

Área Cárstica de Pains

**Projeto Arcos
Pains Espeleologia**



PROJETO ARCOS PAINS ESPELEOLOGIA - PROAPE

MPF/IBAMA/FEAM/UFOP/FEOP/SEE

ÁREA CÁRSTICA DE PAINS

Sociedade Excursionista Espeleológica - SEE
Departamento de Geologia da Escola de Minas
Universidade Federal de Ouro Preto
SEE/DEGEO/EM/UFOP

Ouro Preto, Agosto de 2012



FICHA TÉCNICA

PROAPE—PROJETO ARCOS PAINS ESPELEOLOGIA

TAC - MPF / IBAMA / GERDAU / FEOP / SEE

ADMINISTRAÇÃO:

FEOP - Fundação Educativa de Rádio e TV de Ouro Preto

Rua Benedito Valadares 241 - Pilar 35.400-000 - Ouro Preto/MG CNPJ: 00.306.770/0001-67

Tel.: (31) 3559 3459 / 3559 3452.

EXECUÇÃO:

Sociedade Excursionista e Espeleológica da Escola de Minas da UFOP - SEE/EM/UFOP

Cx. Postal 68 CEP: 35.400-000

Ouro Preto, MG

www.see.ufop.br

spe_1937@yahoo.com.br

Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA/MG

ubaldina.isaac@ibama.gov.br

lic.ambiental.mg@ibama.gov.br

Av. do Contorno 8121

Belo Horizonte - MG

Fundação Estadual do Meio Ambiente – FEAM

Gerência de Produção Sustentável - GPROD

Cidade Administrativa Tancredo Neves

Rodovia Prefeito Américo Gianetti, s/n - Bairro Serra Verde

Edifício Minas - 1º andar

CEP 31630-900 - Belo Horizonte/MG

DIAGRAMAÇÃO E IMPRESSÃO:

Fundação Estadual do Meio Ambiente

CAPA:

Foto: Frederico Moreira de Freitas

Arte: Jaqueline Angélica Batista

EQUIPE TÉCNICA:

Técnico	Profissão	Competências
Cláudio Maurício Teixeira da Silva*	Engenheiro Geólogo/ Doutor em Ciências Naturais/ Espeleólogo/ Professor do DEGEO/UFOP	Responsável Técnico Prospecção Espeleológica/ Mapeamento/ Geoespeleologia/ Valoração de Cavidades/ Coordenação Geral
Ubaldina Maria da Costa Isaac	Analista Ambiental	Responsável Técnico/ Valoração de Cavidades/ Coordenação Geral
Maria Augusta Fujaco	Geóloga Professora Doutora do DEGEO/UFOP	Cartografia e Geoprocessamento/ Uso e Ocupação do Solo
Tiago Rocha Faria Duque*	Engenheiro Geólogo Mestrando em Geologia/ Espeleólogo	Prospecção Espeleológica/ Mapeamento/ Valoração de Cavidades/ Cartografia/ Geoprocessamento
Thiago Nogueira Lucon*	Biólogo/ Especialista em Gestão Ambiental (IFMG)/ Mestre em Engenharia Ambiental (PROAMB-UFOP)/ Espeleólogo	Prospecção Espeleológica/ Mapeamento/ Valoração de Cavidades/ Coordenação Meio Biótico/ Geoprocessamento
Rodolfo Renó*	Graduando Engenharia Geológica/ Espeleólogo	Prospecção Espeleológica/ Mapeamento/ Valoração de Cavidades/ Cartografia/ Geoprocessamento
Iure Borges de M. Aquino*	Engenheiro de Minas/ Espeleólogo	Prospecção Espeleológica/ Mapeamento/ Geoespeleologia/ Valoração de Cavidades/ Pesquisa de EIA's
Mateus Lima Rosa*	Graduando Engenharia Geológica/ Espeleólogo	Prospecção Espeleológica/ Mapeamento/ Valoração de Cavidades/ Cartografia e Geoprocessamento
Leandro Antônio da Silva*	Graduando Ciências Biológicas/ Espeleólogo	Prospecção Espeleológica/ Mapeamento/ Valoração de Cavidades/ Meio Biótico

Técnico	Profissão	Competências
Thiago Rolla Nunes*	Graduando Engenharia Geológica/ Espeleólogo	Prospecção Espeleológica/ Mapeamento/ Valoração de Cavidades/ Cartografia e Geoprocessamento
Marco Antônio B. Filho*	Graduando Engenharia Geológica/ Espeleólogo	Prospecção Espeleológica/ Mapeamento/ Valoração de Cavidades/ Meio Biótico
Bruna O. Meyer*	Graduanda Engenharia Geológica/Espeleóloga	Prospecção Espeleológica/ Mapeamento
Maria Gabriela Carvalho*	Graduanda Engenharia Geológica/ Espeleóloga	Prospecção Espeleológica/ Mapeamento/ Valoração de Cavidades/ Processamento de Dados
Silas de Souza Santos*	Graduando Engenharia Geológica/ Espeleólogo	Prospecção Espeleológica/ Mapeamento
Tatiana Soares Noce*	Graduanda Engenharia Geológica/ Espeleóloga	Prospecção Espeleológica/ Mapeamento
Frederico Moreira Freitas*	Graduando Engenharia Geológica/ Espeleólogo	Prospecção Espeleológica/ Mapeamento
Guilherme Bozelli Pontes*	Graduando Engenharia Geológica/ Espeleólogo	Prospecção Espeleológica/ Mapeamento
João Carlos M. dos Anjos	Graduando Engenharia Geológica/ Espeleólogo/ Estagiário IBAMA	Prospecção Espeleológica/ Mapeamento
Giordano Pacelli de Paula Freitas	Graduando em Engenharia Geológica/ Espeleólogo	Prospecção Espeleológica/ Mapeamento
Julia Tunes Alvares da Silva	Graduanda em Engenharia Ambiental/ Estagiária IBAMA	Prospecção Espeleológica/ Mapeamento
Ricardo Fabrício Miranda Nascimento	Graduando em Engenharia Ambiental/ Estagiário IBAMA	Prospecção Espeleológica/ Mapeamento

* Membros da Sociedade Excursionista e Espeleológica da Escola de Minas da UFOP- SEE/EM/UFOP
(www.see.ufop.br).

EQUIPE DE APOIO TÉCNICO:

Técnico	Função	Competência
Flávio Túlio Gomes	Técnico do ICMbio	Apoio de campo/ Valoração de Cavidades/ Revisão Relatório Final
Antônio Fernando	Técnico do IBAMA/Licenciamento Ambiental	Apoio de campo/ Valoração de Cavidades/ Revisão Relatório Final
Elói Azalini Máximo	Analista Ambiental FEAM	Apoio de campo/ Revisão Relatório Final
Daniele Tonidandel Pereira Ribeiro	Engenheira Geóloga/Analista Ambiental FEAM	Apoio de campo/ Revisão Relatório Final
Leandro Vieira da Silva	Analista Ambiental FEAM	Apoio de campo/ Revisão Relatório Final/ Arqueologia
Andréia Cristina Barroso Almeida	Analista Ambiental FEAM	Revisão Relatório Final/ Diagramação



AGRADECIMENTOS

Agradecemos encarecidamente a todas as pessoas abaixo relacionadas que contribuíram, de certa forma e à sua maneira, para o bom andamento do Projeto. Àquelas pessoas que por ventura não estiverem relacionadas nossas sinceras desculpas.

Nome completo	Área de colaboração	Agradecimento
Lucélio Nativo da Assunção (Fundador do EPA)	Geral	Pelo conhecimento previo da área, nos levou as grutas relevantes da área
Robson de Almeida Zampaulo	Dados	Pelo estudo de bioespeleologia
Paulo Sérgio Teixeira	Dados	IBAMA
Álison José Coutinho	Apoio	Superintendente do IBAMA
Jocy Cruz	Apoio	CECAV
Dra. Zani Cajueiro Tobias de Souza	Geral	Procuradora da República de Minas Gerais
Dirceu	Ajuda em Campo	Prefeitura de Pains
Mário	Apoio	Prefeitura de Pains
MSc. Luciano V. Ribeiro	Dados	Machina Mundi
Juninho	Espeleologia	Ex-membro EPA
Kadu	Espeleologia	Membro do EPA
Agenor Nativo	Espeleologia	Membro do EPA
Mateus Nativo	Espeleologia	Membro do EPA
Heitor Fernandes Teixeira	Apoio	Supervisor de Mineração da Ical
Mariana Timo	Dados	Spelayon
Issamu Endo	Apoio	DEGEO/EM/UFOP
Tiago Faleiros Santos	Dados	GEOEMP
Fernanda Cósso	Dados	GEOEMP

Nome completo	Área de colaboração	Agradecimento
Pablo H. A. de Melo	Meio Biótico	Jardim Botânico INHOTIM / EPA
MSc. Edward Koole	Arqueologia	MAE/USP
Flávio Scalabrini	Dados	Senso Meio Ambiente / Guano Espeleo
José Mariano /Nilsinho	Apoio	Ical
Jader	Espeleologia	Espeleólogo membro do Carste
Ronaldo	Apoio	Solofértil
Sirley	Apoio	Cal Ferreira
Carlos J. Goçaves / Rilder	Apoio	Ducal
Jucélia / Bruno Ribeiro	Apoio	Cazanga
Nelson	Apoio	Ampar Pains
Rubens Pereira Filho	Dados	Spelayon
Rodrigo Lopes Ferreira	Meio Biótico	UFLA
Pedro Raton	Meio Biótico	UFLA
Herbário José Badini	Meio Biótico	Armazenamento de dados
Capitão Campos e Sargento Ramiro	Ajuda em Campo	Polícia Militar Ambiental do Grupamento de Piumhi
Adriana Braga Alves	Ajuda em Campo	Alunos da disciplina
Ana Cláudia Nascimento Silva	Ajuda em Campo	Alunos da disciplina
Carlos Augusto de Brito	Ajuda em Campo	Alunos da disciplina
Carolina Casagrande	Ajuda em Campo	Alunos da disciplina
Cláudia dos Santos	Ajuda em Campo	Alunos da disciplina
David Antonio Libanio Claret	Ajuda em Campo	Alunos da disciplina
Diogenes Guilherme	Ajuda em Campo	Alunos da disciplina
Edgar do Amaral Santos	Ajuda em Campo	Alunos da disciplina

