades (Esquema 08). Este afloramento de calcário está localizado a cerca de 20 km da sede municipal de Felipe Guerra, e é inserido na bacia hidrográfica do rio Apodi-Mossoró, com 4km<sup>2</sup>, onde aflora o calcário do Grupo Apodí e Formação Jandaíra.

Para delimitação da área e preparação das atividades de campo, foram inseridos, no Espeleogis, dados geoespacializados da área, cedidos pelo CECAV. São eles: dados de potencialidade espeleológica dos dois municípios, a delimitação dos setores, a localização dos distritos e vilarejos, as estradas e caminhos, assim como a imagem do Setor R-11, adquiridas pelo satélite Quick Bird em 2004, composição colorida das bandas 1, 2 e 3, cuja resolução espacial é de 0,60 metros.



### Esquema 08: Setores para prospecção

Setor R-11, Lajedo do Arapuá/RN

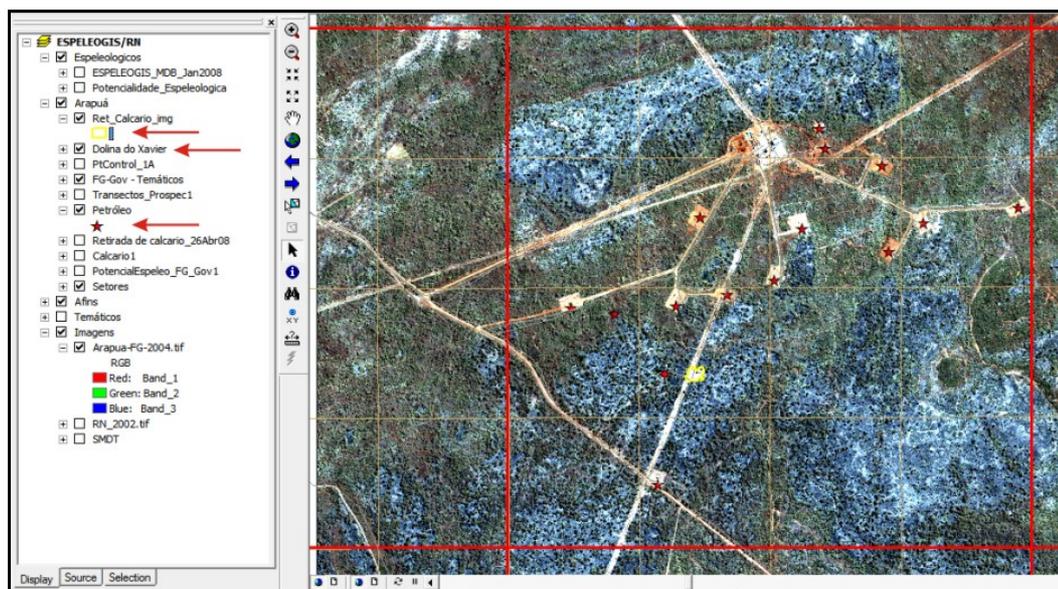
Passou-se então a análise e interpretação das informações da base de dados no intuito de gerar os mapas de orientação de campo e os dados para alimentação dos GPSs. Extraíram-se da imagem de satélite os limites dos afloramentos de calcário e as áreas antropizadas, ou seja, com extração de petróleo e atividade minerária. Foram identificados 13 poços de

petróleo e um ponto de extração de calcário (Tela do ArcMap 02). Assim foi possível visualizar claramente as áreas do setor a serem prospectadas.

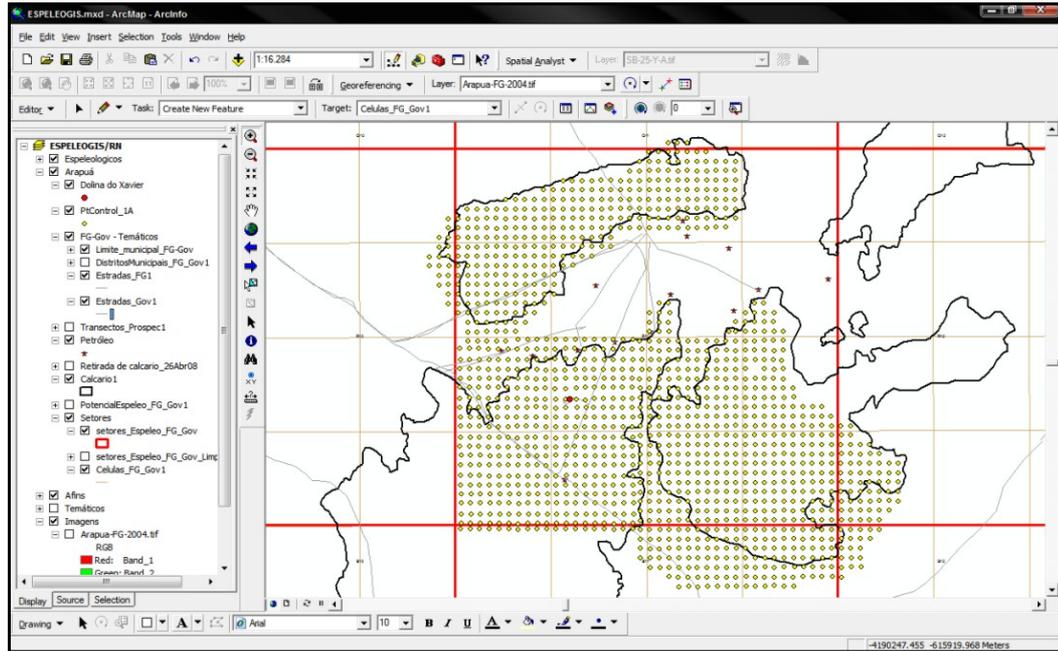
Tendo-se por base os afloramentos de calcário, foram plotados pontos de controle a cada 50 metros, gerando uma malha de pontos que servirá de base para os transectos da prospecção (Tela do ArcMap 03). A partir desses pontos, foram geradas as rotas de caminhada para cada membro da equipe de prospecção. A distância entre as rotas objetivou impedir que o campo de visão de cada membro ultrapassasse 25 metros, visto que estes estarão a 50 metros um do outro. Esses pontos também têm por objetivo a rápida localização do técnico. Na necessidade de interrupção do caminhamento para identificação de uma cavidade, ou em caso de um acidente, o técnico poderá, através de rádio, comunicar para os outros membros da equipe a sua localização, utilizando os pontos de controle.

Por fim, o setor R-11 foi dividido em células de 500 metros largura, endereçadas pelo sistema alfanumérico de referência cruzada. Essas células definirão as diversas etapas da prospecção. Com isso, obtém-se um “primeiro produto”, o quadro para direcionamento dos trabalhos, com priorização de áreas – mapa base (Tela do ArcMap 03).

Cada membro da equipe de prospecção é munido de um GPS, contendo os limites dos setores, as cavidades conhecidas, os pontos de controle e as rotas, um mapa base impresso do setor, um caderno de campo e um rádio de comunicação.



**Tela do ArcMap 02: Setor R-11, Lajedo do Arapuá/RN**



**Tela do ArcMap 03: Setor R-11, pontos de controle**

### 3.3 Prospecção do exocarste

Esta etapa consiste na identificação e localização de cavernas e atividades antrópicas na área em estudo. Furlan (2005), ressalta que no trabalho de campo, o pesquisador deve estar treinado no manejo dos instrumentos e equipamentos que utilizará. Também deverá ter clareza da ordem em que as atividades serão executadas.

#### 3.3.1 O caminhamento

Na prospecção de ambientes cársticos faz-se necessário o domínio de técnicas verticais, visto que o trabalho se desenvolverá em locais de relevo extremamente acidentado, cuja periculosidade é alta. Por esse fato, torna-se indispensável o uso dos equipamentos de segurança (capacete, botas adequadas, macacão, lanternas, mapa base, GPS e um rádio transmissor), assim como atentar para as regras de segurança e manter, sempre junto a equipe, uma caixa de primeiros socorros. Primando pela segurança da equipe, ao encontrar uma caverna, deverá ser informada pelo rádio a sua localização antes de se efetuar a exploração para identificação<sup>3</sup>. Caso seja necessário a exploração preliminar da caverna<sup>4</sup> – por exemplo, para averiguar a conectividade com outras entradas perto – deverá ser feita em conjunto pela

<sup>3</sup> A exploração para identificação da caverna restringe-se ao suficiente para levantamento dos dados de identificação da caverna. Na grande maioria dos casos não será necessário adentrar a cavidade.

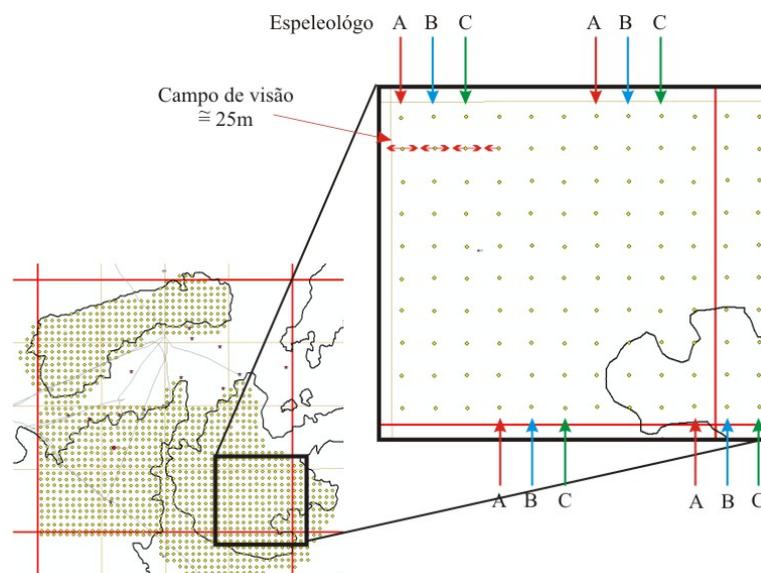
<sup>4</sup> Na exploração preliminar, o espeleólogo precisará entrar na caverna realizando uma primeira prospecção interna. Na maioria dos casos essa exploração é parcial.



equipe ou por, no mínimo, duas pessoas. Durante o caminhamento, também deve ser comunicado toda ação que contenha risco de acidente, localizando-a através dos pontos de controle – escaladas, averiguação de possíveis entradas de cavernas, vegetação densa, desvio da rota, entre outras.

A prospecção do Setor R-11 foi efetuada por uma equipe composta por três pessoas: Jocy Brandão Cruz, Uilson Paulo Campos e José Iatagan Mendes de Freitas, todos espeleólogos e membros do CECAV/RN. O desenvolvimento da prospecção se deu por célula, acontecendo em 4 etapas: na primeira foram prospectadas as células A1e B1, na segunda as células A2 e A3, na terceira foram prospectadas as células C1, C2, D1 e D2, e por fim as células C2, C3, D2 e D3. Nessa última etapa, devido ao afloramento de calcário extrapolar os limites do setor R-11, também foram prospectados as células A3 e A4 do Setor S-11 e as células D1 do Setor R-12.

Cada membro da equipe procedeu seu caminhamento seguindo por uma rota – formada pelos pontos de controle e previamente definida – retornando pela terceira rota a sua direita. Ou seja, os três técnicos ocuparam as três primeiras rotas da célula a ser prospectada, caminhando paralelamente uns dos outros e a 50 metros de distância, mantendo um campo de visão aproximadamente de 25 metros. Ao final da célula, os técnicos retornavam prospectando pelas três próximas rotas, e assim, sucessivamente (Esquema 09). De acordo com a célula a ser prospectada, o caminhamento se deu no sentido norte-sul ou leste-oeste. A definição do sentido do caminhamento levou em consideração o acesso ao ponto de início e a facilidade para o desenvolvimento do caminhamento (Fotos 05 e 06).



**Esquema 09: Prospecção das células**



Foto: Tiago José (set/2006).

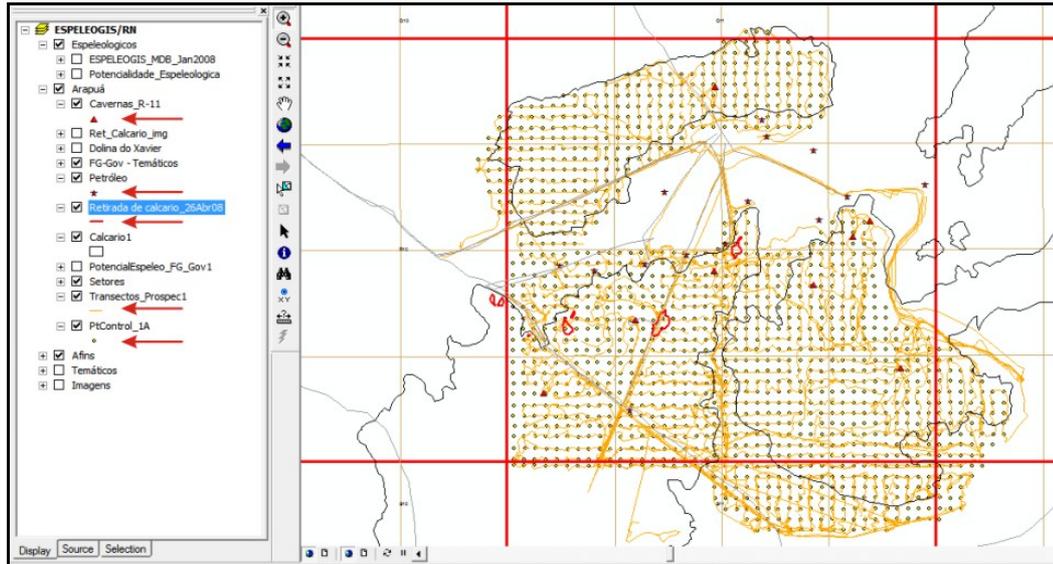
**Fotografia 05: Distância entre os membros da equipe de prospecção do Lajedo do Arapuá**



Foto: Tiago José (set/2006).

**Fotografia 06: Caminhamento na prospecção do Lajedo do Arapuá**

Assim, a equipe realizou toda a prospecção do setor, identificando as atividades petrolíferas e minerárias, e as ocorrências do patrimônio espeleológico, esgotando as possibilidades de outras ocorrências além das identificadas (Tela do ArcMap 04).