Nome completo	Área de colaboração	Agradecimento
Fabrcio Miranda da Silva	Ajuda em Campo	Alunos da disciplina
Frederico Custódio Vieira	Ajuda em Campo	Alunos da disciplina
Gabriel Rocha Dimitrov	Ajuda em Campo	Alunos da disciplina
Guilherme de Oliveira	Ajuda em Campo	Alunos da disciplina
Guilherme Passos Brandão	Ajuda em Campo	Alunos da disciplina
Herton Fabricio Camargos	Ajuda em Campo	Alunos da disciplina
Márcio Fernandes	Ajuda em Campo	Alunos da disciplina
Pedro Simões Teixeira	Ajuda em Campo	Alunos da disciplina
Priscila Coelho Silva	Ajuda em Campo	Alunos da disciplina
Simone Aparecida Simim	Ajuda em Campo	Alunos da disciplina

Sumário

LISTA DE FIGURAS.....	i
LISTA DE TABELAS.....	xxiv
CAPÍTULO 01 - APRESENTAÇÃO	1
1.1 - INTRODUÇÃO.....	2
1.2 - OBJETIVOS	3
1.3 - ÁREA DE ESTUDO.....	4
1.4 - METODOLOGIA GERAL	6
CAPÍTULO 02 - GEOLOGIA	10
2.1 - GEOLOGIA REGIONAL	11
2.1.1 - Estratigrafia	14
2.1.2 - Estrutural.....	24
2.1.3 - Neotectônica.....	28
2.2 - GEOLOGIA LOCAL	29
2.2.1 - Domínio I.....	32
2.2.2 - Domínio II	45
2.2.3 - Domínio III.....	56
2.3 - OBSERVAÇÕES	60
CAPÍTULO 03 - GEOMORFOLOGIA	64
3.1 - INTRODUÇÃO.....	65
3.2 - OBJETIVOS E IMPORTÂNCIA DA GEOMORFOLOGIA	66
3.3 - GEOMORFOLOGIA REGIONAL	67
3.3.1 - Aspectos Geomorfológicos da Bacia do São Francisco.....	67
3.3.2 - Os Tipos de Rochas e sua Influência no Relevo da Região de Arcos e Pains	73
3.4 - GEOMORFOLOGIA LOCAL.....	74

3.4.1 - Feições Cársticas	75
3.4.2 - Mapa Carstológico	81
3.5 - ANÁLISE DO RELEVO	84
3.5.1 - Lineamentos.....	84
3.5.2 - Fraturas	86
3.5.3 - Desenvolvimento das Grutas	87
3.5.4 - Drenagens	89
3.6 - OBSERVAÇÕES	90
CAPÍTULO 04 - HIDROLOGIA E HIDROGEOLOGIA	92
4.1 - INTRODUÇÃO	93
4.2 - ASPECTOS REGIONAIS.....	95
4.3 - SISTEMAS AQUÍFEROS	96
4.4 - BALANÇO HÍDRICO	98
4.5 - ASPECTOS LOCAIS	100
4.6 - HIDROLOGIA DA BACIA DO RIO SÃO MIGUEL	103
4.7 - PRINCIPAIS DISPONIBILIDADES HÍDRICAS DA REGIÃO	107
4.8 - TRABALHOS REALIZADOS.....	113
4.8.1 - Dolinas.....	114
4.8.2 - Sumidouros e Surgências	117
CAPÍTULO 05 - MEIO BIÓTICO	120
5.1 - METODOLOGIA	121
5.2 - FLORA.....	125
5.3 - CARACTERIZAÇÃO DA FLORA REGIONAL	131
5.3.1 - O Bioma Cerrado.....	131
5.3.2 - Formações Fitofissinômicas do Cerrado.....	133
5.4 - CARACTERIZAÇÃO DA FLORA LOCAL	143
5.4.1 - Domínio Biológico do São Francisco	151
5.4.2 - Domínio Biológico Central	162
5.4.3 - Domínio Biológico São Miguel	167

5.5 - FLORA AMEAÇADA DE EXTINÇÃO	173
5.6 - CARACTERIZAÇÃO FAUNA REGIONAL.....	177
5.6.1 - Invertebrados.....	179
5.6.2 - Peixes	185
5.6.3 - Anfíbios e Répteis	186
5.6.4 - Aves.....	188
5.6.5 - Mamíferos.....	190
5.7 - CARACTERIZAÇÃO DA FAUNA LOCAL	191
5.7.1 - Domínio Biológico do São Francisco	195
5.7.2 - Domínio Biológico Central	212
5.7.3 - Domínio Biológico São Miguel	226
5.8 - FAUNA AMEAÇADA DE EXTINÇÃO	265

CAPÍTULO 06 - USO E OCUPAÇÃO DO SOLO ATRAVÉS DO PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS **270**

6.1 - IMAGENS DO SENSOR REIS (RAPIDEYE EARTH IMAGING SYSTEM) – RAPIDEYE...271	271
6.2 - MOSAICO DAS CENAS RAPIDEYE – COMPOSIÇÃO DE FALSA COR (R4G5B3)	271
6.3 - NORMALIZED DIFFERENCE VEGETATION INDEX (NDVI)	274
6.3.1- Resultados - Normalized Difference Vegetation Index (NDVI).....	275
6.4 - USO E OCUPAÇÃO DO SOLO.....	281

CAPÍTULO 07 - ARQUEOLOGIA **269**

7.1 - ARQUEOLOGIA GERAL	270
-------------------------------	-----

CAPÍTULO 08 - ESPELEOLOGIA **289**

8.1 - INTRODUÇÃO	290
8.2 - LEGISLAÇÃO DE PROTEÇÃO A CAVIDADES NATURAIS.....	292
8.3 - ESPELEOLOGIA NA ÁREA CÁRSTICA DE PAINS	298
8.4 - TRABALHOS REALIZADOS.....	302
8.4.1 - Metodologia para Valoração de Cavidades do PROAPE.....	304
8.4.2 - Resultados Obtidos	310

CAPÍTULO 09 - CONSIDERAÇÕES GERAIS	458
CAPÍTULO 10 - CONCLUSÃO	470
10.1 - INTRODUÇÃO	471
10.2 - PAINS LESTE	474
10.3 - PARANOÁ	477
10.4 - CÓRREGO SANTO ANTÔNIO	479
10.5 - LAGOA SECA - RETIRO	483
10.6 - FAZENDA TABURIL	486
10.7 - FAZENDA TIBORÉ	490
10.8 - ÉDEN.....	492
10.9 - FAZENDA DA FÁBRICA.....	495
10.10 - QUENTA SOL	498
10.11 - JURUBEBA	501
10.12 - FAZENDA JATOBÁ.....	504
10.13 - MATA DAS FRUTAS	507
10.14 - CÓRREGO DO CAVALO	510
10.15 - FAZENDA MOSTARDA	513
10.16 - CÂNION DO SÃO FRANCISCO	516
10.17 - FAZENDA TABOCAS.....	519
10.18 - ÁREAS SENSÍVEIS VERSUS PROCESSOS DNPM.....	522
CAPÍTULO 11 - RECOMENDAÇÕES	523
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	527
APÊNDICES	550
Apêndice 3.1 - Renderização do Mapa carstológico	
Apêndice 5.1 - Relação de Estudos Ambientais e poligonais do DNPM analisados.	
Apêndice 5.2 - Espécies de plantas catalogadas para a região do PROAPE, através de trabalhos ambientais (EIA/RIMA/PCA) e trabalhos científicos realizados na área.	

Apêndice 8.1 - Mapa de pontos e caminhamentos.

Apêndice 8.2 - Mapa de distribuição das cavidades por desenvolvimento.

Apêndice 8.3 - Mapa de distribuição das cavidades por relevância.

Apêndice 8.4 - Relação das cavidades cadastradas e classificadas.

Apêndice 8.5 - Cavidades de Média Relevância.

Apêndice 8.6 - Cavidades de baixa relevância.

Lista de Figuras

- Figura 1. 1** - Mapa de localização e acesso ao polígono proposto para a área estudada. 5
- Figura 1. 2** - Mapa contendo as folhas do IBGE de Arcos (SF-23-V-B-II-4), Piumhí (SF-23-V-B-II-3) e as porções sul/sudoeste da Folha Lagoa da Prata (SF-23-V-B-II-2) e leste/nordeste da Folha Rio Piumhí (SF-23-V-B-I-4) na escala 1:50.000, com as subdivisões das quadrículas referentes a metodologia de estudos da área de abrangência do Projeto..... 7
- Figura 2. 1** - Bacia do Rio São Francisco e posicionamento da área do Projeto, retângulo branco na parte sul da imagem (modificado de Martins-Neto & Alkmim 2001)..... 11
- Figura 2. 2** - Coluna Estratigráfica do Grupo Bambuí, Supergrupo São Francisco (Martins-Neto & Alkmim 2001). 12
- Figura 2. 3**- Mapa geológico-estrutural da região com área do Projeto, destacada pelo retângulo vermelho (Alkmim & Martins-Neto 2001). 13
- Figura 2. 4** - Seção esquemática mostrando a distribuição de fácies do Grupo Bambuí na porção sudoeste da Bacia do São Francisco. A) coluna estratigráfica com as peculiaridades de cada unidade (Muzzi-Magalhães 1989). 17
- Figura 2. 5** - Perfil simplificado da Mina da Bocaina (CSN) - Arcos – MG (Nobre & Coimbra 2000). 23
- Figura 2. 6** - Esboço geológico da porção SW da Bacia do São Francisco dividido em domínios estruturais (Modificado de Muzzi-Magalhães 1989). 25
- Figura 2. 7**- Mapa das quadrículas destacando os domínios geológicos estratigráficos estruturais. De leste para oeste: Domínio I, Domínio II e Domínio III. 30
- Figura 2. 8** - Mapa das quadrículas destacando o Domínio I com os subdomínios Ia, Ib e Ic, em relação aos demais domínios e subdomínios geológicos, estratigráficos estruturais. 33