**Tela do ArcMap 04: Prospecção Lajedo do Arapuá (Setor R-11)**

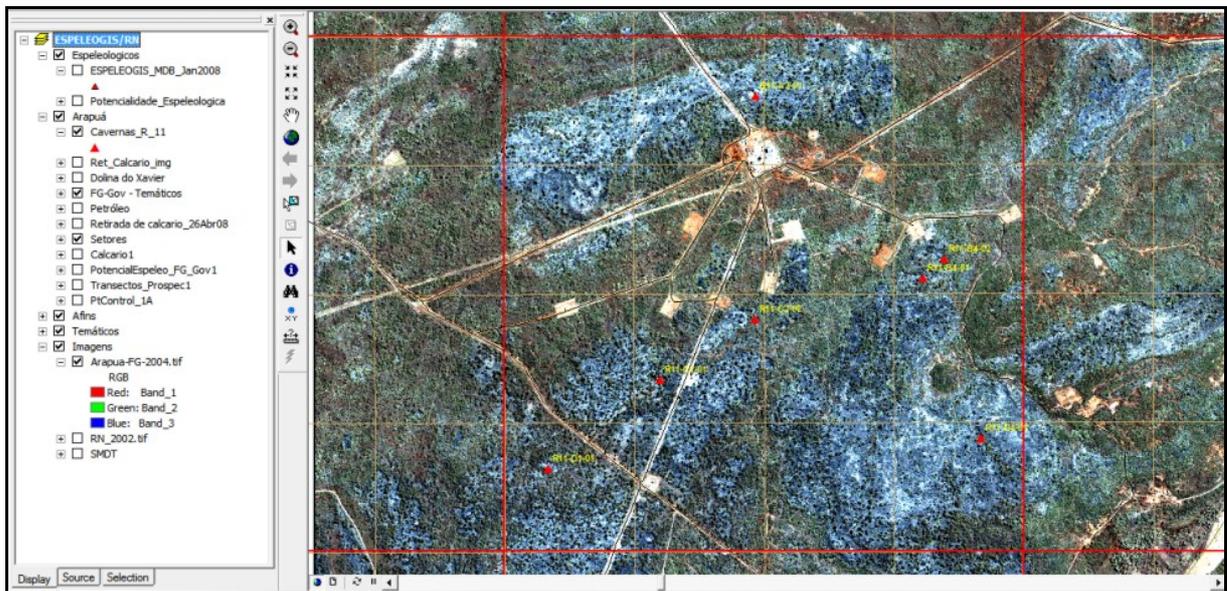
Ao término da prospecção, foram localizadas 7 cavidades: 2 dolinas, 1 abrigo e 4 cavernas (Tabela 01). Os dados coletados nessa etapa, alimentaram os módulos do EspeleoGis, possibilitando o planejamento da etapa seguinte de caracterização das cavernas (Tela ArcMap 05). No que tange a atividades antrópicas, a prospecção confirmou a existência dos 12 poços de petróleo identificados na imagem de satélite, duas válvulas para escape de gás e a edificação da subestação Leste Poço Xavier dentro do setor (Tabela 02). Identificou-se também a existência de 7 pontos de retirada de calcário. Ambas as atividades podem ser observadas na tela do ArcMap 04.

**Tabela 01: Cavernas localizadas no Lajedo do arapuá/RN**

Caverna	Classificação	Entrada	latitude	longitude
R11-A2-01	Abrigo	Principal	-5.51883983612	-37.62390136719
R11-B4-01	Caverna	Principal	-5.52523994446	-37.61809921265
R11-B4-02	Caverna	Principal	-5.52454996109	-37.61740112305
R11-C2-01	Dolina	Principal	-5.52880001068	-37.62730026245
R11-C2-02	Caverna	Principal	-5.52667999268	-37.62400054932
R11-D1-01	Dolina	Principal	-5.53190994263	-37.63119888306
R11-D4-01	Caverna	Principal	-5.53082990646	-37.61610031128

**Tabela 02: Poços de petróleo localizados no Lajedo do arapuá/RN**

Nome	Célula	Latitude	Longitude
Lpx-002	B4	-5.52352560768658	-37.6183749077031
Lpx-003	B3	-5.52553337998689	-37.6234999950976
Lpx-004	C2	-5.52642932161689	-37.6268978510052
Lpx-005	C1	-5.52647810429335	-37.6305013988167
Lpx-006	B4	-5.52302106624563	-37.6150938890374
Lpx-007	C2	-5.52603413209403	-37.6251513707562
Lpx-008	B3	-5.52156075198282	-37.6197843477301
Lpx-009	B3	-5.52452215041784	-37.619553576718
Lpx-010	B2	-5.52334276959301	-37.6260761730373
Lpx-012	B3	-5.52374417893589	-37.6225353218615
Lpx-014	C1	-5.52670257166029	-37.6290286146105
Rap-004	D2	-5.53264592774213	-37.6275373902172
Válvula de controle	A3	-5.52023407310665	-37.6219575887244
Válvula de controle	A3	-5.52095104876569	-37.6217469158956

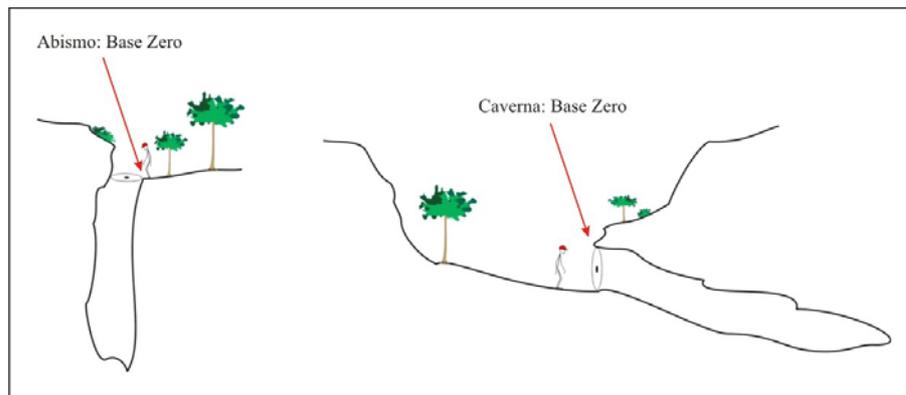


**Tela do ArcMap 05: Cavernas identificadas no Lajedo do Arapuá (Setor R-11)**

### 3.3.2 Identificação de uma caverna

Inicialmente a caverna recebe um código composto pelo setor, seguido da célula e de uma seqüência numérica, por exemplo: R11-C2-01. A coordenada deve ser adquirida pelo GPS, no ponto da base topográfica zero, com no mínimo, 4 satélites conectados e um erro, no

máximo, de 8 metros. A base topográfica zero localiza-se no centro da primeira poligonal, feita pelas paredes, piso e teto da entrada da caverna (Desenho 03). Caso não seja possível obter esses parâmetros na base zero, deve-se utilizar uma base âncora, ou seja, deve-se encontrar um local, onde a quantidade de satélites seja maior que 4 e o erro menor que 8 metros, para obtenção do ponto GPS, chamado de “Âncora”. Em seguida realiza-se a topografia do ponto âncora até a base zero, possibilitando o cálculo da coordenada da base zero.



Fonte: Adaptado de Linhares, 2006.

**Desenho 03: Definição da Base Topográfica Zero**

Nessa etapa o objetivo é identificar a existência de cavidades e atividades antrópicas, localizando-as com o uso do aparelho GPS. Na etapa seguinte, descrita no item 3.3.4, é que será realizada a caracterização das cavernas e das atividades identificadas. Assim, para que a prospecção flua, as cavernas localizadas, são parcialmente exploradas, sendo coletados somente os dados que constam na parte 1 da ficha de campo, que são os dados de identificação e localização da cavidade: classificação da cavidade, nome ou código da caverna, data, município/UF, localidade, autor das informações, tabela de identificação, detalhe do local, litologia dominante e dificuldades externas. Assim, procedeu-se nas oito ocorrências identificadas no setor R-11. Destas, somente na R11-D4-01 se fez necessário a prospecção preliminar da cavidade. Localizada pelo técnico Jocy Brandão Cruz, a caverna tem sua entrada em uma clarabóia, fazendo-se necessário o uso de técnicas verticais para adentrá-la. Outro fato, foi a probabilidade da cavidade desenvolver-se em direção a outras fraturas próximas. Assim, os outros membros da equipe foram contactados, efetuando-se a exploração preliminar da caverna (Fotografia 07).



Foto: Jocy Cruz (set/2006).

**Fotografia 07: Entrada da Caverna do Arapuá**

Por fim, cada cavidade recebeu uma placa provisória de identificação contendo seu código ou nome e suas coordenadas (Fotografia 08). Para facilitar a posterior localização da placa de identificação, esta sempre é colocada na entrada principal da caverna, do lado direito e protegida dos raios solares.



Foto: Jocy Cruz (set/2006).

**Fotografia 08: Placa de identificação de Caverna**

### 3.3.3 Identificação das atividades antrópicas

Quanto às atividades antrópicas, deparou-se com duas situações: atividade de extração de petróleo e a retirada de calcário. Na primeira, foram coletados os dados de identificação do poço e as suas coordenadas geográficas. Já nas extrações de calcário, realizou-se o mapeamento com o GPS da área da extração, medindo-se também sua profundidade. Assim foi possível determinar quantos metros cúbicos de minério foi retirado de cada área (Fotografias 09 e 10).



Foto: Diego Bento (set/2006).

**Fotografia 09: Retirada de calcário**



Foto: Diego Bento (set/2006).

**Fotografia 10: Atividade Petrolífera**

### 3.3.4 Caracterização das cavidades

Após a prospecção da área, quando esgotaram-se as possibilidades de novos cavernamentos, realizou-se então a caracterização das cavidades. Nesta etapa é quando se realiza a prospecção interna da caverna (exploração). Como já comentado anteriormente, por motivos de segurança, essa exploração é feita em conjunto ou por, no mínimo, dois membros da equipe.

Auler e Zogbi (2005), citam que diversos são os métodos escolhidos pelos grupos de exploração para tal procedimento: alguns preferem fazer toda a exploração da caverna e somente depois realizar a topografia e caracterização, outros já optam por realizar a exploração quando da topografia da cavidade, e concomitantemente realizar o preenchimento da ficha de caracterização. Com a mais absoluta certeza afirmamos que tal opção deva ser feita analisando-se caso a caso. Em casos de cavernas grandes e labirínticas, adentra-se na caverna a medida que sua topografia vai sendo realizada. Nestas cavernas, facilmente, pode-se

confundir os caminhos, e a equipe ficar perdida. No entanto, concordamos que a topografia da caverna flui com maior facilidade quando a equipe já conhece a caverna a ser topografada.

Nas cavernas do lajedo do Arapuá, cujas dimensões são pequenas, optou-se em primeiro realizar a exploração e somente depois a topografia. De posse do mapa topográfico e do pleno conhecimento da cavidade, realizou-se a caracterização. É importante ficar claro que a caracterização pode ser realizada dividindo-se a caverna em ambientes predominantes, ou seja, identificando áreas com propriedades qualitativas semelhantes, caracterizando cada ambiente identificado; ou pode-se caracterizá-la como um todo ou ainda por nível topográfico.

A ficha de caracterização de caverna (Item 1.2) foi elaborada de forma a facilitar o levantamento dos dados em campo e a alimentação da base de dados através de seu módulo mdb. A definição dos campos que compõem a ficha, objetivou contemplar todas as áreas do conhecimento que envolve o estudo dos ambientes cavernícola. Assim, faz-se necessário uma equipe multidisciplinar para preenchê-la na sua totalidade. Contudo, o pesquisador deve dominar inúmeras técnicas de pesquisa de campo e buscar o levantamento do máximo de informações sobre a caverna, sempre atentando para o rigor metodológico na coleta dos dados e manuseio dos equipamentos. Assim, acredita-se que os campos da ficha apresentados no quadro 03 sempre devam ser observados e coletados em todos os níveis topográficos de uma caverna. Esses foram os dados minimamente coletados para cada cavidade identificada no lajedo do Arapuá (Quadros 04 a 08)(Fotos 11 a 22).

**Quadro 03: Dados mínimos para caracterização de caverna**

<b>Parte da ficha</b>	<b>Campo</b>
Identificação e Localização	Nome das cavernas Data Município/UF Localidade Autor das informações Tabela identificação Acesso Detalhe do Local Croqui de acesso Bacia hidrográfica Litologia dominante Unidade geológica Dificuldades externas
Aspectos Sócio-Ambientais	Comunidade Uso e ocupação do solo
Características da Entrada	Situada em



Parte da ficha	Campo
	Posição Hidrografia Posição Vertente Dolina Lapiezamento Tabela vegetação
Feições Internas	Desenvolvimento Estado de conservação Descrição Dificuldades internas Volume Rocha sugerida Rocha sugerida Blocos Abatidos Tabela espeleotemas Morcegos Guano Outros Invertebrados terrestres

Quanto à topografia da caverna, diversas são as técnicas empregadas. Podemos citar duas como principais, e mais utilizadas: a de bases fixas e a de bases flutuantes, ambas com bons resultados quanto a precisão. O mais importante em uma topografia de caverna é a precisão com que o levantamento é feito e o nível de detalhes levantados. Sugerimos aqui, como precisão aceitável a 3C – UIS, ou seja, uma precisão na leitura dos instrumentos entre 1° e 5° ou 0,1 e 0,5m de erro no fechamento das poligonais; e os desenhos realizados a cada base topográfica. Quanto ao detalhamento, o mapa espeleotopográfico deve conter, minimamente, os principais atributos ou feições relevantes da caverna, como por exemplo: corpos d'água, principais espeleotemas, relevo interno e principais acidentes topográficos, presença de guano, vestígios arqueológicos e paleontológicos. Assim procedeu-se nas cavernas do lajedo do Arapuá, conforme Mapas 02 a 07.

### 3.3.4.1 Caverna do Arapuá

**Quadro 04: Dados de caracterização da Caverna do Arapuá**

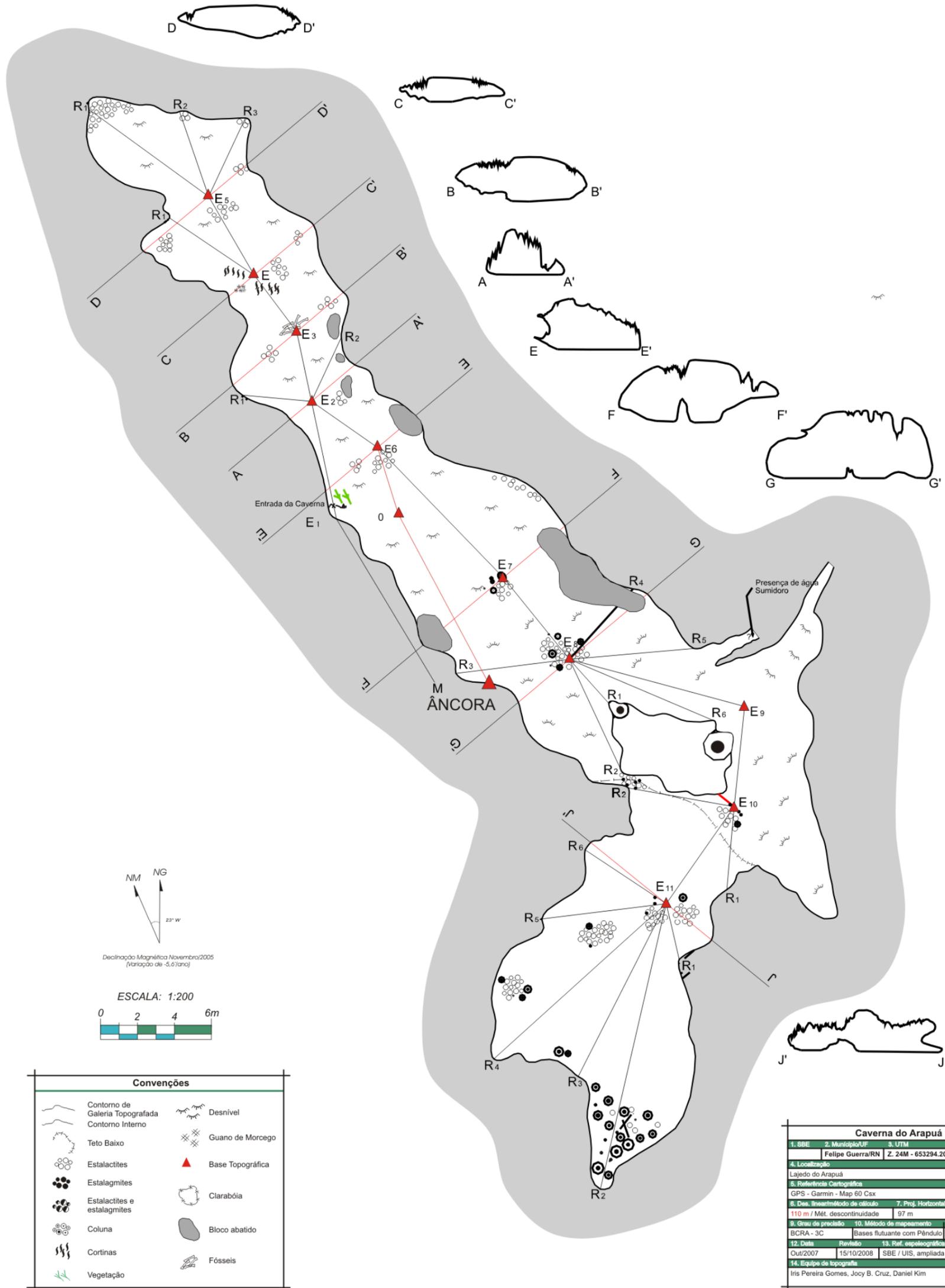
Feições	Características	Feições	Características
<b>Identificação e localização</b>		<b>Características da entrada</b>	
Nome:	Caverna do Arapuá	Entrada principal situada	Afloramento – Lajedo
Data:	15-10-2008	Lapiezamento	Horizontal expressivo
Município	Felipe Guerra	Vegetação na entrada	Arbórea
N. EspeleoGIS	2403707.015	Vegetação no entorno	Arbustiva – arbórea
Entrada Principal	Z. 24 653294.201E x	Estado de conservação da	Bem conservada

Feições	Características		Feições	Características	
	9388480.119N		vegetação		
Bacia Hidrográfica	Rio Apodi – Mossoró				
Litologia	Calcário				
Unidade Geológica	Grupo Apodi, Formação Jandaíra		<b>Feições Internas</b>		
Dificuldade externa	Nenhuma		Desenvolvimento	Horizontal	
Uso da Caverna	Científico		Estado de conservação	Conservada	
Uso e ocupação do solo	Agropecuária e exploração de petróleo		Desenvolvimento horizontal	110 m	
<b>Volume:</b>			Desnível	12 m	
			Precisão / método	3C / UIS	
	<b>AP-1</b>	<b>AP-2</b>	Padrão de galeria	Retilínea	
Largura máxima	10 m	9,8 m	Nível de desenvolvimento	Único	
Largura Predominante	9 m	7 m	Ambiente predominante 01	Principal	
Altura máxima	3,5 m	1,5 m	Ambiente predominante 02	Confinado	
Altura predominante	2,5 m	1 m	Dificuldades internas	Teto baixo e rastejamento	
<b>Litologia</b>			<b>Rio e Lago</b>		
	<b>AP-1</b>	<b>AP-2</b>		<b>AP-1</b>	<b>AP-2</b>
Efervescência	Muita	Muita	Sumidouro	Sim	
Cor	Clara	Clara	Água	Não	Não
Granulometria	Fina	Fina	<b>Seção</b>		
Friável	Não	Não		<b>AP-1</b>	<b>AP-2</b>
Laminação	Sub-horizantal	Sub-horizantal		<b>AP-1</b>	<b>AP-2</b>
Foliação	Não	Não	Elíptica horizontal;	Sim	Sim
Ondulado	Não	Não	<b>Solo</b>		
Dobrado	Não	Não		<b>AP-1</b>	<b>AP-2</b>
Fratura alinhada a galeria	Sim	Sim		<b>AP-1</b>	<b>AP-2</b>
Fratura trans a galeria	Sim	Sim	Argiloso Generalizado	Sim	Sim
Densidade (x/m)	6	6	<b>Blocos Abatidos</b>		
Aberta	Sim	Sim		<b>AP-1</b>	<b>AP-2</b>
Preenchida	Sim	Sim		<b>AP-1</b>	<b>AP-2</b>
<b>Morcego</b>			Irregulares	<4	Entre 1 – 2
	<b>AP-1</b>	<b>AP-2</b>	<b>Espeleotemas</b>		
Frugívoro	Grupo			<b>AP-1</b>	<b>AP-2</b>
Guano Frugívoro	Mancha seca		Estalactites	centimétricas	Centimétricas
Guano indeterminado		Mancha seca	Estalagmites	Centimétricas	Centimétricas
<b>Invertebrados Terrestres</b>			Travertinos		Travertinos
	<b>AP-1</b>	<b>AP-2</b>	Escorrimento	Centimétricas	Escorrimento
	<b>AP-1</b>	<b>AP-2</b>	Couve Flor	Milimétrico	
Aranha	Pouco Comum	Pouco Comum	Cortinas	Centimétricas	
Amblipígio	Pouco Comum	Pouco Comum	Coluna		Coluna
Formiga	Comum	Comum			
Cupim	Comum	Comum			
Mariposa	Comum	Comum			
Grilo	Pouco Comum	Pouco Comum			
Mosquito	Comum	Comum			
Percevejo		Raro			



**Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis**

Diretoria de Ecossistemas - DIREC  
 Centro Nacional de Estudo, Proteção e Manejo de Cavernas  
 Base do Rio grande do Norte



**Mapa 02: Mapa espeleotopográfico da Caverna do Arapá**



Foto: Diego Bento (out/2008).

**Fotografia 11: Caverna do Arapuá**

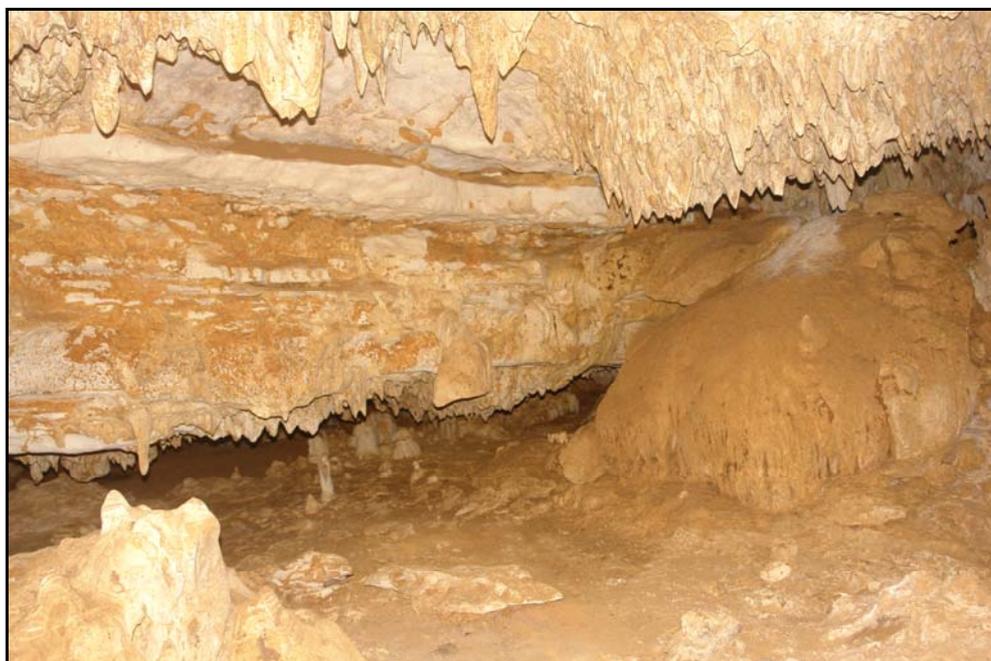


Foto: Tiago José (out/2008).

**Fotografia 12: Interior da Caverna do Arapuá**

## 3.3.4.2 Gruta da Bota

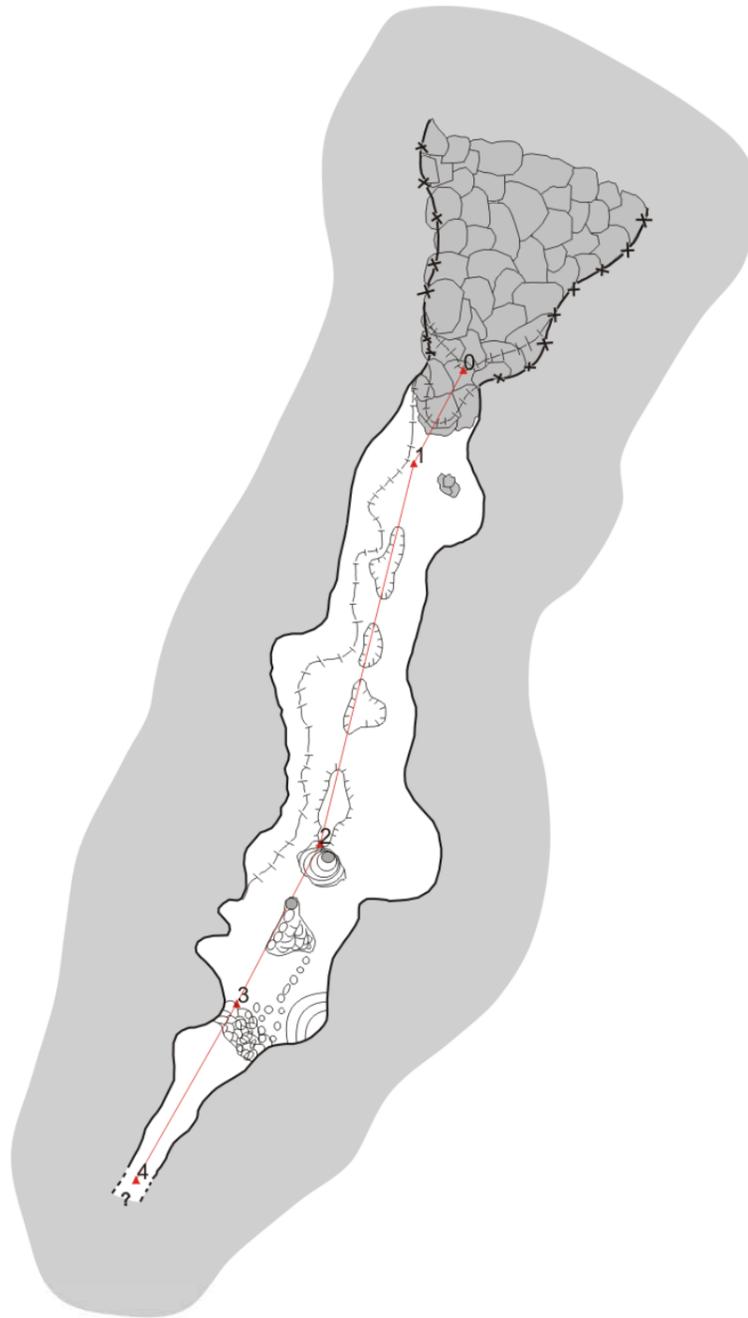
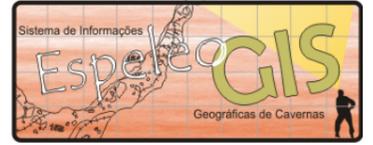
Quadro 05: Dados de caracterização da Gruta da Bota

Feições	Características		Feições	Características	
<b>Identificação e localização</b>			<b>Características da entrada</b>		
Nome:	Gruta da Bota		Entrada principal situada	Afloramento – Lajedo	
Data:	16-10-2008		Lapiezamento	Horizontal expressivo	
Município	Felipe Guerra		Vegetação na entrada	Arbustiva	
N. EspeleogIS	2403707.074		Vegetação no entorno	Arbustiva – arbórea	
Entrada Principal	Z. 24 653107.429E x 9389139.707N		Estado de conservação da vegetação	Bem conservada	
Bacia Hidrográfica	Rio Apodi – Mossoró		<b>Feições Internas</b>		
Litologia	Calcário				
Unidade Geológica	Grupo Apodi, Formação Jandaíra				
Dificuldade externa	Nenhuma		Desenvolvimento	Horizontal	
Uso da Caverna	Científico		Estado de conservação	Conservada	
Uso e ocupação do solo	Agropecuária e exploração de petróleo		Desenvolvimento horizontal	28,50 m	
<b>Volume:</b>			Desnível	1,3 m	
			Precisão / método	3C / UIS	
	<b>AP-1</b>	<b>AP-2</b>	Padrão de galeria	Retilínea	
Largura máxima	4,80 m	4,5 m	Nível de desenvolvimento	Único	
Largura Predominante	4 m	4 m	Ambiente predominante 01	Principal	
Altura máxima	3.3 m	0,50 m	Ambiente predominante 02	Teto Baixo	
Altura predominante	1.4 m	0.40 m	Dificuldades internas	Teto baixo e rastejamento	
<b>Litologia</b>			<b>Seção</b>		
	<b>AP-1</b>	<b>AP-2</b>		<b>AP-1</b>	<b>AP-2</b>
Efervescência	Muita	Muita	Elíptica horizontal;	Sim	Sim
Cor	Clara	Clara	<b>Solo</b>		
Granulometria	Fina	Fina		<b>AP-1</b>	<b>AP-2</b>
Friável	Não	Não	Argiloso Generalizado	Sim	Sim
Venuação	Sim	Não Obs	<b>Blocos Abatidos</b>		
Laminação	Sub- horizontal	Sub- horizontal			
Foliação	Não	Não		<b>AP-1</b>	<b>AP-2</b>
Ondulado	Não	Não	Irregulares	<4	Entre 1 – 2
Dobrado	Não	Não	<b>Espeleotemas</b>		
Fratura alinhada a galeria	Sim	Sim			
Fratura trans. a galeria	Sim	Sim		<b>AP-1</b>	<b>AP-2</b>
Aberta	Sim	Sim	Estalactites	Centimétricas	Centimétricas
Preenchida	Sim	Sim	Estalagmites		Centimétricas
<b>Morcego</b>			Travertinos		Centimétricas
			Escorrimento	Centimétricas	
	<b>AP-1</b>	<b>AP-2</b>	Couve Flor	Milimétrico	
Indeterminado		Grupo	Cortinas		
<b>Invertebrados Terrestres</b>			Coluna		Centimétrica
	<b>AP-1</b>	<b>AP-2</b>			
Aranha	Pouco Comum	Pouco Comum			
Mariposa	Comum	Comum			



**Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis**

Diretoria de Ecossistemas - DIREC  
 Centro Nacional de Estudo, Proteção e Manejo de Cavernas  
 Base do Rio grande do Norte



Convenções	
	Contorno do Relevo Externo
	Contorno de Galeria Topografada
	Contorno Interno
	Teto Baixo
	Represa de Travertino
	Blocos Abatido
	Poço
	Coluna com Escorrimento Calcítico
	Base Topográfica
	Escorrimento Calcítico



Gruta da Bota		
1. SBE	2. Município/UF	3. UTM
	Felipe Guerra/RN	Z. 24 653107.429E x 9389139.707N
4. Localização		
Lajedo do Arapuá		
5. Referência Cartográfica		
GPS - Garmin - Map 60 Csx		
6. Des. linear/método de cálculo	7. Proj. Horizontal	8. Desnível total
28.50 m / Mét. descontínuidade	28 m	1.3 m
9. Grau de precisão	10. Método de mapeamento	11. Bóscula
UIS - 3C	Bases flutuante com Pêndulo	Suunto
12. Data		
16/10/2008		
13. Ref. espeleotopográfica e espeleométrica		
SBE / UIS, ampliada e alterada pelo EGB		
14. Escala de topografia		
Jocy B. Cruz - Desenho e instrumento		
José Iatagan e Daniel Kim - trena		

**Mapa 03: Mapa espeleotopográfico da Gruta da Bota**



Foto: Diego Bento (out/2008).