Figura 2. 9 - Afloramento do ponto T125 com vista do nível brechado para leste (N90).	35
Figura 2. 10 - Afloramento do ponto Q068 com vista da dobra métrica para SSW N205, mostrando vergência para leste.....	37
Figura 2. 11 - Afloramento do ponto Q073 com vista da dobra decimétrica para Sul (N180) mostrando vergência para leste. Ed = 170/00.	38
Figura 2. 12 - Afloramento do ponto Q113 com vista do contato para NW (N320) mostrando aspecto das rochas calcárias calcíticas (pedra lisa), no nível inferior e dolomíticas (pedra cascuda) no nível superior.	40
Figura 2. 13 - Afloramento do ponto S029 com vista do plano da zona de cisalhamento (ZC) para SSW (N200) mostrando aspecto do paredão de rocha calcária controlado pela ZC.	41
Figura 2. 14 - (a) Afloramento do ponto S034 com vista para NW (N320) mostrando aspecto da rocha calcária interlaminada; (b) vista para ENE do paredão do ponto S034 mostrando camada superior de brecha.	42
Figura 2. 15 - Calcário perturbado tectonicamente com dobramentos de arrasto associadas a zona de cisalhamento reverso de direção NS e mergulhando para oeste, vista para sul da zona. (Teixeira-Silva e Costa Jr 1997).....	43
Figura 2. 16 - Gruta Cascavel (S048). a) aspecto do calcário laminado, silexítico, com níveis de silexito boudinados e isolados e, também, rotacionados, visto para sul; b) dobramentos decimétricos controlando o desenvolvimento de condutos com eixos caindo para SE, vista para SE.....	44
Figura 2. 17 - Mapa das quadrículas destacando o domínio II com os demais domínios e subdomínios geológicos, estratigáficis estruturais. De leste para oeste: Domínio I com os subdomínios Ia, Ib e Ic, Domínio II (no centro) e o Domínio III.....	45

Figura 2. 18 - (a) dobra decamétrica no ponto E012 (quadrícula L02), vista para SW; e (b) dobra parasítica decimétrica vista para oeste, ponto E013.....	47
Figura 2. 19 - (a) dobra métrica aberta no ponto C050 (quadrícula L02), vista para norte; e (b) dobra em <i>chevron</i> decimétrica vista para NNW, ponto B08.	47
Figura 2. 20 - (a) Dobra em <i>chevron</i> apertada vista para NW (N300), ponto X145; (b) Paredão “plissado”, visto para SE (N150), quadrícula A01.	48
Figura 2. 21 - (a) estereograma para as medidas do acamamento (S0) evidenciando uma concentração maior em 215/24 e outra menor em 270/55; (b) estereograma das medidas polares dos eixos de dobramentos; (c) diagrama de roseta para as medidas de fraturas com concentrações em NNE-SSW e WNW-ESE.....	49
Figura 2. 22 - Fotografia mostrando o lapiezamento do calcário calcítico.....	50
Figura 2. 23 - Estromatólitos colunares centimétricos na litofácies calcário dolomítico estromatolítico (CDE).	51
Figura 2. 24 - Calcário dolomítico laminado (CDL) dobrado. A dobra é do tipo caixa e tem comprimento de onda (λ) de 0,4 m e amplitude (A) de 0,28 m e eixos caindo para 110/65 e 105/82. O plano da foto mede 300/25, portanto a esquerda da foto está na direção NE...	52
Figura 2. 25 - (a) Estereograma das medidas de acamamento (S0) com os pólos dos eixos de dobramentos e (b) diagrama em roseta das fraturas para esse domínio (Segundo Teixeira-Silva <i>et al.</i> 2005).	53
Figura 2. 26 - Litofácies CCL com dobra métrica caindo para SE (125/10), vista para SE, na Gruta Zezinho Beraldo (S054 / P11).	53
Figura 2. 27 - Afloramento em pedra abandonada da litofácies CCL com dobras decimétricas caindo para SSE. (a) vista parcial da pedra para SW (N225) e (b) detalhe de uma dobra vista de topo cujo eixo mede 197/23 (ponto N042 / P16).	54

Figura 2. 28 - (a) contato alterado das litofácies metapelítica (esquerda) e carbonática (direita) o plano do contato mede 260/52, vista de topo; (b) metapelito alterado e falhado no piso da estrada, o plano da falha mede 235/67.....	55
Figura 2. 29 - (a) meta-argilito alterado dobrado, vista para NE (N040), ponto N069; (b) metassiltito alterado, fraturado e falhado, no corte da estrada, vista para ENE (N070), ponto N062.....	56
Figura 2. 30 - Mapa das quadrículas destacando o domínio III, com os demais domínios e subdomínios geológicos, estratigáficis estruturais. De leste para oeste: Domínio I com os subdomínios Ia, Ib e Ic, Domínio II (no centro) e o Domínio III, com os subdomínios IIIa e IIIb.	57
Figura 2. 31 - (a) Litofácies CCL com dobra intrafolial, vista para NE (N060), ponto V014/P09; (b) Litofácies CCB, vista para WNW (N290), ponto N052/P02.....	58
Figura 2. 32 - Coluna litoestratigráfica sugerida para a área com base nos logs de sondagem da área de Curimbaba/ICAL (Campello & Haddad 2009).	61
Figura 2. 33 - Mapa geológico simplificado da área do Projeto (modificado de Ribeiro <i>et al.</i> 2008).....	63
Figura 3. 1 - Perfil cárstico esquemático mostrando as principais reações químicas ocorridas na formação de cavidades e espeleotemas.(Fonte: Karmam 2000).....	65
Figura 3. 2 - Mapa com a divisão das quadrículas do PROAPE sobre imagem em falsa cor RapidEye mostrando as diversas respostas dos corpos em relação as formas, texturas e cores.	67
Figura 3. 3 - Fotos da região da Área Cárstica de Pains com as principais feições do relevo. (a) maciço calcário aflorante de grande extensão. (b) paredões escarpados da região do cânion do rio São Francisco. (c) Rio Subterrâneo). (d) Dolina de subsidência.....	69

Figura 3. 4 - Imagem RapidEye mostrando diferentes padrões de textura, evidências de rochas com composições mineralógicas diferentes.....	74
Figura 3. 5 - Diferença entre os calcários calcítico (porção mais rugosa) e dolomítico (porção mais lisa).....	75
Figura 3. 6 - Algumas feições cársticas da região de Arco e Pains. Em (a) e (b) Dolina de subsidência. (c) Alinhamento de dolinas indicando o surgimento de uma uvala. (d) Lagoa cárstica.....	76
Figura 3. 7 - Ocorrência de dolinamentos na região do Projeto.....	77
Figura 3. 8 - Feições resultantes dos elementos hídricos na região de Arcos e Pains. (a) Sumidouro. (b) Surgência. (c e d) Fluxo hídrico superficial.....	78
Figura 3. 9 - Modelo digital de elevação do terreno mostrando as áreas com maior potencial de recarga (pontos amarelos) e as áreas de descarga (ponto vermelho): (a) e (b) dolinas; (c) lagoa cárstica.	80
Figura 3. 10 - Mapa carstológico da região do Projeto com os principais elementos cársticos cartografados.	83
Figura 3. 11 - Mapa de lineamentos com distinção dos três domínios.	85
Figura 3. 12 - Diagrama de roseta com 131 medidas efetuadas durante as etapas de campo.....	86
Figura 3. 13 - Diagrama de roseta com as direções preferenciais de desenvolvimentos das cavidades da tabela 1.2.	88
Figura 3. 14 - Mapa com os principais rio e córregos da região do Projeto separados em padrões de densidades de canais.....	89
Figura 4. 1 - A Bacia Hidrográfica do São Francisco e suas sub-bacias. A área de interesse do Proape situa-se na sub-bacia 13 - Alto São Francisco (Patrus <i>et al.</i> 2001).	93

Figura 4. 2 - Os sistemas aquíferos da região do Alto São Francisco e da área do Projeto (modificado de Mourão <i>et al.</i> 2001)	97
Figura 4. 3 – Representação esquemática do balanço hídrico, para um determinado volume de solo, segundo Sentelhas & Angelocci (2009).	100
Figura 4. 4 - Mapa das bacias dos afluentes do rio São Francisco, na área do Projeto.	102
Figura 4. 5 - Mapa potenciométrico da bacia do rio São Miguel (Dias e Velásques 2002) em relação à área do Projeto.	106
Figura 4. 6 - Estimativa média mensal dos escoamentos subterrâneo e superficial na bacia do rio São Miguel- estação fluviométrica de Calciolândia (1975-1989) (Menegasse <i>et al.</i> 2002).	108
Figura 4. 7 - Comparação entre as descargas de Calciolandia e o excedente hídrico estimado por Thorthwaite-Mater para a bacia do rio São Miguel (Menegasse <i>et al.</i> 2002).	109
Figura 4. 8 - Correlação linear entre os escoamentos medido e estimado na bacia do rio São Miguel (Menegasse <i>et al.</i> 2002).	110
Figura 4. 9 - Análise dos resíduos a partir da equação para predição do escoamento total (Menegasse <i>et al.</i> 2002).	111
Figura 4. 10 - Balanço hídrico geral da área de estudos (Menegasse <i>et al.</i> 2002).	112
Figura 4. 11 - Mapa das dolinas total. As dolinas cadastradas pelo Projeto estão plotadas em vermelho e as do cadastro do Ibama, em preto.	115
Figura 4. 12 - a) Dolina parcialmente inundada mostrando onde o nível de água atingiu a cota máxima após a inundação de janeiro de 2012, ponto R238/A22, com vista para NNW; b) Alinhamento de dolinas no ponto Y034/A16, vista para NW.	116
Figura 4. 13 - Mapa das cavidades com sumidouros (em vermelho) e com surgências (em azul).	118

Figura 4. 14 - Córrego dos Cavalos: (a) Surgência da Gruta Loca Grande (ponto T254) e (b) sumidouro do ponto S040.	119
Figura 5. 1 - Vista dos Domínios Biológicos adotados para a área do PROAPE.	121
Figura 5. 2 - Vista da má distribuição dos estudos analisados sobre a área do projeto.	123
Figura 5. 3 - Vista dos subdomínios biológicos adotados para a área do PROAPE.	124
Figura 5. 4 - Mapa de distribuição das regiões de mata seca pelos biomas brasileiros (Modificado de IBGE-1992).	126
Figura 5. 5 - Mapa apresentando os biomas brasileiros ocorrentes na área do PROAPE.	127
Figura 5. 6 - (a) Vista de Maciço Calcário com vegetação associada; (b) Manchas de mata seca com caducifólia.	128
Figura 5. 7 - Localização das três áreas prioritárias para a conservação segundo a Fundação Biodiversitas (2005), na região do PROAPE.	131
Figura 5. 8 - Abrangência geográfica das áreas contínuas e isoladas do Cerrado no Brasil, antes do processo de ocupação antrópica.	132
Figura 5. 9 - Fragmento de Floresta Estacional Decidual recobrimdo o maciço calcário.	144
Figura 5. 10 - Mapa da área prioritária para a conservação da flora no Carste Arcos/Pains (Biodiversitas 2005).	145
Figura 5. 11 - (a) Vegetação ao redor do paredão calcário; (b) Vista do interior da "Mata Seca" apresentando caducifólia.	146
Figura 5. 12 - Afloramento de rocha calcária com vegetação associada.	148
Figura 5. 13 - Área de pastagem com predominância de braquiária.	149
Figura 5. 14 - Vegetação secundária ao redor do paredão calcário.	149