**Fotografia 13: Conduto principal da Gruta da Bota**



Foto: Tiago José (out/2008).

**Fotografia 14: Entrada da Gruta da Bota**

### 3.3.4.3 Caverna do Sabonete

**Quadro 06: Dados de caracterização da Caverna do Sabonete**

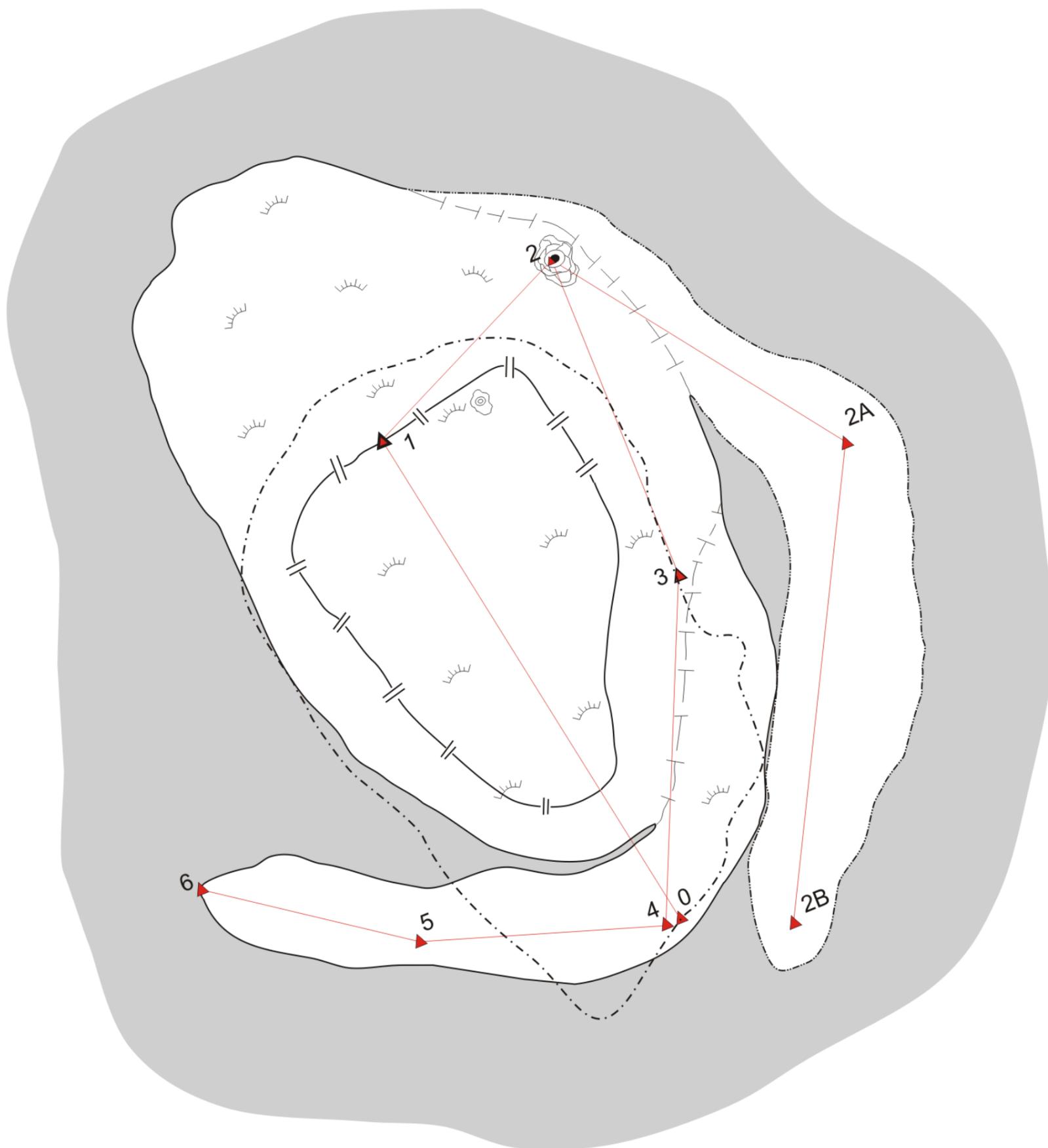
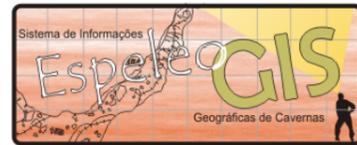
Feições	Características	Feições	Características
<b>Identificação e localização</b>		<b>Características da entrada</b>	
Nome:	Caverna do Sabonete	Entrada principal situada	Afloramento – Lajedo
Data:	15-10-2008	Lapiezamento	Horizontal expressivo
Município	Felipe Guerra	Vegetação na entrada	Arbórea
N. Espeleogis	2403707.020	Vegetação no entorno	Arbustiva – arbórea
Entrada Principal	Z. 24 652472.786E x 9388988.014N	Estado de conservação da vegetação	Bem conservada
Bacia Hidrográfica	Rio Apodi – Mossoró	<b>Feições Internas</b>	
Litologia	Calcário		
Unidade Geológica	Grupo Apodi, Formação Jandaíra		
Dificuldade externa	Nenhuma		
Uso da Caverna	Científico	Desenvolvimento	Horizontal
Uso e ocupação do solo	Agropecuária e exploração de petróleo	Estado de conservação	Conservada
		Desenvolvimento horizontal	51,50 m
<b>Volume</b>	AP-1	Desnível	12,5 m
		Precisão / método	3C / UIS
		Padrão de galeria	Retilínea
Largura máxima	11,5 m	Nível de desenvolvimento	Único
Largura Predominante	2 m	Ambiente predominante	Único
Altura máxima	7,7 m	Dificuldades internas	Teto baixo e rastejamento
Altura predominante	1,5 m	<b>Seção</b>	
<b>Litologia</b>			AP-1
	AP-1	Elíptica vertical;	Sim
Efervescência	Muita	<b>Solo</b>	
Cor	Clara		
Granulometria	Fina		AP-1
Friável	Não	Argiloso Localizado	Sim
Laminação	Sub-horizontal	<b>Blocos Abatidos</b>	
Foliação	Não		
Ondulado	Não		AP-1
Dobrado	Não	Irregulares	>4
Fratura alinhada a galeria	Sim	<b>Espeleotemas</b>	
Fratura transversal a galeria	Não observado		
Aberta	Sim		AP-1
Preenchida	Sim	Estalactites	Centimétricas
<b>Morcego</b>	AP-1	Estalagmites	Centimétricas
		Travertinos	Centimétricas
		Escorrimento	Métrico
Indeterminado	Grupo	Couve Flor	Milimétrico
Guano indeterminado	Mancha seca	Cortina	Métrica
<b>Invertebrados Terrestres</b>			
	AP-1		
Aranha	Raro		
Amblopígio	Raro		
Grilo	Pouco Comum		



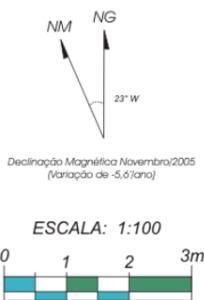


**Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis**

Diretoria de Ecossistemas - DIREC  
 Centro Nacional de Estudo, Proteção e Manejo de Cavernas  
 Base do Rio grande do Norte



Convenções	
	Contorno de Galeria Topografada
	Contorno Externo da Dolina
	Teto Baixo
	Desnível
	Base Topográfica
	Coluna



Caverna do Sabonete		
1. SBE	2. Município/UF	3. UTM
	Felipe Guerra/RN	Z. 24M - 652472.786E x 938988.014S
4. Localização		
Lajedo do Arapua		
5. Referência Cartográfica		
GPS - Garmin - Map 60 Csx		
6. Des. linear/método de cálculo	7. Proj. Horizontal	8. Desnível total
51.50 m / Mét. descontínuidade	47 m	12.5 m
9. Grau de precisão	10. Método de mapeamento	11. Bases
BCRA - 3C	Bases flutuante com Pêndulo	Suunto
12. Data	13. Ref. espeleológica e espeleométrica	
16/10/2008	SBE / UIS, ampliada e alterada pelo EGB	
14. Equipe de topografia		
Jocy B. Cruz - Desenho e instrumento Daniel Kim - Ponta de trena		

**Mapa 04: Mapa espeleotopográfico da Caverna do Sabonete**



Foto: Diego Bento (out/2008).

**Fotografia 15: Dolina de entrada da Caverna do Sabonete**



Foto: Tiago José (out/2008).

**Fotografia 16: Topografia da Caverna do Sabonete**

### 3.3.4.4 Gruta Pequena do Arapuá

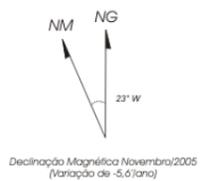
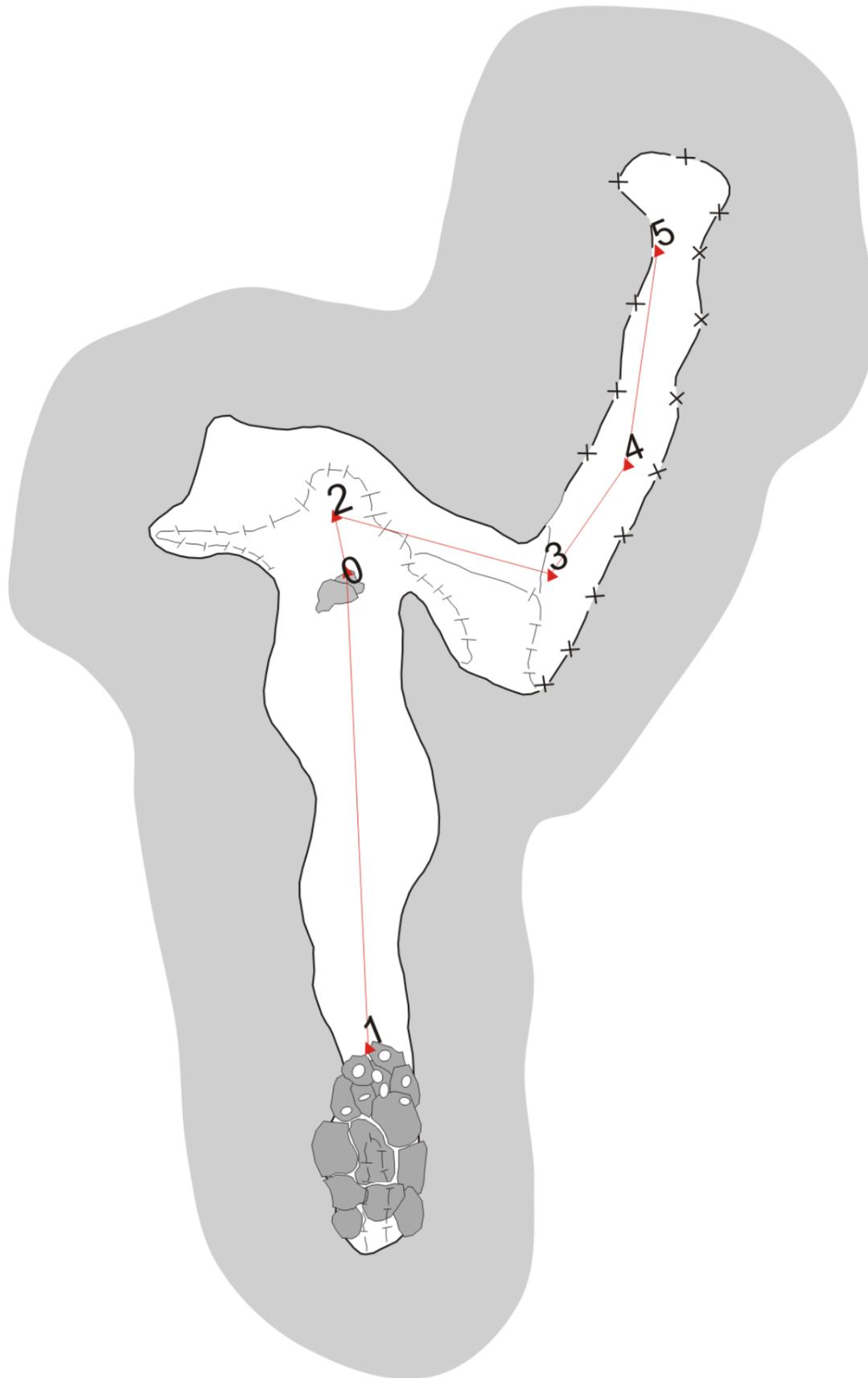
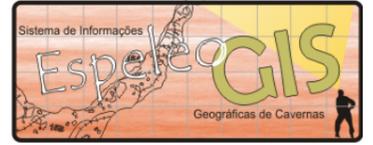
**Quadro 07: Dados de caracterização da Gruta Pequena do Arapuá**

Feições	Características	Feições	Características
<b>Identificação e localização</b>		<b>Características da entrada</b>	
Nome:	Gruta Pequena do Arapuá	Entrada principal situada	Afloramento – Lajedo
Data:	16-10-2008	Lapiezamento	Horizontal expressivo
Município	Felipe Guerra	Vegetação na entrada	Arbórea
N. Espeleogis	2403707.088	Vegetação no entorno	Arbustiva – arbórea
Entrada Principal	Z. 24 - 653191.885E x 9389216.927N	Estado de conservação da vegetação	Bem conservada
Bacia Hidrográfica	Rio Apodi – Mossoró	<b>Feições Internas</b>	
Litologia	Calcário		
Unidade Geológica	Grupo Apodi, Formação Jandaíra	Desenvolvimento	Horizontal
Dificuldade externa	Nenhuma	Estado de conservação	Conservada
Uso da Caverna	Científico	Des. horizontal	21 m
Uso e ocupação do solo	Agropecuária e exploração de petróleo	Desnível	12,5 m
<b>Volume:</b>		Precisão / método	Precisão / método
		Padrão de galeria	Retilínea
	<b>AP-1</b>	Nível de desenvolvimento	Único
Largura máxima	2,80 m	Ambiente predominante 01	Único
Largura Predominante	2 m	Dificuldades internas	Teto baixo
Altura máxima	2 m	<b>Seção</b>	
Altura predominante	1,5 m		
<b>Litologia</b>			<b>AP-1</b>
		Elíptica vertical;	Sim
	<b>AP-1</b>	<b>Solo</b>	
Efervescência	Muita		
Cor	Clara		<b>AP-1</b>
Granulometria	Fina	Argiloso Localizado	Sim
Friável	Não	<b>Blocos Abatidos</b>	
Laminação	Sub-horizontal		
Foliação	Não		<b>AP-1</b>
Ondulado	Não	Irregulares	>1
Dobrado	Não	<b>Espeleotemas</b>	
Fratuza alinhada a galeria	Sim		
Aberta	Sim		<b>AP-1</b>
Preenchida	Sim	Estalactites	Centimétricas
<b>Morcego</b>		Estalagmites	Centimétricas
		Travertinos	Centimétricas
	<b>AP-1</b>	Escorrimento	Métrico
Indeterminado	Grupo	Couve Flor	Milimétrico
<b>Invertebrados Terrestres</b>		Cortina	Métrica
	<b>AP-1</b>		
Aranha	Raro		
Grilo	Raro		



**Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis**

Diretoria de Ecossistemas - DIREC  
 Centro Nacional de Estudo, Proteção e Manejo de Cavernas  
 Base do Rio grande do Norte



Convenções	
	Contorno de Galeria Topografada
	Contorno Externo
	Teto Baixo
	Blocos abatidos
	Estalactite
	Base Topográfica

Pequena Gruta do Arapuá		
1. SBE	2. Município/UF	3. UTM
	Felipe Guerra	Z. 24 - 653191.885E x 9389216.927N
4. Localização		
Lajedo do Arapuá		
5. Referência Cartográfica		
GPS - Garmin - Map 60 Csx		
6. Des. linear/método de cálculo	7. Proj. Horizontal	8. Desnível total
22 m/Mét. descontinuidade	21 m	2 m
9. Grau de precisão	10. Método de mapeamento	11. Bússola
UIS - 3C	Bases Flutuante	Suunto
12. Data	13. Referência espeleológica e espeleométrica	
16/10/2008		
14. Equipe de topografia		
Jocy Cruz - desenho e instrumentos		
Daniel Kim - Trena		

**Mapa 05: Mapa espeleotopográfico da Pequena Gruta do Arapuá**



Foto: Jocy Cruz (out/2008).

**Fotografia 17: Entrada principal da Gruta Pequena do Arapuá**



Foto: Jocy Cruz (out/2008).

**Fotografia 18: Interior Gruta Pequena do Arapuá**

### 3.3.4.5 Dolina do Xavier

Não foi possível realizar o levantamento topográfico e a caracterização da dolina, devido ao alto grau de periculosidade que envolve a exploração. A dolina possui 15 metros de raio e uma profundidade de aproximadamente 20 metros. As paredes servem de suporte para dezenas de colméias de abelha italiana, muito conhecidas pela agressividade e são bastante friáveis, o que facilita o desmoronamento. Assim, pela segurança da equipe, optou-se por realizar a caracterização dispondo de uma logística especial, onde inclui-se uma equipe de resgate do corpo de bombeiros. O mapa topográfico, apresentado a seguir, corresponde as bordas externas da dolina e foi feito através da análise de imagem do satélite Quick Bird (Mapa 06)(Fotos 19 e 20).

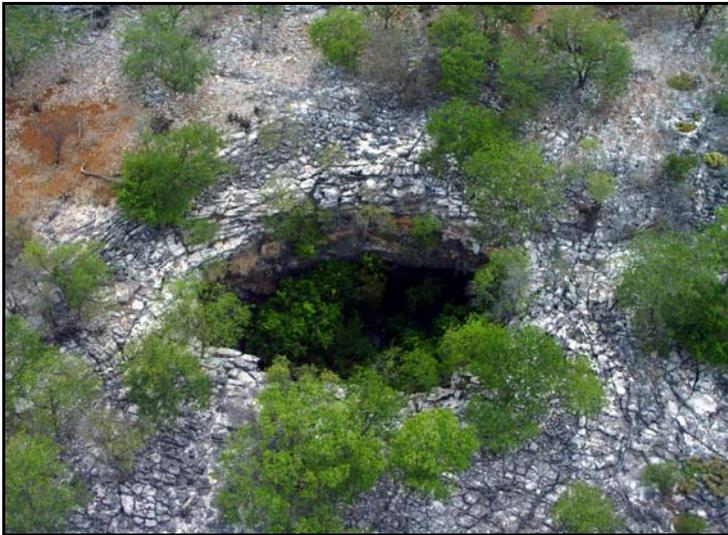


Foto: Claudio Belini (jan/2007).

**Fotografia 19: Dolina do Xavier**



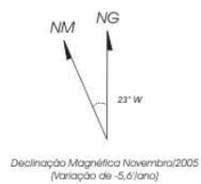
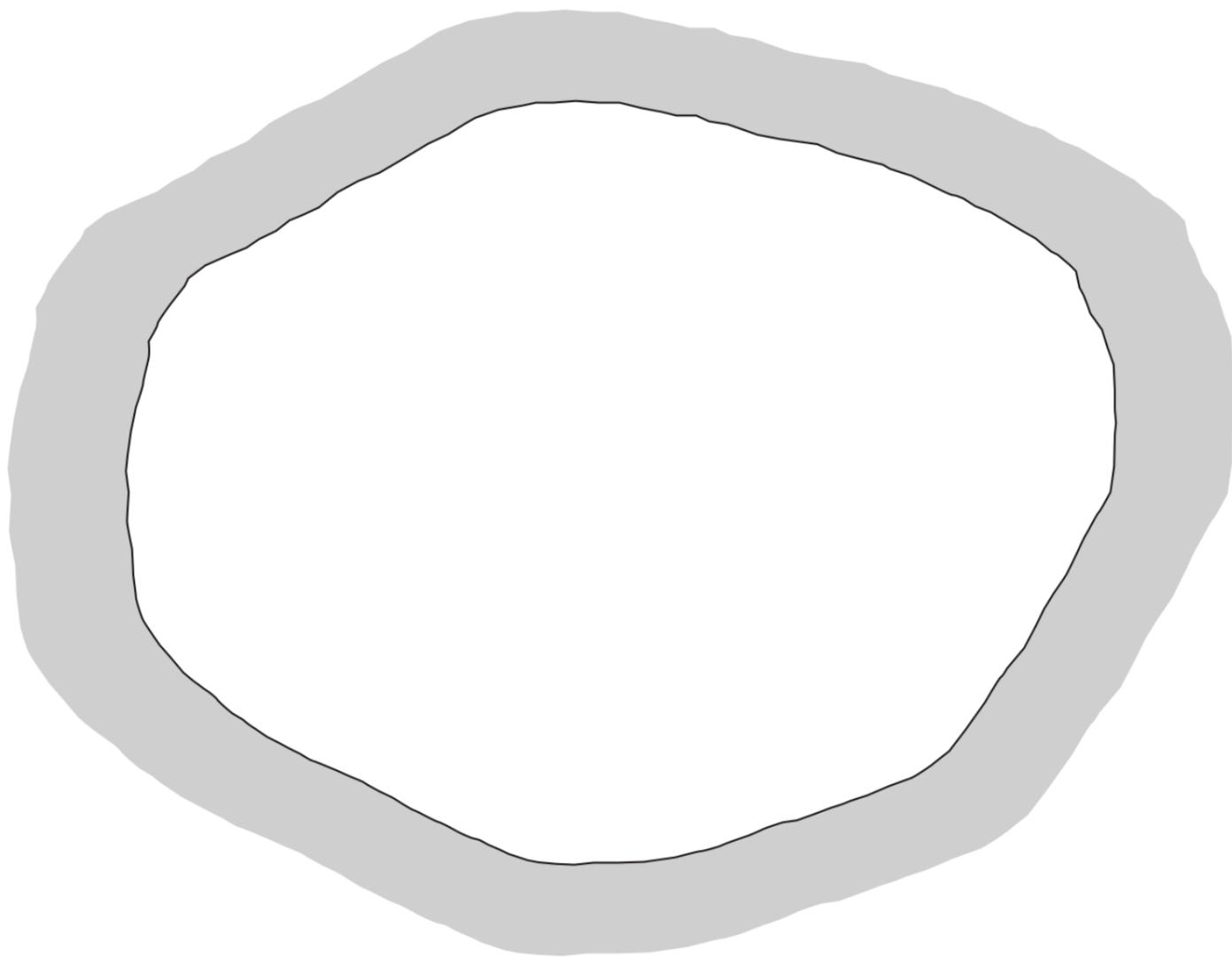
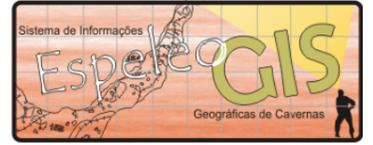
Foto: Joey Cruz (jan/2005).

**Fotografia 20: Visão lateral da Dolina do Xavier**



**Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis**

Diretoria de Ecossistemas - DIREC  
Centro Nacional de Estudo, Proteção e Manejo de Cavernas  
Base do Rio grande do Norte



Dolina do Xavier		
1. SBE	2. Município/UF	3. UTM
	Felipe Guerra/RN	Z. 24M - 651626.409E x 9388364.034S
4. Localização		
Lajedo do Arapua		
5. Referência Cartográfica		
GPS - Garmin - Map 60 Csx		
6. Des. linear/método de obtido	7. Proj. Horizontal	
38 m / Mét. descontinuidade	38 m	
8. Grau de precisão	10. Método de mapeamento	
BCRA - 2B	Vetorização de Imagem de satélite Quick Bird	
12. Data		
19/10/2008		
13. Ref. espeleográfica e espeleométrica		
SBE / UIS, ampliada e alterada pelo EGB		
14. Cartografia digital		
Jocy B. Cruz		

**Mapa 06: Mapa espeleotopográfico da Dolina do Xavier**

## 3.3.4.6 Dolina do Xavier 2

Quadro 08: Dados de caracterização da Dolina do Xavier 2

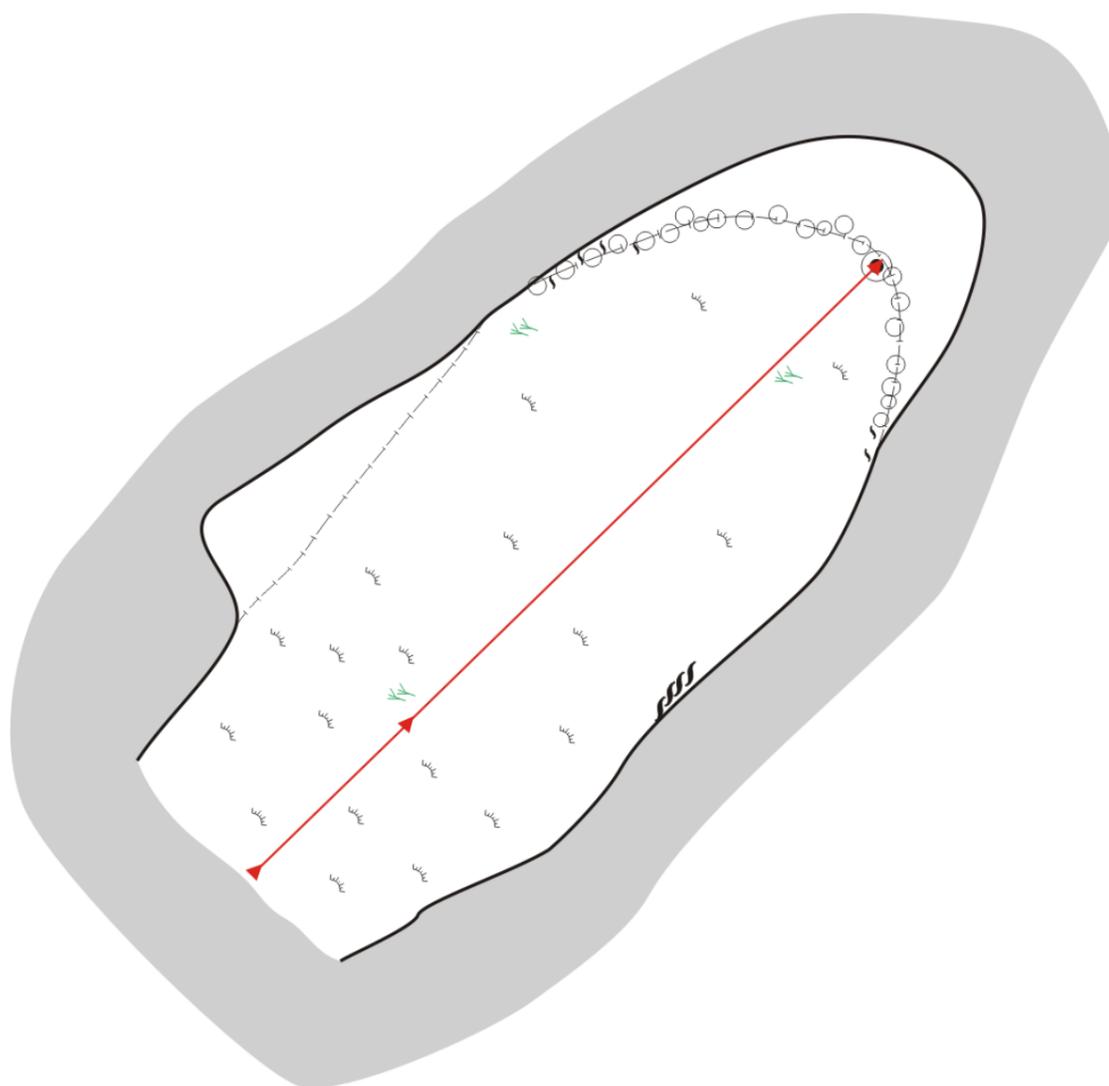
Feições		Feições	Características
<b>Identificação e localização</b>		<b>Características da entrada</b>	
Nome:	Dolina do Xavier 2	Entrada principal situada	Afloramento, dolina
Data:	16-10-2008	Posição	Base / fundo
Município	Felipe Guerra	Proj horizontal	Elíptica
N. EspeleoGIS	2403707.027	Proj vertical	Cilíndrica
Entrada Principal	Z. 24 651676.665E x 9388409.839N	Lapieçamento	Horizontal expressivo
Bacia Hidrográfica	Rio Apodi – Mossoró	Vegetação na entrada	Arbórea e arbustiva
Litologia	Calcário	Vegetação no entorno	Arbórea e arbustiva
Unidade Geológica	Grupo Apodi, Formação Jandaíra	Estado de conservação da vegetação	Bem conservada
Dificuldade externa	Abelha		
Uso da Caverna	Científico	<b>Espeleometria</b>	
Uso e ocupação do solo	Agropecuária, mineração e exploração de petróleo		
<b>Volume</b>		Desenvolvimento	Horizontal
	<b>AP-1</b>	Estado de conservação	Mineração clandestina
Largura máxima	16 m	Des. horizontal	33,50 m
Largura Predominante	12 m	Desnível	8 m
Altura máxima	10 m	Precisão / método	Precisão / método
Altura predominante	10 m	Padrão de galeria	Retilínea
<b>Litologia</b>	<b>AP-1</b>	Nível de desenvolvimento	Único
		Ambiente predominante 01	Único
	<b>AP-1</b>	Dificuldades internas	Teto baixo e rastejamento
Efervescência	Muita	<b>Seção</b>	
Cor	Clara		
Granulometria	Fina		<b>AP-1</b>
Friável	Não	Elíptica vertical;	Sim
Laminação	Sub-horizontal	<b>Solo</b>	
Foliação	Não		
Ondulado	Não		<b>AP-1</b>
Dobrado	Não	Caótico generalizado	Sim
<b>Espeleotemas</b>	<b>AP-1</b>	Argiloso localizado	Sim
		<b>Blocos Abatidos</b>	
	<b>AP-1</b>		<b>AP-1</b>
Estalactites	Métricas		<b>AP-1</b>
Estalagmites	Métricas	Irregulares estáveis	>4
Escorrimento	Métricas	<b>Invertebrados Terrestres:</b> Não Observado	
Cortinas	Métrica		





**Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis**

Diretoria de Ecossistemas - DIREC  
 Centro Nacional de Estudo, Proteção e Manejo de Cavernas  
 Base do Rio grande do Norte



Convenções			
	Contorno de Galeria Topografada		Desnível
	Contorno Interno		Base Topográfica
	Teto Baixo		Cortinas
	Estalactites		Vegetação
	Coluna		



Dolina do Xavier 2			
1. SBE	2. Município/UF	3. UTM	
	Felipe Guerra/RN	Z. 24M - 651626.409E x 9388364.034S	
4. Localização			
Lajedo do Arapua			
5. Referência Cartográfica			
GPS - Garmin - Map 60 Csx			
6. Des. linha/método de cálculo	7. Proj. Horizontal	8. Desnível total	
33,50 m / Mét. descontinuidade	32 m	8 m	
9. Grau de precisão	10. Método de mapeamento	11. Bases	
BCRA - 3C	Bases flutuante com Pêndulo	Suunto	
12. Data			
16/10/2008			
13. Ref. espeleológica e espeleométrica			
SBE / UIS, ampliada e alterada pelo EGB			
14. Equipe de topografia			
Jocy B. Cruz - Desenho e instrumento			
Daniel Kim - Ponta de trena			

**Mapa 07: Mapa espeleotopográfico da Dolina do Xavier 2**



Foto: Diego Bento (out/2008).