Figura 5. 15 - Mata ciliar ao entorno do ribeirão Sujo.	150
Figura 5. 16 - Área brejosa no sopé de maciço calcário.	151
Figura 5. 17 - (a) e (b) Mata ciliar presente nas margens do rio São Francisco. Ponto na articulação P01.	153
Figura 5. 18 - Fragmentos de vegetação associada a afloramentos calcários. Em (a) Afloramento na quadrícula P02 e (b) Fragmento de mata com Lagoa carstica no entorno, na quadrícula P10.	154
Figura 5. 19 - Campos de várzea, com predominância de plantas herbáceas.	155
Figura 5. 20 - Vista panorâmica da serra de Pimenta – Município de Pimenta. Ponto na articulação P18.	156
Figura 5. 21 - Áreas de campo de cerrado com plantios de café ao fundo.	157
Figura 5. 22 - Mapa de localização da serra da Canastra e serra de Pimenta.	158
Figura 5. 23 - Mata Ciliar ao entorno de Lagoa carstica formada nas margens do ribeirão dos Patos. Ponto na quadrícula P07.	159
Figura 5. 24 - Fragmento de mata seca com área de pastagem ao redor. Ponto na quadrícula P03.	160
Figura 5. 25 - Afloramento rochoso com bromélias e o mandacaru (<i>Cereus jamacaru</i>). Ponto na quadrícula P15.	161
Figura 5. 26 - (a) e (b) áreas de cultivo e pastagem interrompidos por maciço calcário circundado por vegetação típica de Mata Seca.	162
Figura 5. 27 - Campos de cultura interrompidos por afloramento de calcário.	164
Figura 5. 28 - Lapiás com plantas das famílias: Bromeliaceae e Cactaceae, adaptadas a condições de vida sobre afloramentos rochosos.	165

Figura 5. 29 - Fragmentos de mata na quadrícula P16, associada a maciços calcários.....	166
Figura 5. 30 - Localização das Unidades de Conservação existentes em Arcos/MG.	168
Figura 5. 31 - Fragmentos de mata preservada na Fazenda Belo Vale localizada na quadrícula A06.....	170
Figura 5. 32 - (a) Vegetação ao entorno e sobre o maciço calcário e (b) Vegetação presente sobre o maciço rochoso.	171
Figura 5. 33 - (a) Vista da Lagoa do Retiro. Em (b) taboas crescendo nas margens da lagoa.	172
Figura 5. 34 - <i>Myracrodruon urundeuva</i> , em estado de floração, apresentando caducifolia.	175
Figura 5. 35 - <i>Hippeastrum reticulatum</i> , espécie ameaçada de extinção encontrada em áreas úmidas.....	175
Figura 5. 36 - <i>Cattleya bicolor</i> vivendo sobre rocha calcário.	176
Figura 5. 37 - Vista dos biomas ocorrentes na área do PROAPE.....	178
Figura 5. 38 - Mapa das áreas prioritárias para conservação de invertebrados ocorrentes no PROAPE, com sua respectiva categorias de importância biológica.	184
Figura 5. 39 - Mapa das áreas prioritárias para conservação da Ictiofauna ocorrentes no PROAPE, com sua respectiva categoria de importância biológica.	186
Figura 5. 40 - Mapa das áreas prioritárias para conservação da herpetofauna ocorrentes próximo ao PROAPE, com sua respectiva categoria de importância biológica.....	188
Figura 5. 41 - Mapa das áreas prioritárias para conservação avifauna ocorrentes no PROAPE, com sua respectiva categoria de importância biológica.	189
Figura 5. 42 - Mapa das áreas prioritárias para conservação da mastofauna ocorrentes no PROAPE, com sua respectiva categoria de importância biológica.....	190

Figura 5. 43 - Vista dos Domínios e Subdomínios biológicos.....	192
Figura 5. 44 - Representação gráfica da distribuição das ocorrências faunísticas.	193
Figura 5. 45 - Representação gráfica das ocorrências faunísticas pelos subdomínios.	194
Figura 5. 46 - Vista do Domínio Biológico do São Francisco.	196
Figura 5. 47 - Vista do Domínio Biológico do São Francisco e seu uso e ocupação do solo. .	197
Figura 5. 48 - Vista do subdomínio São Francisco.....	199
Figura 5. 49 - Vista das áreas prioritarias para conservação de invertebrados para o Subdomínio do Rio São Francisco. Adaptado de Zampaulo (2010).	200
Figura 5. 50 - Vista do Domínio Biológico São Francisco com seu subdomínio Serra de Pimenta.....	201
Figura 5. 51 - Detalhe para o Subdomínio Serra da Pimenta.....	202
Figura 5. 52 - Vista do subdomínio da Serra Pimenta com as áreas prioritárias para conservação da ictioauna.	203
Figura 5. 53 - Subdomínio Córrego do Cavalo e seu respectivo uso e ocupação do solo.....	204
Figura 5. 54 - Subdomínio Córrego do Cavalo com estudo de impacto ambiental analisado.....	205
Figura 5. 54 - Subdomínio Córrego do Cavalo com estudo de impacto ambiental analisado.....	206
Figura 5. 55 - Vista das áreas prioritarias para conservação de invertebrados para o Subdomínio do Córrego do Cavalo. Adaptado de Zampaulo 2010.	211
Figura 5. 56 - Vista do Domínio Biológico Central.....	212

Figura 5. 57 - Vista do Domínio Biológico Central e seu uso e ocupação do solo.	213
Figura 5. 58 - Vista do Subdomínio Centro-norte e seu uso e ocupação do solo.	216
Figura 5. 59 - Subdomínio Centro-norte com estudo de impacto ambiental analisado.	217
Figura 5. 60 - Vista do Subdomínio Zé Brega.	224
Figura 5. 61 - Vista do Subdomínio Zé Brega e seu uso e ocupação do solo.	225
Figura 5. 62 - Vista das áreas prioritárias para conservação de invertebrados para o Subdomínio do Zé Brega (Adaptado de Zampaulo 2010).	226
Figura 5. 63 - Vista do Domínio Biológico São Miguel.	227
Figura 5. 64 - Vista do Domínio Biológico São Miguel e seu uso e ocupação do solo.	229
Figura 5. 65 - Vista do Subdomínio de Pains.	230
Figura 5. 66 - Vista do Subdomínio de Pains e seu uso e ocupação de solo.	230
Figura 5. 67 - Subdomínio de Pains com estudos de impacto ambiental analisados.	231
Figura 5. 68 - Vista das áreas prioritárias para conservação de invertebrados para o Subdomínio do Zé Brega adaptado de Zampaulo 2010.	248
Figura 5. 69 - Vista do Subdomínio da Lagoa do Retiro.	250
Figura 5. 70 - Vista do Subdomínio da Lagoa do Retiro e seu uso e ocupação do solo.	250
Figura 5. 71 - Subdomínio da Lagoa do Retiro com os estudos de impacto ambiental analisados.	251
Figura 6. 1 - Mosaico da área de estudo com as imagens do sensor REIS (RapidEye Earth Imaging System), com a composição de falsa cor (R4G5B3).	272

Figura 6. 2 - Mosaico da área de estudo com as imagens <i>RapidEye</i> (R4G5B3) com a articulação das folhas do PROAPE.....	273
Figura 6. 3 - Valores de NDVI (2319710, 2329610).....	276
Figura 6. 4 - Valores de NDVI (3329711)	277
Figura 6. 5 - Valores de NDVI -3329712	278
Figura 6. 6 - Valores de NDVI -3329611	279
Figura 6. 7 - Valores de NDVI -3329612	280
Figura 6. 8 - (a) Mapa de Uso e Ocupação 2329610 e 2329710; (b) Detalhe da assinatura espectral da vegetação da mata ciliar com a de um plantação; (c)- Assinatura espectral da água e sombra.	282
Figura 6. 9 - Mapa de Uso e Ocupação das cenas 2329610 e 2329710.....	283
Figura 6. 10 - Mapa de Uso e Ocupação das cenas 2329611.....	284
Figura 6. 11 - Mapa de Uso e Ocupação das cenas 2329612.....	285
Figura 6. 12 - Mapa de Uso e Ocupação das cenas 2329711.....	286
Figura 6. 13 - Mapa de Uso e Ocupação das cenas 2329712.....	287
Figura 7. 1 - Boca da Gruta do Marinheiro (U272), importante sítio arqueológico da região.....	270
Figura 7. 2 - Placa em homenagem ao Barão Eschwege na Gruta da Cazanga (T116).	271
Figura 7. 3 - Chert ou sílex: (a) amostra de chert; (b) sílex em nódulos no calcário.....	273
Figura 7. 4 - Pontas de Projéteis: (a) da Gruta do Marinheiro e (b) da região do Barreado, Koole (2007).....	274

Figura 7. 5 - Comparativo entre os artefatos das tradições Sapucaí e Una (Prous 1992, Martin 1994, <i>apud</i> La Salvia 2011). Destaca-se a foto de vasilhame atribuído à fase Piumhí.....	275
Figura 7. 6 - Detalhe da cerâmica da fase Piumhí (Prous 1992, Martin 1994, <i>apud</i> La Salvia 2011).....	276
Figura 7. 7 - Sítio Mané do Juquinha: (a) vista parcial do local do sítio; (b) indícios de detonações.	277
Figura 7. 8 - Fragmentos de material cerâmico sapucaí: (a) ponto Q159 e (b) ponto U272.	278
Figura 7. 9 - Potes de cerâmica: (a) encontrado na Gruta do Pote - ponto S052; e (b) pote no Museu de Arqueologia do Alto São Francisco, em Pains.	279
Figura 7. 10 - Instrumentos líticos polidos provenientes da Província, segundo Henriques Júnior (2006).....	280
Figura 7. 11 - Pinturas rupestres do sítio do Ponto T124, CSN: (a) vista para SSW (N200) e (b) mesmo painel visto para sul.	281
Figura 7. 12 - Mapa das ocorrências arqueológicas cadastradas no Projeto, por tipo de evidência.....	291
Figura 8. 1 - Classificação por faixas de tamanhos das cavidades mapeadas por Ribeiro & Vilela (2009).....	301
Figura 8. 2 - Mapa de pontos e caminhamento realizados no Projeto.....	303
Figura 8. 3 - Distribuição das cavidades: (a) por tipos: 1- grutas (442), 2 - tocas (183), 3 - abrigos (214) e 4 - abismos (16); (b) por desenvolvimento linear <i>versus</i> porcentagem.	304
Figura 8. 4 - Tabela de descrição final das cavidades prospectadas.....	305
Figura 8. 5 - Tabela de máxima relevância.....	307