### **Fotografia 21: Dolina do Xavier 2**

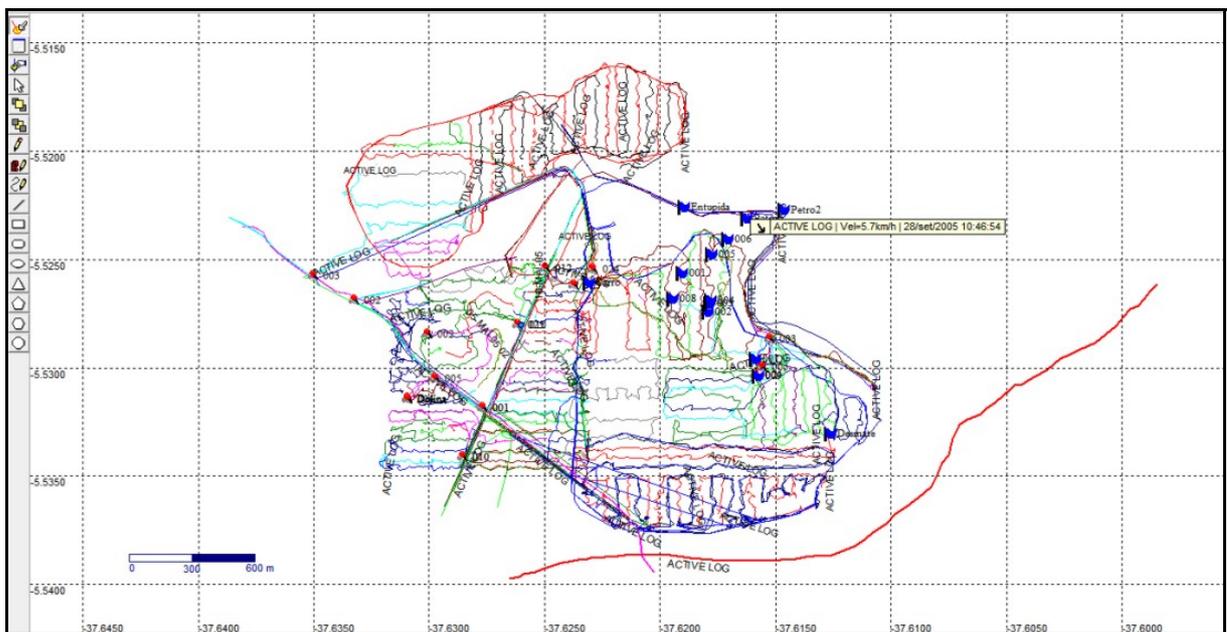


Foto: Tiago José (out/2008).

### **Fotografia 22: Levantamento topográfico da Dolina do Xavier 2**

### 3.4 O pós campo

No retorno ao gabinete, inicia-se o processamento dos dados de campo. Na primeira etapa dos trabalhos de campo, quando foi realizada a prospecção e foram identificadas as cavidades, utilizou-se o programa TrackMaker, versão Professional 4.3, para transferir os dados do GPS para o computador, e após a limpeza dos dados, transferi-los para o ArcGis (Tela do TrackMaker 01). Já os dados de identificação das cavernas, foram inseridos no sistema através do módulo mdb e posteriormente importados para o módulo geoespacial.



**Tela do TrackMaker 01: Dados brutos da prospecção do lajedo do Arapuá/RN**

Na segunda etapa do trabalho de campo, quando foram caracterizadas e topografadas as cavidades identificadas na primeira etapa, os dados da caracterização foram inseridos no sistema através do módulo mdb e atualizados no ArcGis. Já os mapas topográficos foram confeccionados utilizando-se o *software Compass*, versão 5.08.9.7.157, para gerar, a partir das distâncias, inclinações e azimutes obtidos na topografia, as aranhas das cavernas, e o CorelDraw, para desenhar os contornos e demais feições, além de fazer o acabamento gráfico. Estes mapas foram exportados para a extensão “dxf” sendo estes georreferenciados no Autocad e inseridos no EspeloGIS.

Além dos dados estatísticos possíveis de serem extraídos no módulo mdb, os dados passam a integrar o módulo geoespacial do sistema onde se têm disponíveis ferramentas que possibilitam gerar um mapa topográfico (APÊNDICE A), contendo todas as feições levantadas. Utilizando a ferramenta *Analysis tools* do ArcToolbox, foi definido a área de

influência das cavernas, gerando um *buffer* de 250 metros em torno de sua projeção horizontal. Assim foi possível verificar quais atividades estão dentro da área de influência das cavidades, desrespeitando a legislação vigente.

Entre os produtos gerados destacam-se os que atendem as exigências do CECAV, quando do licenciamento de empreendimentos potencialmente impactantes ao patrimônio espeleológico. Tais exigências constam no Termo de Referência para Levantamento do Patrimônio Espeleológico, são estes: o mapa topográfico das cavidades (Mapas 02 a 07), o mapa topográfico contendo a área de influência das cavidades identificadas (APÊNDICE A), o mapa topográfico da área constando os caminhamentos realizados para a prospecção (APÊNDICE B) e a caracterização das cavidades (Itens 3.3.4.1 ao 3.3.4.6).

---

## CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES



Foto: Jocy Cruz (jan/2008). Gruta dos Crotes. Felipe Guerra /RN

Pôde-se comprovar, com os estudos realizados no lajedo do Arapuá, uma forte pressão das atividades antrópicas sobre o carste. Entre os 10 setores do município já estudados pelo CECAV, o setor R-11, lajedo do Arapuá, é um dos mais impactados. Ambas as atividades ali identificadas, foram instaladas sem que os estudos exigidos pela legislação ambiental fossem realizados, ferindo o Decreto Lei Nº 99.556/90 e a Resolução CONAMA Nº 347/2004, e colocando em risco o patrimônio espeleológico da área. A atividade petrolífera, que tem 12 poços de petróleo em funcionamento no setor, dos quais 6 em área de influência de cavernas, é a que tem provocado o maior impacto. Todos os poços estão licenciados pelo IDEMA – órgão estadual de meio ambiente – contudo, na época do licenciamento, não foi solicitado os estudos espeleológicos. Mesmo não tendo sido identificado nenhum dano estrutural nas cavidades decorrentes dessa atividade, não isenta de responsabilidades a Petrobras, tendo em vista os danos causados nas respectivas áreas de influências. Quanto a extração de calcário – realizada artesanalmente por moradores da redondeza – a Petrobras é co-responsável pelos danos causados, haja visto a construção das estradas de acesso aos poços ter, em muito, facilitado a chegada de caminhões para a retirada do calcário, potencializando a atividade, que, diga-se de passagem, ocorre a revelia da lei – a sazonalidade da atividade dificulta a ação da fiscalização dos órgãos ambientais. Os sete pontos de mineração identificados no setor estão a margem das estradas de acesso aos poços de petróleo, e dois deles estão em área de influência de caverna.

Assim, faz-se necessário a intensificação das ações de fiscalização pelos órgãos competentes, no intuito de coibir a retirada de calcário e punir os responsáveis. Fato que tem acontecido sistematicamente por parte do IBAMA, CECAV e DNPM, contudo o IDEMA, que é o órgão licenciador, ainda tem estado distante da área.

No tocante a atividade petrolífera, a readequação das licenças é imprescindível, devendo ser exigido os devidos estudos, em especial os estudos bioespeleológicos frente a fragilidade da fauna cavernícola. Quanto aos danos já estabelecido, que por sua vez são irreversíveis, podem ser remetidos para “Compensação Ambiental”. Esta, na forma de apoio a pesquisa e a atividade espeleológica no Estado e em investimentos na fiscalização, proteção e conservação do carste potiguar.

No tocante a metodologia aplicada para a realização da prospecção, identificação e caracterização das cavernas do lajedo do Arapuá, é notório as facilidades proporcionadas pelo EspeleogIS: a sistematização dos dados coletados pelo módulo mdb, proporcionando seu cruzamento e a extração rápida de dados estatísticos; o planejamento das atividades de campo

pelo módulo geoespacial, proporcionando um conhecimento prévio da área, minimizando falhas e acidentes; o controle da prospecção obtida pela interação do módulo geoespacial e os aparelhos receptores do sistema GPS, facilitando a retomada das atividades, quando interrompidas e garantindo a confiabilidade e segurança do estudo; a retroalimentação do EspeleoGIS, proporcionando a realização de operações espaciais, facilitando a análise dos dados, a geração de mapa e a tomada de decisões.

Ao interagirmos com o ambiente cavernícola, tornou-se claro a necessidade do domínio de inúmeras técnicas de pesquisas de campo, para que a caracterização seja realizada a contento, no entanto, este conhecimento facilitará a “leitura” e a apreensão da caverna como um todo. Concordamos com o fato de que é preciso uma equipe multidisciplinar para se chegar a exaustão da ficha de caracterização de caverna. Entendemos que a caracterização da caverna ocorrerá dentro de processo e não em uma única expedição. É preciso, sempre que retornar a uma caverna, continuar a caracterização dos itens que por algum motivo não foram levantados. Assim, ao longo desse processo, o conhecimento acerca da caverna será construído aprimorando as análises do ambiente cavernícola. É de suma importância nesse processo a retroalimentação da base de dados.

Por fim, a metodologia aplicada no setor R-11, nos permite afirmar que foram esgotadas todas as possibilidades de encontrar uma ocorrência de cavernas além das identificadas durante a prospecção. A retroalimentação do EspeleoGIS e os produtos por ele gerado, em muito facilita as análises dos levantamentos pelos órgãos licenciadores, assim como a vistoria por eles realizadas, uma vez que o módulo geoespacial alimenta aparelhos receptores do sistema GPS.

Contudo é prudente salientar que, adequações serão necessárias, quando da utilização do EspeleoGIS em outras regiões – por exemplo, locais cujo relevo tem grandes inclinações. Essas adaptações estão relacionadas, entre outras, ao alto grau de dificuldade para transpor aos obstáculos naturais durante a prospecção interna e externa, a qualidade dos dados disponíveis e a escala destes dados.

---

## REFERÊNCIAS

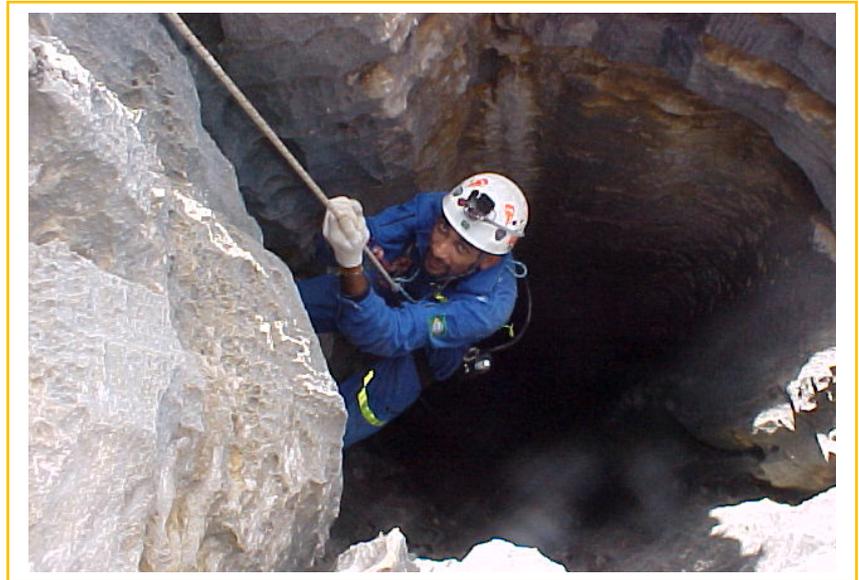


Foto: Arquivo CECAV (nov/2002). Gruta da Fenda. Felipe Guerra /RN



ARAUJO, Paulo César de. **Implementação e aquisição de um SIG.pdf**. Arquivo texto, Natal, 2008.

AULER, Augusto. **Histórico da espeleologia brasileira**: o Brasil colonial e a época dos naturalistas. Belo Horizonte: Grupo Bambuí, 2004. Disponível em: <<http://www.redespeleo.org.br>>. Acesso em: 06 maio 2008.

\_\_\_\_\_. **Relevância de cavidades naturais subterrâneas**: contextualização, impactos ambientais e aspectos jurídicos. Brasília: Ministério de Minas e Energia, 2006. 166p.

AULER, Augusto; RUBBIOLI, Ézio; BRANDI, Roberto. **As grandes cavernas do Brasil**. Belo Horizonte: Grupo Bambuí de Pesquisas Espeleológicas, 2001. 228p.

AULER, Augusto; ZOGBI, Leda. **Espeleologia**: noções básicas. São Paulo: Redespeleo Brasil, 2005.

BERBERT-BORN, Myléne Luiza C.; HORTA, Lilia C. Senna; DUTRA, Georgete Macedo. Levantamento espeleológico. In: BRASIL. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM). **APA Carste de Lagoa Santa**: patrimônio espeleológico, histórico e cultural. Belo Horizonte: CPRM/IBAMA, 1998. 71p.

BEZERRA, Francisco Hilário Rego. Geologia regional. In: CRUZ, Jocy Brandão (Org.). **Diagnóstico espeleológico do Rio Grande do Norte**. Natal: ICMBIO, 2008. p. 11 - 23.

BRASIL. Agência Nacional de Petróleo (ANP). **Banco de dados de exploração e produção**. Rio de Janeiro, 2008. Base de dados. Disponível em: <<http://maps.bdep.gov.br/website/maps/viewer.htm>>. Acesso em: 25 ago. 2008.

BRASIL. CONAMA. Res. n. 347, de 10 de setembro de 2004. Dispõe sobre a proteção do patrimônio espeleológico. In: IBAMA. CECAV. **Legislação espeleológica**. Disponível em: <[http://www.ibama.gov.br/cecav/index.php?id\\_menu=159](http://www.ibama.gov.br/cecav/index.php?id_menu=159)>. Acesso em: 26 out. 2007.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília: Senado Federal, 1988.

BRASIL. Decreto Lei n. 99.556, de 01 de outubro de 1990. Dispõe sobre a proteção das cavidades naturais subterrâneas existentes no território nacional, e dá outras providências. In: INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS (IBAMA). Centro Nacional de Estudo, Proteção e Manejo de Cavernas (CECAV). **Legislação espeleológica**. Disponível em: <[http://www.ibama.gov.br/cecav/index.php?id\\_menu=159](http://www.ibama.gov.br/cecav/index.php?id_menu=159)>. Acesso em: 26 out. 2007.

BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM). **Sistema de informações geográficas da mineração**. Brasília, 2008. Base de dados. Disponível em: <<http://sigmine.dnpm.gov.br/>>. Acesso em: 25 ago. 2008.

BRASIL. Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA). **Mapa dos projetos de assentamento rural do Rio Grande do Norte**. Natal, 2008. Mapa digital no formato dgn.

CÂMARA, Gilberto. **Modelos, linguagens e arquiteturas para bancos de dados geográficos**. 1995. 264 f. Tese (Doutorado em Computação Aplicada) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1995. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/teses/gilberto>>. Acesso em: 30 mar. 2008.

CÂMARA, Gilberto; DAVIS, Clodoveu. **Introdução: por que geoprocessamento?** São José dos Campos: INPE, 2001. Disponível em: <<http://www.redespeleo.org.br>>. Acesso em: 06 maio 2008.

CÂMARA, Gilberto; MONTEIRO, Antônio Miguel Vieira. Conceitos básicos em ciência da geoinformação. In: CÂMARA, Gilberto; MONTEIRO, Antônio Miguel Vieira; MEDEIROS, José Simeão (Ed.). **Introdução à Ciência da Geoinformação**. São José dos Campos: INPE, 2004. cap. 2, p. 1-35. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/index.html>>. Acesso em: 14 jul. 2008.

CÂMARA, Gilberto; QUEIROZ, Gilberto Ribeiro de. Arquitetura de sistemas de informação geográfica. In: CÂMARA, Gilberto; MONTEIRO, Antônio Miguel Vieira; MEDEIROS, José Simeão (Ed.). **Introdução à Ciência da Geoinformação**. São José dos Campos: INPE, 2004. cap. 3, p. 1 - 12. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/index.html>>. Acesso em: 14 jul. 2008.

CRUZ, Jocy Brandão; CAMPOS, Uilson Paulo; MENDES, José Iatagan. Geoprocessamento e prospecção espeleológica. In: ENCONTRO NATALENSE DE GEÓGRAFOS, 1., 2006, Natal. **Resumos...** Natal: Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2006. 1 CD-ROM.

CRUZ, Jocy Brandão et al. Patrimônio espeleológico do Rio Grande do Norte. In: CRUZ, Jocy Brandão (Org.). **Diagnóstico espeleológico do Rio Grande do Norte**. Natal: ICMBIO, 2008. 78 p.

CRUZ, Pedro Ferraz; CRUZ, Jocy Brandão. **WEBGIS.txt**. Natal, 2008. Arquivo texto.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (SGB). **Mapa Geológico do Estado do Rio Grande do Norte**. Recife, 2006. Escala 1:500.000, Mapa digital no formato *shape file*.

DIAS, Marcelo. **Caracterização de caverna**. Januária, 2003. 7p. Apostila do Mini Curso de caracterização de caverna, ministrado durante o XXVII Congresso Brasileiro de Espeleologia.

FERREIRA, Karine Reis et al. Arquiteturas e linguagens. In: CASANOVA, Marco Antônio et al. **Banco de Dados Geográfico**. Curitiba: MundoGEO, 2005. p. 160 - 201.

FURLAN, Sueli Ângelo. Técnicas de Biogeografia. In: VENTURI, Luiz Antonio Bittar (Org.). **Praticando Geografia**. São Paulo: Oficina de Texto, 2005. p. 99-130.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Mapas interativos**: malha municipal digital do Brasil 2005. Rio de Janeiro, 2005. Base de dados. Disponível em: <<http://mapas.ibge.gov.br/divisao/viewer.htm>>. Acesso em: 25 ago. 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS (IBAMA). Portaria n. 057, de 06 de junho de 1997. Dispõe sobre a criação do Centro Nacional de Estudo, Proteção e Manejo de Cavernas, e dá outras providências. In: INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS (IBAMA). Centro Nacional de Estudo, Proteção e Manejo de Cavernas (CECAV). **Legislação espeleológica**. Disponível em: <[http://www.ibama.gov.br/cecav/index.php?id\\_menu=159](http://www.ibama.gov.br/cecav/index.php?id_menu=159)>. Acesso em: 26 out. 2007.

\_\_\_\_\_. Portaria n. 887, de 01 de outubro de 1990. Dispõe sobre a proteção das cavidades naturais subterrâneas existentes no território nacional, e dá outras providências. In: INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS (IBAMA). Centro Nacional de Estudo, Proteção e Manejo de Cavernas (CECAV). **Legislação espeleológica**. Disponível em: <[http://www.ibama.gov.br/cecav/index.php?id\\_menu=159](http://www.ibama.gov.br/cecav/index.php?id_menu=159)>. Acesso em: 26 out. 2007.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS (IBAMA). Centro Nacional de Estudo, Proteção e Manejo de Cavernas (CECAV). **Base de dados**. Disponível em: <[http://www.ibama.gov.br/cecav/index.php?id\\_menu=228](http://www.ibama.gov.br/cecav/index.php?id_menu=228)>. Acesso em: 19 maio 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS (IBAMA). Centro Nacional de Estudo, Proteção e Manejo de Cavernas (CECAV). **Mapa de potencialidade de ocorrência de cavernas**. Disponível em: <[http://www.ibama.gov.br/cecav/index.php?id\\_menu=193](http://www.ibama.gov.br/cecav/index.php?id_menu=193)>. Acesso em: 16 maio 2008.

INSTITUTO DE DEFESA DO MEIO AMBIENTE DO RIO GRANDE DO NORTE (IDEMA). **Mapa da rede hidrográfica do Rio Grande do Norte**. Natal, 2007. Escala 1:500.000, Mapa digital no formato *shape file*.

\_\_\_\_\_. **Mapa de relevo do Rio Grande do Norte**. Natal, 2006. Escala 1:500.000, Mapa digital no formato *shape file*.

\_\_\_\_\_. **Mapa de tipos climáticos do Rio Grande do Norte**. Natal: SERHID, 2003. Escala 1:500.000, Mapa digital no formato *shape file*.

\_\_\_\_\_. **Mapa de vegetação do Rio Grande do Norte**. Natal, 2007. Escala 1:500.000, Mapa digital no formato *shape file*.

\_\_\_\_\_. **Mapa rodoviário do Rio Grande do Norte**. Natal, 2006. Escala 1:500.000, Mapa digital no formato *shape file*.

\_\_\_\_\_. **Perfil do seu município**: Felipe Guerra. Disponível em: <<http://www.idema.rn.gov.br/perfil/Felipe%20Guerra/Felipe%20Guerra.doc>>. Acesso em: 25 ago. 2008.

KARMANN, Ivo. Ciclo da água: água subterrânea e sua ação geológica. In: TEIXEIRA, Wilson (Org.). **Decifrando a terra**. São Paulo: Oficina de Texto, 2001. p. 116-166.

LINHARES, Julio Cesar; CRUZ, Jocy Brandão. Topografia espeleológica. In: ENCONTRO TÉCNICO DO CECAV, 9., 2006, Brasília. **Resumos...** Brasília: CECAV, 2006. 1 CD-ROM.

LINO, Clayton F. **Cavernas**: o fascinante mundo subterrâneo. São Paulo: Gaia, 2001.

Espeleo Grupo de Brasília (EGB). **Curso prático de topografia**. Brasília: EGB, 1997. 43p.

MAGUIRE, David J.; GOODCHILD, Michael Frank; RHIND, David W. **Geographical information systems**: principles and applications. Londres: Longman Scientific & Technical, 1991. 447 p.

NÓBREGA, Rodrigo. **Tutorial ArcGis**. Belo Horizonte: Ciber Geografia, 2003. Disponível em: <[http://www.cibergeografia.org.br/arcgis/tav\\_indi.htm](http://www.cibergeografia.org.br/arcgis/tav_indi.htm)>. Acesso em: 30 jan. 2004.

QUEIROZ, Gilberto Ribeiro; FERREIRA, Karine Reis. **Tutorial sobre banco de dados geográficos**. São José dos Campos: INPE, 2006. 104p.

ROCHA, Luciana Vargas da. **SIG: banco de dados geográficos**. Disponível em: <<http://www.inf.ufrgs.br/~clesio/cmp151/cmp15120031/SIGs.pdf>>. Acesso em: 30 mar. 2008.

ROSA, Roberto. Geotecnologias na Geografia aplicada. **Revista do Departamento de Geografia**, Uberlândia, n. 16, p. 81-90, 2005.

ROSS, Luciano Sanches; FIERZ, Marisa de Souto Matos. Algumas técnicas de pesquisa em Geomorfologia. In: VENTURI, Luiz Antonio Bittar (Org.). **Praticando Geografia**. São Paulo: Oficina de Texto, 2005. p. 69-84.

SAMPAIO, A. V.; SCHALLER, H. Introdução à Estratigrafia Cretácea da Bacia Potiguar. **Boletim Técnico da PETROBRÁS**, Rio de Janeiro: PETROBRÁS, v. 11, n. 1, p. 19-44, 1968.

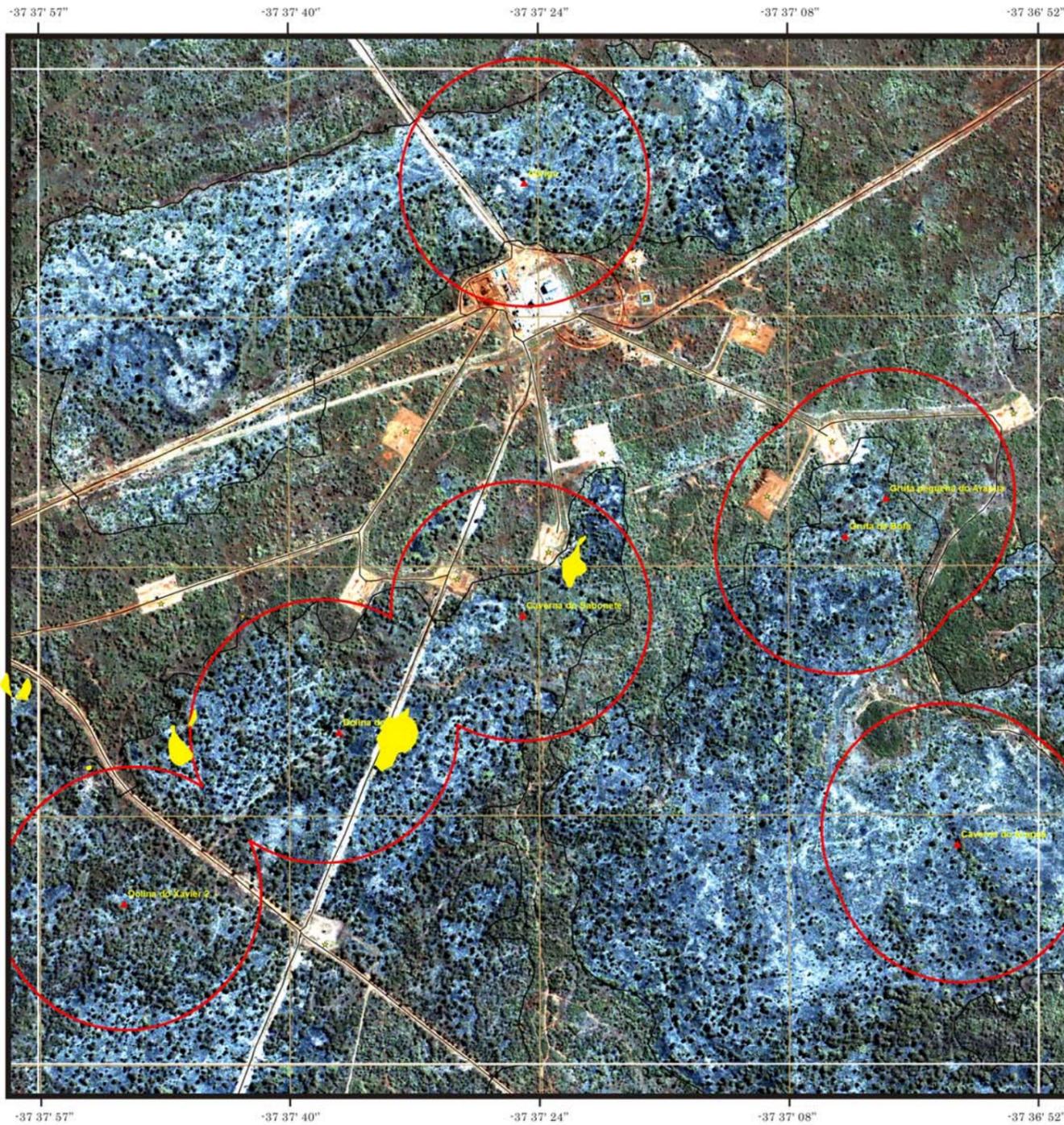
SILVA, Carlos Petrônio Leite da et al. Emprego de fotografias aéreas e modelo digital de terreno no mapeamento geotécnico da Área de Proteção Ambiental do Rio São Bartolomeu-DF. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, 2007. p. 1353-1360.

SILVA, Ardemiro de Barros. **Sistemas de informações geo-referenciadas**. Campinas: UNICAMP, 2003. 236p.

SILVERIO, Marcos Otavio. **Espeleologia**. Disponível em: <<http://www.sposito.com.br/espeleologia.htm>>. Acesso em: 18 ago. 2008.

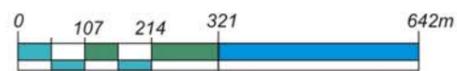
VENTURI, Luiz Antonio Bittar. O papel da técnica no processo de produção científica. In: VENTURI, Luiz Antonio Bittar (Org.). **Praticando geografia**. São Paulo: Oficina de Texto, 2005. p. 13-18.