Figura 8. 6 - Tabela de resultados.	308
Figura 8. 7 - Tabela de alta relevância.....	308
Figura 8. 8 - Tabela de média relevância.....	309
Figura 8. 9 - Distribuição das cavidades por grau de relevância: 1 - máxima (69), 2 - alta (116), 3 - média (240) e 4 - baixa (240).	309
Figura 8. 10 - Domínios e subdomínios espeleológicos, da esquerda para a direita: domínio I, com os subdomínios Ia, Ib, e Ic; domínio II, com os subdomínios IIa e IIb; domínio III, subdomínios IIIa e IIIb.	310
Figura 8. 11 - Distribuição das cavidades classificadas por grau de relevância: máximas – pontos vermelhos, alta – pontos laranjas, média – pontos verdes claro e baixa – pontos verdes.	311
Figura 8. 12 - Subdomínio Ia e cavidades classificadas por grau de relevância: máximas (pontos vermelhos), alta (laranjas), média (verdes claro) e baixa (pontos verdes).	314
Figura 8. 13 - Gruta Cazanga: (a) vista para NW da entrada; (b) conduto principal visto para SW.....	316
Figura 8. 14 - Gruta T122: (a) entrada; (b) conduto com casca fina.	320
Figura 8. 15 - Abrigo Y240: (a) boca, vista para sul; (b) espeleotema tipo anemolite, visto para NNE.....	321
Figura 8. 16 - Subdomínio Ib com a distribuição das cavidades classificadas por grau de relevância: máximas – pontos vermelhos, alta – pontos laranjas, média – pontos verdes claro e baixa – pontos verdes.....	323
Figura 8. 17 - Gruta Lagoa do Retiro: (a) boca vista de fora na direção NW; (b) Boca vista de dentro.	327

Figura 8. 18 - Gruta A721: (a) boca vista de fora e aspecto do maciço; (b) conduto e blocos abatidos	329
Figura 8. 19 - Gruta Jardim Suspenso (Q127): (a) conjunto de minitravertinos visto para sul ; (b) espeleotema tipo disco e estalactites, no teto do conduto, vista para WNW.....	330
Figura 8. 20 - Gruta do Obede (Q128): (a) conjunto de espeleotemas visto para SW; (b) minitravertinos e ninho de pérolas com pérolas cúbicas de cerca de 0,5 cm de lado.	331
Figura 8. 21 - Abrigo S089: (a) arco; (b) pinturas rupestres.....	333
Figura 8. 22 - Gruta Paraíso Suspenso (W022) : (a) flor de calcita no teto da cavidade; (b) canaleta vadosa no teto do conduto, vista para NNE.	335
Figura 8. 23 - Gruta dos Ossos I (Q066): (a) boca vista de dentro para SSE; (b) espeleotemas em fim de conduto, vista para NNE.	338
Figura 8. 24 - Gruta Joinha (Q106): (a) conduto da boca, visto para leste; (b) fim do conduto com espeleotemas, visto para oeste.	339
Figura 8. 25 - Gruta Q110: (a) conduto visto para N260 (WSW); (b) conduto freático com escorrimentos, visto para oeste (W).	340
Figura 8. 26 - Toca Q115: (a) quirópteros no teto de conduto; (b) feições vadosas tipo pilar e condutos.	341
Figura 8. 27 - Gruta Q125: (a) boca vista para NE; (b) conduto freático com pendente, visto para SE.	342
Figura 8. 28 - Gruta R120: (a) salão ornamentado com estalactites, visto para WNW; (b) estalactites e helictites (excêntricos) no teto de conduto.	344
Figura 8. 29 - Gruta Dynamite: (a) conduto freático com espeleotemas, visto para SSE; (b) espeleotemas dos tipos coralóides e estalactite em conduto freático, visto para SSE.	346

Figura 8. 30 - Gruta Curral de Pedra (S012): (a) conduto com pendentes, vista para SE ; (b) feições vadosas no teto de conduto controlado por fratura de direção NNW.	348
Figura 8. 31 - Gruta Sistema Mãe D'água (S098): (a) Visão interna da boca principal, vista para SW; (b) visão interna de outra boca, vista para ESE.	351
Figura 8. 32 - Gruta Vaca Queimada (S117): (a) boca, vista para sul; (b) cachoeira na drenagem subterrânea, vista para SSE.....	352
Figura 8. 33 - Gruta Moranga II (S122): a) vista do fundo da dolina, para SSW; b) acesso ao abismo da cavidade, vista para WSW.....	353
Figura 8. 34 - Gruta Batismo I (W033): a) boca vista para NE; b) clarabóia vista para SW....	354
Figura 8. 35 - Gruta do Teto Plano (W041): (a) boca e vista parcial do Paredão;(b) cortinas do tipo <i>bacon</i> com gotejamento.	355
Figura 8. 36 - Subdomínio Ic com as cavidades classificadas por grau de relevância: máximas (pontos vermelhos), alta (laranjas), média (verdes claro) e baixa (pontos verdes).	359
Figura 8. 37 - Gruta Q159: (a) fragmentos de material cerâmico; (b) restos de pote.	362
Figura 8. 38 - Gruta Q182: (a) espeleotema tipo <i>blister</i> ; (b) aspecto do conduto com estalactite e coluna.....	363
Figura 8. 39 - Gruta S048: (a) entrada vista para oeste; (b) espeleotemas tipo represas de travertinos.	364
Figura 8. 40 - Gruta T002, Zeca da Mulata: (a) primeiro salão com teto controlado por camada de silexito; (b) espeleotemas tipo pérolas.....	365
Figura 8. 41 - Gruta W248, Abismo Narigudo: (a) entrada sob dolinamento; (b) acesso ao nível inferior da água, primeiro "quebra corpo".....	366

Figura 8. 42 - toca X006: (a) entrada triangular; (b) lasca de material cerâmico, encontrada no local.	367
Figura 8. 43 - Gruta do Nove Pichado, Y006: (a) entrada na base do paredão; (b) represa de travertino com água.	368
Figura 8. 44 - Gruta A763: (a) entrada no topo maciço; (b) morfologia do conduto, visto para norte.	370
Figura 8. 45 - Gruta A782: (a) entorno da entrada; (b) morfologia da boca.....	371
Figura 8. 46 - Gruta R184: (a) cortinas tipo <i>bacon</i> , vista para SSE; (b) "ninho" de pérolas, visto em planta.	373
Figura 8. 47 - Gruta do Sandrino, S063: (a) morfologia do conduto freático e paleopiso; (b) espeleotema tipo "clava".	373
Figura 8. 48 - Subdomínio IIa com as cavidades classificadas por grau de relevância: máximas (pontos vermelhos), alta (laranjas), média (verdes claro) e baixa (pontos verdes).	379
Figura 8. 49 - Gruta da Placa Tanzan: (a) Boca da gruta vista para NE (N030); (b) Ossos Mastofauna, vista de topo.....	382
Figura 8. 50 - Gruta do Suim: (a) boca vista para NW (N325); (b) morfologia do conduto e espeleotemas, vista para WNW (N300).	383
Figura 8. 51 - Gruta do Davi - S055: (a) casca fina, vista para SE (N140); (b) escorrimentos, vistos para NW (N310).....	385
Figura 8. 52 - Gruta do Ceramista - T097: (a) salão principal, visto para NNW; (b) material cerâmico, visto em planta.	386
Figura 8. 53 - Gruta dos Ossos - T105: (a) boca, vista para SSE; (b) ossos em marmita natural, vista em planta.....	387

Figura 8. 54 - Abrigo T111: (a) boca, vista NNE (N020); (b) escavação arqueológica, vista para NNE (N030).....	388
Figura 8. 55 - Gruta W131: (a) entrada, vista para SW (N230); (b) espeleotema tipo vulcão.	389
Figura 8. 56 - Gruta X097: (a) entrada, vista para NNE (N22); (b) espeleotema tipo estalactites, vista para WNW (N290).	390
Figura 8. 57 - Gruta Ponto C15: (a) entrada, vista para fora com lagoa cárstica ao fundo; (b) espeleotemas tipo estalactites e colunas.	393
Figura 8. 58 - Gruta A436: (a) entrada, vista de fora; (b) salão da entrada e boca vista para fora.....	394
Figura 8. 59 - Gruta A452: (a) espeleotemas do tipo de escorrimentos; (b) morfologia de conduto freático com blocos abatidos.	395
Figura 8. 60 - Gruta Paisagem Lunar B069: (a) Boca, vista NW (N335); (b) feições cársticas que lembram uma "Paisagem lunar".	396
Figura 8. 61 - Gruta Tamara - E014: (a) escorpião em parede de conduto, vista para sul; (b) feições freáticas tipo conduto e pendente.	398
Figura 8. 62 - Gruta Duca - N001: (a) boca vista NNW (N340); (b) imagem sacra, vista NW (N320).	400
Figura 8. 63 - Gruta Mandengo - N004: (a) boca vista para SSW (N190); (b) boca vista para fora na direção NNW (N355).	401
Figura 8. 64 - Gruta Toca da Coruja - N071: (a) boca vista para NW (N330); (b) morfologia de conduto freático, visto para NW (N340).	401
Figura 8. 65 - Gruta Q213: (a) entrada vista para NW (N300); (b) entrada secundária próxima a entrada principal vista para WSW (N260).	403