**APÊNDICE A**  
**MAPA TOPOGRÁFICO DO LAJEDO DO ARAPUÁ**



Sistema de Coordenadas Geográfica  
Datun horizontal WGS-84

Escala: 1: 10700



**Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade**  
Diretoria de Conservação da Biodiversidade  
Centro Nacional de Estudo, Proteção e Manejo de Cavernas  
Base do Rio grande do Norte

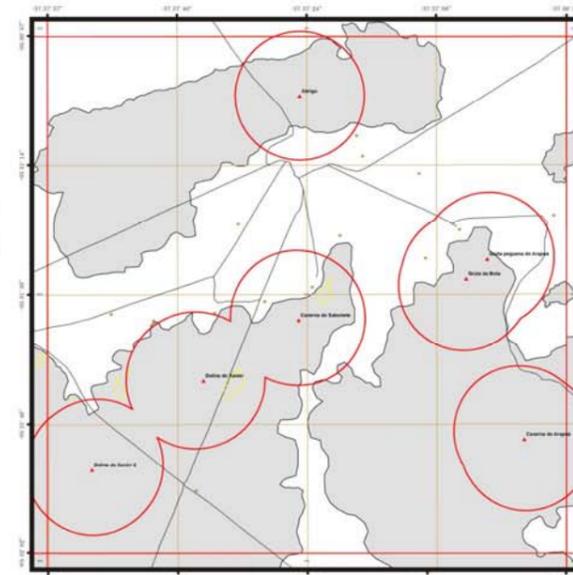


### Felipe Guerra Rio Grande do Norte



Calcário - Formação Jandaíra  
Arenito - Formação Açú

### Lajedo do Arapuá, Setor R-11 Área de estudo



### Lajedo do Arapuá Setor R-11 Felipe Guerra / RN

#### Legenda:

- Caverna
- Retirada de Calcário
- Área de Influência das Cavernas
- Afloramento de calcário
- Poço de petróleo
- Estradas
- Setor R-11
- Células
- Contorno de caverna

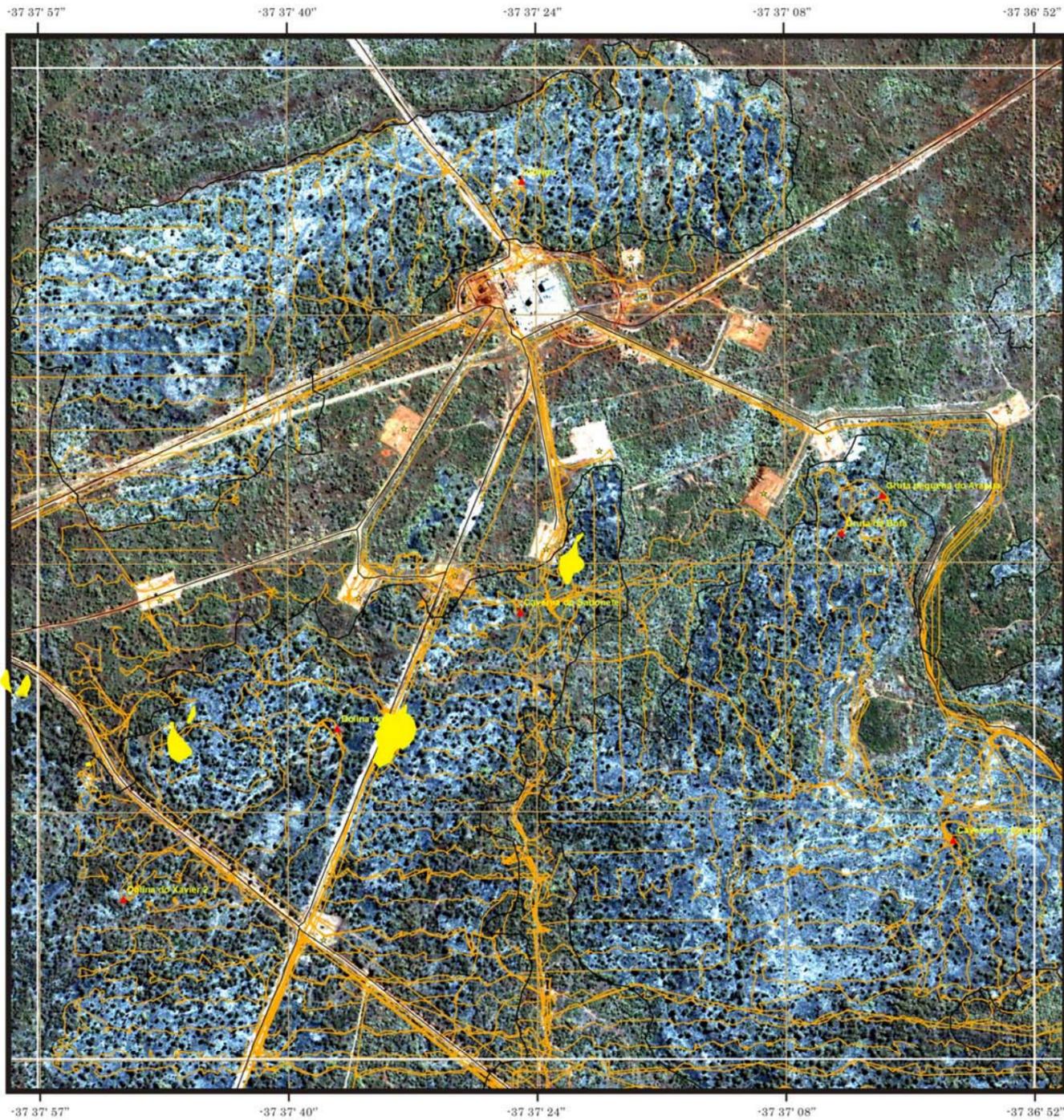
**Nota:**  
-Elaborado no Centro Nacional de Estudo, Proteção e Manejo de Cavernas, Base do Rio Grande do Norte

**Fonte:**  
-Base cartográfica e limites compilados da Base de Dados do Digitais IBGE.  
-Imagem de satélite QuikBird, ano 2004, composição colorida das bandas 1, 2 e 3.  
-Dados das cavernas e das atividades antrópicas obtidos em campo

**Créditos:**  
Cartografia Digital: Jocy Brandão Cruz

**APÊNDICE B**  
**MAPA COM OS TRANSCECTOS DA**  
**PROSPECÇÃO DO LAJEDO DO ARAPUÁ**



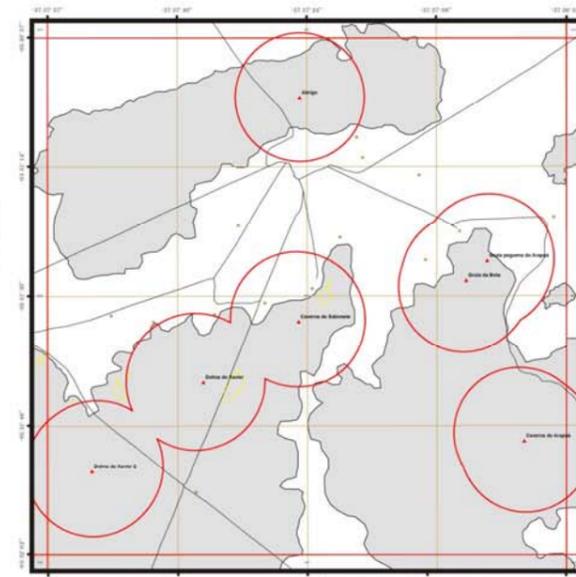


### Felipe Guerra Rio Grande do Norte



Calcário - Formação Jandaíra  
Arenito - Formação Açu

### Lajedo do Arapuá, Setor R-11 Área de estudo



**Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade**  
Diretoria de Conservação da Biodiversidade  
Centro Nacional de Estudo, Proteção e Manejo de Cavernas  
Base do Rio grande do Norte



### Lagedo do Arapuá Transsectos da prospecção Felipe Guerra / RN

#### Legenda:

- Caverna
- Retirada de Calcário
- Caminhamento da prospecção
- Afloramento de calcário
- Poço de petróleo
- Estradas
- Setor R-11
- Células
- Contorno de caverna

**Nota:**  
-Elaborado no Centro Nacional de Estudo, Proteção e Manejo de Cavernas, Base do Rio Grande do Norte

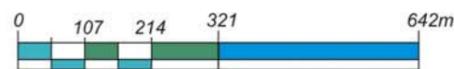
**Fonte:**  
-Base cartográfica e limites compilados da Base de Dados do Digitais IBGE.  
-Imagem de satélite QuikBird, ano 2004, composição colorida das bandas 1, 2 e 3.  
-Dados das cavernas e das atividades antrópicas obtidos em campo

**Créditos:**  
Cartografia Digital: Jocy Brandão Cruz



Sistema de Coordenadas Geográfica  
Datun horizontal WGS-84

Escala: 1: 10700



**APÊNDICE C**  
**ESPELEOGIS: SISTEMA DE INFORMAÇÕES**  
**GEOGRÁFICAS DE CAVERNAS**



**ANEXO A**  
**FICHA DE CARACTERIZAÇÃO DE CAVERNA**



Instituto Chico Mendes  
 de Conservação da  
 Biodiversidade

# Caderno de Campo



Nome: \_\_\_\_\_ Tel.: \_\_\_\_\_

Endereço: \_\_\_\_\_

Bairro: \_\_\_\_\_ Cidade/UF: \_\_\_\_\_ CEP.: \_\_\_\_\_

E-mail: \_\_\_\_\_

Caderno N°.: \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ Data Início: \_\_\_\_\_ Data final: \_\_\_\_\_

Seq.	Caverna	Município/UF	Data	Topografia
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				



**Centro Nacional de Estudo, Proteção e Manejo de Cavernas**  
 SCEN Av L-4 norte Edifício sede do CECav - Brasília/DF - CEP.: 70.818-900  
 Tel.: (61) 3316-1572 - Email: cecav.sede@icmbio.gov.br

### Identificação e Localização

\*Abrigo  \*Caverna  \*Abismo

\*Nome: \_\_\_\_\_ Referência: \_\_\_\_\_

\*Data: \_\_\_\_\_ \*Município/UF \_\_\_\_\_ \*Localidade: \_\_\_\_\_

\*Autor das informações: \_\_\_\_\_

*Ent.	*Identificação	Alt.	Erro GPS	Qt. Sat.	Datum	*Longitude	*Latitude
I							
II							
III							
IV							

\*Acesso: \_\_\_\_\_

\*Detalhe do local: \_\_\_\_\_

**Croqui de Acesso:**

Bacia hidrográfica \_\_\_\_\_

Litologia dominante \_\_\_\_\_

Unidade geológica \_\_\_\_\_

**Dificuldades Externas**

Teto baixo  Blocos instáveis  Trechos escorregadios

Rastejamento  Natação  Lances verticais  Passagem em curso d'água

Quebra-corpo  Sifão  Cachoeira  Nenhuma  \_\_\_\_\_

### Aspectos Sócio-ambientais

Ent.	Local	Proprietário/Responsável/Contato	Atividade
I			
II			
III			
IV			

### Aspectos Sócio-ambientais

**Uso da Caverna**

Religioso  Científico / Cultural  Social  Turístico ←

Minerário  Pedagógico  Esportivo  \_\_\_\_\_

Responsável pela atividade \_\_\_\_\_

Comunidade envolvida  S  N De que forma \_\_\_\_\_

Incipiente  
 Massa  
 Aventura  
 Mergulho  
 Rapel

Área protegida \_\_\_\_\_  Fed.  Est.  Munic.  Z. Amortec.

Comunidade \_\_\_\_\_ Distância \_\_\_\_\_

Principal economia \_\_\_\_\_ População \_\_\_\_\_

Uso e ocupação do solo \_\_\_\_\_

**Infra-estrutura Externa**

Portão  Condutor de visitante  Receptivo ←

Roleta  Nenhuma  \_\_\_\_\_

Banheiros  Sala de eventos  
 Mapas  Palestras  
 Lanchonetes  Pousadas  
 Restaurantes

### Características da Entrada

Situada em	Ent.	Posição	Ent.	Dolina	Ent.	Lapiezamento	Ent.
Maciço aflorante		Base / fundo		Proj. horizontal		Vertical	
Afloram. Menores		Meia altura		Circular		Horizontal	
Paredão		Topo		Eliptica		Oblíquo	
Canyon		<b>Hidrografia</b>	<b>Ent.</b>	Irregular		Expressivo	
Dolina		Surgência		Proj. vertical		Inexpressivo	
Entre blocos		Sumidouro		Cilíndrica		Obs.:	
Na mata		Intermitente		Cônica			
No pasto		Perene		Invertida			
		<b>Posição Vert.</b>	<b>Ent.</b>	Diâmetro			
		Base / fundo		Profundidade			
		Meia altura					
		Topo					

Aspectos da vegetação \_\_\_\_\_

Ent.	Vegetação na entrada	Vegetação no entorno	Estado de conservação
I			
II			
III			
IV			







### Feições Internas

Espeleotemas				
Tipo	Porte	Frequência/distrib.	Estado de conservação	N/AP

Condições Atmosféricas	I				AP <sub>1</sub>				AP <sub>2</sub>				AP <sub>3</sub>				AP <sub>4</sub>			
Temperatura																				
Umidade																				
CO <sub>2</sub>																				
Pressão atmosf.																				
Corrente de Ar																				

Condições Atmosféricas - Hora / Local	
Temperatura	
Umidade	
CO <sub>2</sub>	
Pressão atmosf.	
Corrente de ar	

Arqueologia	N/AP	Local	Conservação	Frequência
Material lítico				
Cerâmica				
Pintura				
Gravura				
Ossada				
Enterramento				
Não identificado				

Paleontologia	N/AP	Local	Referência bibliográfica
Jazigo			
Potencialidade			
Evidência			
Não identificado			

### Feições Internas

Morcegos	I				AP <sub>1</sub>				AP <sub>2</sub>				AP <sub>3</sub>				AP <sub>4</sub>			
Vampiro comum ( <i>Desmodus rotundus</i> )																				
Morcego grande ( <i>Chrotopterus auritus</i> )																				
Morcego grande ( <i>Artibeus</i> sp.)																				

Legenda: Indivíduo (I) = 1 / Grupo (G) = 1 a 9 / Colônia (C) > 10 / Colônia Grande (CG) >50 indivíduos

Guano	I				AP <sub>1</sub>				AP <sub>2</sub>				AP <sub>3</sub>				AP <sub>4</sub>			
Carnívoro																				
Frugívoro																				
Hematófago																				
Insetívoro																				
Indeterminado																				

Legenda: Seco Mancha (SM) / Seco Esparso (SE) / Úmido Mancha (UM) / Úmido Esparso (UE)

Outros	Descrição / Identificação / N/AP
Outros vertebrados	
Rastros e pegadas	
Pelotas de corujas	
Outros vestígios (ninhos, ovos, conchas, etc.)	
Fauna aquática	
Fungos	

Invertebrados Terrestres	I				AP <sub>1</sub>				AP <sub>2</sub>				AP <sub>3</sub>				AP <sub>4</sub>			
Aracnídeo	Aranha																			
	Amblopígio																			
	Opilião																			
	Pseudo-escorpião																			
Inseto	Barata																			
	Besouro																			
	Formiga																			
	Cupim																			
	Mariposa																			
	Grilo																			
	Mosca / mosquito																			
Percevejo																				
Miriapodo	Piolho de cobra																			
	Centopéia																			
	Lacraia																			
Molusco	Caramujo																			
	Bivalve (vivo)																			
Crust.	Tatuzinho de jardim																			

Legenda: Raro (R) - um ou outro exemplar observado / Pouco Comum (PC) - até 10 / Comum (C) - dezenas a centenas / Muito Comum (MC) - milhares