Figura 8. 66 - Gruta Q227: (a) entrada em formato elipsoidal vista para SE (N120); (b) cortes elipsoidais observados.....	404
Figura 8. 67 - Gruta Q240: (a) vista da boca da cavidade para SW (N235); (b) cortes elipsoidais observados na direção SSE (N170).	405
Figura 8. 68 - Gruta R206: (a) cavidade repleta de entulho e lixo; (b) vista da entrada da cavidade para NW (N310).	406
Figura 8. 69 - Gruta T094: (a) vista da boca, para SW (N240); (b) ossos observados no piso da gruta.....	407
Figura 8. 70 - Gruta W197: boca em formato triangular da cavidade.	408
Figura 8. 71 - Gruta X098: espécime de tamanduá bandeira (<i>Myrmecophaga tridactyla</i>) observado próximo a cavidade.	413
Figura 8. 72 - Gruta Y207: boca vista de dentro da cavidade.	414
Figura 8. 73 - Gruta Y221: vista da boca da cavidade.	415
Figura 8. 74 - Subdomínio IIb com a distribuição das cavidades classificadas por grau de relevância: máximas – pontos vermelhos, alta – pontos laranjas, média – pontos verdes claro e baixa – pontos verdes.	417
Figura 8. 75 - Gruta do ponto A174: (a) boca vista de fora na direção NW; (b) Espeleotema tipo blister.....	420
Figura 8. 76 - Abrigo do ponto A187: (a) vista geral do abrigo; (b) vista da entrada de dentro para fora.	421
Figura 8. 77 - Abrigo A 287: (a) vista geral do maciço com escorrimento métrico; (b) detalhe do escorrimento.....	422
Figura 8. 78 - Abrigo A242: (a) vista geral da do abrigo; (b) cacos de cerâmica.	423

Figura 8. 79 - Gruta Sumidouro: (a) vista geral da entrada; (b) entrada vista de dentro para fora; (c) conduto com escorrimentos e estalactites; (d) espeleotema tipo coluna e cortinas.	426
Figura 8. 80 - Gruta Coqueiro III: (a) vista de fora na direção SE; (b) entrada em piso superior feita com auxílio de escada; (c) e (d) aspectos do conduto; (e) agulha de gipsita; (f) espeleotema tipo flor de aragonita.	428
Figura 8. 81 - Gruta Éden: (a) e (b) helictites; (c) e (d) coluna; (e) flor de aragonita; (f) flor de gipsita.....	429
Figura 8. 82 - Gruta Paranoá - R159: (a) entrada e (b) salão principal.	430
Figura 8. 83 - Gruta dos Milagres: (a) boca vista de fora na direção WNW; (b) vista da boca de dentro para fora; (c) vista de sumidouro na direção leste; (d) colunas.	431
Figura 8. 84 - Gruta do Pote: (a) boca vista para fora na direção NW; (b) pote em bom estado de preservação.	432
Figura 8. 85 - Gruta Zezinho Beraldo: (a) conduto com direção SE-NW; (b) cortinas com calcitas cintilantes e translúcidas.	433
Figura 8. 86 - Gruta Brega: (a) boca vista de fora; (b) boca vista de dentro; (c) salão final do conduto principal; (d) salão com travertinos; (e) conduto com espeleotemas e (f) salão do fim da gruta.	434
Figura 8. 87 - Gruta Loca Grande: (a) e (b) boca alagada vista de fora.....	435
Figura 8. 88 - Gruta do Marinheiro: (a) boca vista de fora para dentro; (b) picoteamento em bloco abatido.....	436
Figura 8. 89 - Gruta A182: (a) coluna; (b) escorrimento.	438
Figura 8. 90 - Gruta N043: (a) boca vista de fora na direção SE; (b) conduto com direção SW- NE e espeleotemas.....	444

Figura 8. 91 - Gruta T254: (a) e (b) surgência.....	446
Figura 8. 92 - Gruta U277: (a) e (b) boca vista de fora.....	447
Figura 8. 93 - Subdomínio IIIa com a distribuição das cavidades classificadas por grau de relevância: máximas – pontos vermelhos, alta – pontos laranjas, média – pontos verdes claro e baixa – pontos verdes.....	452
Figura 8. 94 - Gruta U277: (a) boca vista de fora, no outro lado do ribeirão; (b) morfologia do conduto; (c) espeleotemas tipo vela e colunas; (d) cachoeira no interior da cavidade. ..	454
Figura 8. 95 - Gruta da Boca Escorrida V016: (a) boca vista de fora, para SE; (b) outra boca, em abrupto com espeleotemas tipo anemolites, vista para NW.	456
Figura 8. 96 - Gruta do Jequitibá - V023: (a) boca vista de dentro para fora, para ESE; (b) conduto estreito em sumidouro; (c) espeleotemas tipo estalactites e estalagmites; (d) travertinos com pérolas.	457
Figura 9. 1 - Mapa de fase dos processos do DNPM.....	468
Figura 9. 2 - Mapa de distribuição dos processos do DNPM, por substância mineral.	469
Figura 10. 1 - Mapa das áreas selecionadas como "Áreas Sensíveis".....	473
Figura 10. 2 - Uso e ocupação da área sensível Pains Leste.	474
Figura 10. 3 - Área sensível Pains Leste.....	476
Figura 10. 4 - Uso e ocupação da área sensível Paranoá.	477
Figura 10. 5 - Área sensível Paranoá.	478
Figura 10. 6 - Uso e ocupação da área sensível Córrego do Santo Antonio.	479
Figura 10. 7 - Área sensível Córrego do Santo Antônio.	482

Figura 10. 8 - Uso e ocupação da área sensível Córrego da Lagoa Seca - Retiro.....	483
Figura 10. 9 - Área sensível Lagoa Seca - Retiro.....	485
Figura 10. 10 - Uso e ocupação da área sensível Tamburil Leste.	486
Figura 10. 11 - Uso e ocupação da área sensível Tamburil Oeste.....	487
Figura 10. 12 - Área sensível Fazenda Tamburil: Leste e Oeste.....	489
Figura 10. 13 - Uso e ocupação da Área sensível Timboré.	490
Figura 10. 14 - Área sensível Timboré.....	491
Figura 10. 15 - Uso e ocupação da Área sensível Éden.....	492
Figura 10. 16 - Área sensível Éden.	494
Figura 10. 17 - Uso e ocupação da Área sensível Fazenda da Fábrica.....	495
Figura 10. 18 - Área sensível Fazenda da Fábrica (Belo Vale).....	497
Figura 10. 19 - Uso e ocupação da Área sensível Quenta Sol.	498
Figura 10. 20 - Área sensível Quenta Sol.....	500
Figura 10. 21 - Uso e ocupação da Área sensível Jurubeba.	501
Figura 10. 22 - Área sensível Jurubeba.....	503
Figura 10. 23 - Uso e ocupação da Área sensível Jatobá.	504
Figura 10. 24 - Área sensível Fazenda Jatobá.....	506
Figura 10. 25 - Uso e ocupação da Área sensível Mata das Frutas.	507
Figura 10. 26 - Área sensível Mata das Frutas.	509

Figura 10. 27 - Uso e ocupação da Área sensível Córrego do Cavalo.	510
Figura 10. 28 - Área sensível Córrego do Cavalo.	512
Figura 10. 29 - Uso e ocupação da Área sensível Fazenda Mostarda.	513
Figura 10. 30 - Área sensível Fazenda Mostarda.	515
Figura 10. 31 - Uso e ocupação da Área sensível Cânion do São Francisco.	516
Figura 10. 32 - Área sensível Cânion do São Francisco.	518
Figura 10. 33 - Uso e ocupação da Área sensível Fazenda Tabocas.	519
Figura 10. 34 - Área sensível Fazenda Tabocas.	521
Figura 10. 35 - Áreas sensíveis versus processos do DNPM: em amarelo os processos em fase de requerimentos e em verde em concessão de lavra.	522
Figura 11. 1 - Área sugerida para estudos de valoração de cavidades.	526

Lista de Tabelas

Tabela 2. 1 - Tabela dos conjuntos fasciológicos de Lopes (1995).	19
Tabela 3. 1 - Simbologia dos elementos cársticos adotados para o Projeto.	81
Tabela 3. 2 - Direções preferencias de desenvolvimento de grutas da região.	87
Tabela 4. 1 - As unidades geológicas associadas aos tipos de aquíferos na área do Projeto.	97
Tabela 4. 2 - Áreas e perímetros das bacias hidrográficas que ocorrem na área do projeto.	101
Tabela 4. 3 - Valores médios de temperatura, precipitação e descarga para a Bacia do Rio São Miguel, entre 1975 e 1989 (Menegasse et al. 2000).	103
Tabela 4. 4 - Balanço hídrico-climático da Bacia do Rio São Miguel (Menegasse <i>et al.</i> 2002).	104
Tabela 4. 5 - Parâmetros hidrológicos da Bacia do Rio São Miguel.	104
Tabela 4. 6 - Balanço hídrico climático pelo método de Thorthwaite-Mater, em mm/ano (1975-1989)(Menegasse et al. 2002).	109
Tabela 4. 7 - Síntese dos escoamentos total e subterrâneo anuais (Menegasse <i>et al.</i> 2002).	112
Tabela 5. 1 - Riqueza de espécies, famílias e gêneros de plantas vasculares coletadas em afloramentos de rocha carbonática na região de Arcos, Doresópolis, Iguatama e Pains. Adaptado de Melo (2008).	130
Tabela 5. 2 - Áreas prioritárias para a conservação registradas para o município de Pains/MG, apresentando a categoria e ação recomendada. Adaptado de Biodiversitas (2005).	130

Tabela 5. 3 - Lista de espécies com grau de ameaça para a região do PROAPE.....	173
Tabela 5. 4 - Lista de Aves do Subdomínio do Córrego do Cavalo.....	206
Tabela 5. 5 - Lista de Mamíferos do Subdomínio do Córrego do Cavalo.....	208
Tabela 5. 6 - Lista de Répteis do Subdomínio do Córrego do Cavalo.	209
Tabela 5. 7 - Lista de Anfíbios do Subdomínio do Córrego do Cavalo.	210
Tabela 5. 8 - Lista de Peixes do Subdomínio do Córrego do Cavalo.	210
Tabela 5. 9 - Lista de Aves do Subdomínio Centro-Norte.....	218
Tabela 5. 10 - Lista de Mamíferos do Subdomínio Centro-norte.	222
Tabela 5. 11 - Lista de Répteis do Subdomínio Centro-norte.....	222
Tabela 5. 12 - Lista de Anfíbios do Subdomínio Centro-norte.....	223
Tabela 5. 13 - Lista de Aves do Subdomínio de Pains.	232
Tabela 5. 14 - Lista de Mamíferos do Subdomínio de Pains.	243
Tabela 5. 15 - Lista de Répteis Do Subdomínio de Pains.	245
Tabela 5. 16 - Lista de Anfíbios do Subdomínio de Pains.....	247
Tabela 5. 17 - Lista de Peixes do Subdomínio de Pains.....	247
Tabela 5. 18 - Lista de Aves do Subdomínio da Lagoa do Retiro.	252
Tabela 5. 19 - Lista de Mamíferos do Subdomínio Lagoa do Retiro.	262
Tabela 5. 20 - Lista de Répteis do Subdomínio Lagoa do Retiro.....	264
Tabela 5. 21 - Lista de Anfíbios do Subdomínio da Lagoa do Retiro.....	264

Tabela 5. 22 - Lista de Peixes do Subdomínio da Lagoa do Retiro.....	265
Tabela 5. 23 - Avifauna ameaçada de extinção.....	267
Tabela 5. 24 - Mastofauna ameaçada de extinção.	268
Tabela 6. 1 - Características do sensor REIS (RapidEye Earth Imaging System).	271
Tabela 7. 1 - Sítios Arqueológicos visitados por Koole et al. (2001), com os principais tipos de evidências encontradas.	288
Tabela 8. 1 - Qualitativos dos pontos de observações descritos.	302
Tabela 8. 2 - Distribuição numérica das cavidades por grau de relevância e por subdomínios.	311
Tabela 8. 3 - Cavidades de grau de relevância máxima e alta do subdomínio Ia.	315
Tabela 8. 4 - Cavidades de grau de relevância máxima e alta do subdomínio Ib.	324
Tabela 8. 5 - Cavidades de grau de relevância máxima e alta do subdomínio Ic.	360
Tabela 8. 6 - Cavidades de grau de relevância máxima e alta do subdomínio IIa.	380
Tabela 8. 7 - Cavidades de grau de relevância máxima e alta do subdomínio IIb.	418
Tabela 8. 8 - Cavidades de grau de relevância máxima e alta do subdomínio IIIa.	453

CAPÍTULO 01 APRESENTAÇÃO

Este capítulo apresenta um breve histórico da origem do projeto, além de definir seus objetivos e delimitar a área objeto do estudo. Para facilitar a compreensão do trabalho, também será apresentada a metodologia empregada.

1.1 - INTRODUÇÃO

A área que engloba os municípios de Arcos, Pains, Doresópolis e Iguatama caracteriza-se pela ocorrência de espessos estratos de rochas calcárias que têm importante potencial econômico na produção de cimento, cal e corretivo de solo. Conseqüentemente, sofre ameaças constantes frente ao conflito de interesses entre sua preservação e a indústria extrativa instalada na região.

Para garantir o uso sustentável dos recursos naturais deste patrimônio natural surgiu a necessidade de se elaborar um diagnóstico geoambiental da área, e assim, fornecer subsídios técnicos quando da tomada de decisões, seja pelo setor industrial, seja pelos órgãos fiscalizadores competentes. Além disso, o presente trabalho servirá como ferramenta de consulta para futuros trabalhos científicos.

O estudo intitulado Projeto Arcos Pains Espeleologia - PROAPE surgiu através da parceria entre o Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA, o Ministério Público Federal – MPF e a Universidade Federal de Ouro Preto - UFOP, sob administração da Fundação Educativa de Rádio e TV de Ouro Preto – FEOP.

Esta parceria foi firmada através do Termo de Ajustamento de Conduta entre essas entidades e a empresa GERDAU S.A. em 08 de Junho de 2010, dando continuidade ao Inquérito Civil Público nº 1.22.000.001347/2008-12, referente aos prejuízos ocasionados ao patrimônio espeleológico em virtude da destruição de caverna, classificada como alta relevância, na área denominada "Várzea do Lopes" (Brasil 2010). Posteriormente, a Fundação Estadual do Meio Ambiente – FEAM foi convidada também a participar da orientação técnica do projeto, a partir da segunda metade do seu cronograma.

O Projeto iniciou suas atividades oficialmente em 01 de setembro de 2010 e terminou em 30 de maio de 2012.

1.2 - OBJETIVOS

Geral:

Elaborar um diagnóstico geoambiental da região do distrito espeleológico de Arcos-Pains- Doresópolis- Iguatama, destacando os seguintes aspectos:

- Estudo do relevo cárstico das suas feições internas (endocarste) e externas (exocarste) e mapeamento espeleológico (mapa de ocorrência de cavernas, abismos, abrigos, áreas de recarga, sumidouros e ressurgências);
- Caracterização geoambiental desse distrito espeleológico, numa área total é de 130.000 ha.

Específicos:

- Identificar elementos do relevo cárstico, tais como: afloramentos calcários, cavidades, dolinas e seus alinhamentos, uvalas, surgências, sumidouros, zonas de recarga de aquíferos e cursos d'água.
- Identificar elementos que possibilitem a formação de corredores ecológicos, tais como, fragmentos de mata, unidades de conservação e cursos d'água.
- Identificar potenciais agentes de degradação ambiental, tais como, empreendimentos minerários, pastagens, áreas de agricultura, ocupação antrópica e aterros sanitários clandestinos.
- Identificar “hot spots” - áreas ambientalmente sensíveis e importantes para o equilíbrio ecológico - que ao mesmo tempo estejam sofrendo pressão antrópica em função da utilização de recursos naturais.
- Elaborar Sistema de Informação Geográfica (SIG), utilizando as informações

obtidas no estudo, a fim de criar um banco de dados ambientais geograficamente localizados.

- Selecionar áreas ambientalmente sensíveis ou frágeis.

Além disso, conforme o “Termo de Referência para Elaboração de Estudos de Impacto Ambiental para Atividades Minerárias em Áreas Cársticas no Estado de Minas Gerais - FEAM/IBAMA” (Minas Gerais 2005), o projeto descreveu e preencheu a ficha de caracterização espeleológica de cavidades (abismos, grutas, abrigos) identificadas, com vistas à preservação ambiental dessa importante região cárstica, em harmonia com a viabilização de implantação e operação da indústria extrativa de calcário da região.

1.3 - ÁREA DE ESTUDO

As localidades de Pains, Arcos, Doresópolis, Córrego Fundo, Iguatama e Formiga formam hoje um grande polo mineiro-industrial, que produz diversos tipos de produtos a partir das rochas calcárias. Alguns destes produtos são a cal dolomítica e calcítica, cimento, corretivo de solo, ração animal e precipitado de carbonato de cálcio. Existem aproximadamente 40 minas de calcário em atividade na região, incluindo importantes indústrias como a CSN, Lafarge, Belocal, ICAL, Imerys do Brasil e Solofértil, além de diversas outras pequenas e médias empresas da região (Ribeiro & Vilela 2009).

A área estudada localiza-se na denominada “região cárstica de Arcos-Pains-Doresópolis-Iguatama”, cujo polígono está compreendido pelos vértices opostos de coordenadas UTM: 396.000E / 7.760.000N e 646.000E / 7.734.000N (Fig. 1.1), totalizando cerca de 130.000 ha. Esse polígono abrange partes dos municípios de Pains, Arcos, Doresópolis, Iguatama, Córrego Fundo, Formiga, Pihumi e Bambuí, no estado de Minas Gerais.

O acesso à área se faz pela rodovia BR-381 (Rodovia Fernão Dias) até Betim. No trevo com

área, antes que a degradação deste importante distrito espeleológico atinja níveis irreparáveis, uma vez que cavernas estão sendo destruídas, a fauna cavernícola extinta, os sítios arqueológicos e paleontológicos degradados. Parte da vegetação remanescente e algumas dolinas já foram ou estão sendo soterradas e cursos d'água subterrâneos assoreados, proporcionando a consequente modificação das áreas alagadas no período chuvoso.

1.4 - METODOLOGIA GERAL

Durante a realização de seus trabalhos, a equipe do PROAPE observou as diferentes particularidades inerentes à uma região cárstica, marcada pelo desenvolvimento urbano e também pela atividade industrial.

Os primeiros levantamentos efetuados envolveram uma ampla pesquisa bibliográfica para coleta de informações contidas em estudos ambientais de implantação de empreendimentos na área.

Para a espacialização e visualização da área de estudo foram confeccionados mapas com a representação da região em diversas escalas, como por exemplo: 1:10.000, 1:25.000 e 1:50.000, tendo como base, imagens de satélites, imagens do Google, mapas topográficos do IBGE, etc. Muitos desses dados em forma de arquivos shape foram disponibilizados pelo IBAMA. No tratamento dos dados foram utilizados os softwares ArcGis, Autocad, CorelDraw e Adobe Photoshop.

O projeto, por envolver uma área de aproximadamente 130.000 hectares, dimensão considerável para a execução de um levantamento espeleológico/ambiental, exigiu o estabelecimento de uma metodologia especial de trabalho.

A poligonal da região de estudo está representada pelas folhas do IBGE na escala 1:50.000, nomeadas como Folha Arcos (SF-23-V-B-II-4), Folha Piumhí (SF-23-V-B-II-3) e as porções sul/sudoeste da Folha Lagoa da Prata (SF-23-V-B-II-2) e leste/nordeste da Folha do Rio Piumhí (SF-23-V-B-I-4). Com o intuito de se facilitar a abordagem dos trabalhos em campo e para uma caracterização mais detalhada da região, as referidas folhas foram subdivididas em 52 quadrículas, com áreas equivalentes às das ortofotocartas na escala 1:10.000 e com dimensões aproximadas de 6x4 km, ou seja, 2.400 hectares.

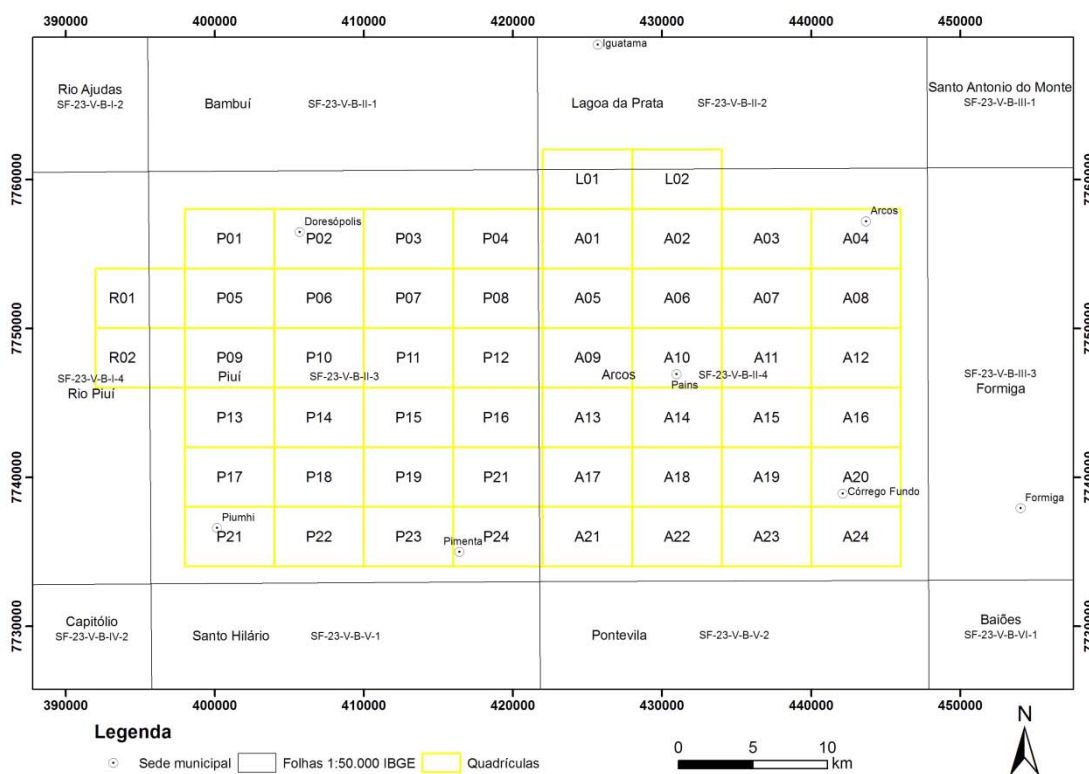


Figura 1. 2 - Mapa contendo as folhas do IBGE de Arcos (SF-23-V-B-II-4), Piumhí (SF-23-V-B-II-3) e as porções sul/sudoeste da Folha Lagoa da Prata (SF-23-V-B-II-2) e leste/nordeste da Folha Rio Piumhí (SF-23-V-B-I-4) na escala 1:50.000, com as subdivisões das quadrículas referentes a metodologia de estudos da área de abrangência do Projeto.

Cada quadrícula foi nomeada com a inicial da folha do IBGE correspondente e numerada em seqüência, da esquerda para a direita, tomando-se como referência a porção mais a norte. Por exemplo, a quadrícula A13, refere-se à Folha de Arcos na décima terceira

subdivisão desta folha na escala 1:50.000. A figura 1.2 ilustra a área de trabalho do PROAPE e as suas respectivas subdivisões em quadrículas.

Visando estabelecer uma convenção espeleométrica para as cavidades subterrâneas, o Projeto adotou os seguintes critérios:

- Abrigo: qualquer cavidade com desenvolvimento linear menor que cinco metros.
- Toca: qualquer cavidade com desenvolvimento linear maior que cinco e menor que 20 metros.
- Gruta: qualquer cavidade com desenvolvimento linear maior que 20 metros.
- Abismo: qualquer cavidade com desenvolvimento linear vertical maior que 15 metros.
- Caverna: qualquer cavidade subterrânea, seja ela uma gruta, toca ou abismo.

De posse do mapa de localização e identificando os possíveis locais da existência de cavidades naturais, conforme a geologia local, foram iniciadas as atividades de campo.

Os trabalhos de campo se concentraram nos meses de férias escolares e se desenvolveram nos meses de fevereiro, agosto e novembro de 2011, em janeiro e fevereiro de 2012, perfazendo um total de 57 dias. Para o desenvolvimento desta prospecção foram necessária a formação de sete equipes com dois espeleólogos cada. Um relatório de atividades foi elaborado no final de cada campanha. Durante o caminhamento, utilizando o aparelho de GPS, cada equipe percorreu os maciços calcários presentes na região, descrevendo as feições geomorfológicas externas (exocarste) e internas (endocarste) e explorando todas as cavidades existentes (abismos, abrigos e grutas). Para facilitar a identificação, cada elemento encontrado recebeu uma codificação alfanumérica. Quando possível, as feições geológicas planares e lineares foram medidas no sistema de notação clar (trama, por exemplo, 040/35), contribuindo para futuras interpretações geoespeleológicas.

Além da codificação alfanumérica, as cavidades encontradas foram caracterizadas através do preenchimento da Ficha de Prospecção Endocárstica (FPE) contida no Termo de Referência (Minas Gerais 2005), completadas com a tomada fotografias digitais do local. A fauna e a flora, presentes nos maciços, também foram fotografadas e descritas de maneira preliminar, não classificatória.

Ampliando o estudo, a equipe procurou descrever os aspectos hidrogeológicos e hidrológicos regionais, tais como áreas de recarga, nascentes, surgências, sumidouros e também seus controles geológicos.

Para o tratamento e a espacialização das informações de campo foi utilizada uma ferramenta de Sistema de Informação Geográfica (SIG), permitindo um melhor gerenciamento dos dados. As coordenadas georreferenciadas de cada ponto levantado foram distribuídas sobre as imagens hospedadas pelo Google. Os dados topográficos, hidrográficos, as áreas de restrições, o sistema viário, a divisão administrativa, as imagens de satélite da região e do Brasil foram inseridos como camadas. Para a modelação geográfica foram utilizados os softwares AutoCAD Land na edição vetorial, ArcGIS na distribuição dos dados espaciais e layout dos mapas e croquis, Adobe Photoshop no tratamento digital das imagens e Microsoft Excel na base de dados.

As coordenadas georreferenciadas de cada ponto levantado foram distribuídas sobre as imagens hospedadas pelo Google. Os caminhamentos e os pontos descritos levantados com GPS Garmin 60 csx, foram transformados em Shapefiles e inseridos no SIG. Foram gerados layers de informações das feições cársticas, drenagens, cavas de minas, mapas de cavernas, poligonais de Decretos de Lavras e de áreas de proteção. Para o tratamento de imagens multiespectrais foi utilizado o software ENVI 4.4 e para o sistema de informações geográficas, o ArcGIS 9.3. A transferência de dados do GPS foi feita com o software GPS Trackmaker.

CAPÍTULO 02 GEOLOGIA

Este capítulo apresenta um resumo da geologia regional, com base em trabalhos anteriores e aspectos da geologia local resultantes do trabalho da equipe do Projeto.

2.1 - GEOLOGIA REGIONAL

A área do Projeto situa-se na extremidade sudoeste da unidade geotectônica denominada Bacia Intracratônica do São Francisco que, por sua vez, constitui a parte sul do cráton homônimo (Fig. 2.1). O Cráton do São Francisco (Almeida 1977) representa uma unidade geotectônica estabilizada no final do ciclo Transamazônico e que está margeada por faixas de dobramentos do Proterozóico Superior (ciclo Brasileiro).

A Bacia do São Francisco foi tema de uma publicação especial da Sociedade Brasileira de Geologia – Núcleo de Minas Gerais, onde sua geologia e recursos naturais foram abordados por diversos autores (Martins-Neto & Pinto 2001).

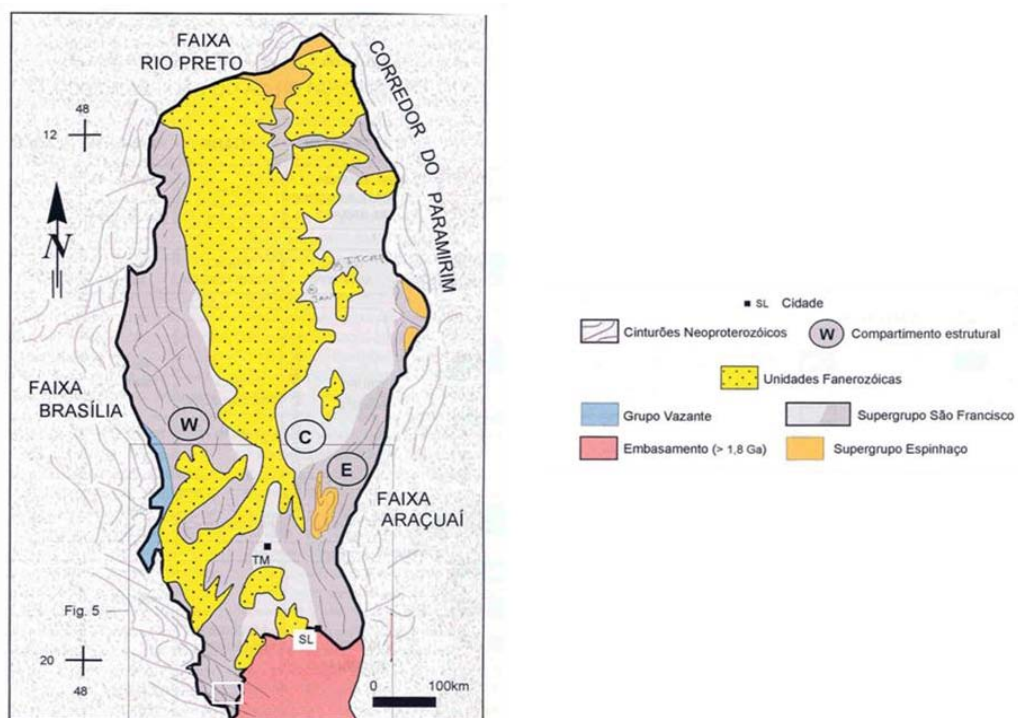


Figura 2. 1 - Bacia do Rio São Francisco e posicionamento da área do Projeto, retângulo branco na parte sul da imagem (modificado de Martins-Neto & Alkmim 2001).

O arcabouço estrutural da bacia foi descrito por Alkmim & Martins-Neto (2001) que a consideram uma bacia do tipo intracratônica, poli-histórica, “mãe de bacias sucessoras”. De acordo com esses autores essa bacia apresenta três compartimentos estruturais: um oeste, correspondente à zona externa das faixas Brasília e Rio Preto; um leste, englobando as extremidades da Faixa Araçuaí e um central, onde as unidades pré-cambrianas praticamente não foram afetadas. No caso da área de Arcos-Pains, as rochas estão associadas ao ciclo *foreland*, onde a megasequência Bambuí (Neoproterozóico Médio a Superior) subdivide-se em três megaciclos em *shallowing-up* envolvendo as formações Samburá, Carrancas, Sete Lagoas, Serra de Santa Helena, Lagoa do Jacaré, Serra da Saudade e Três Marias (Fig. 2.2).

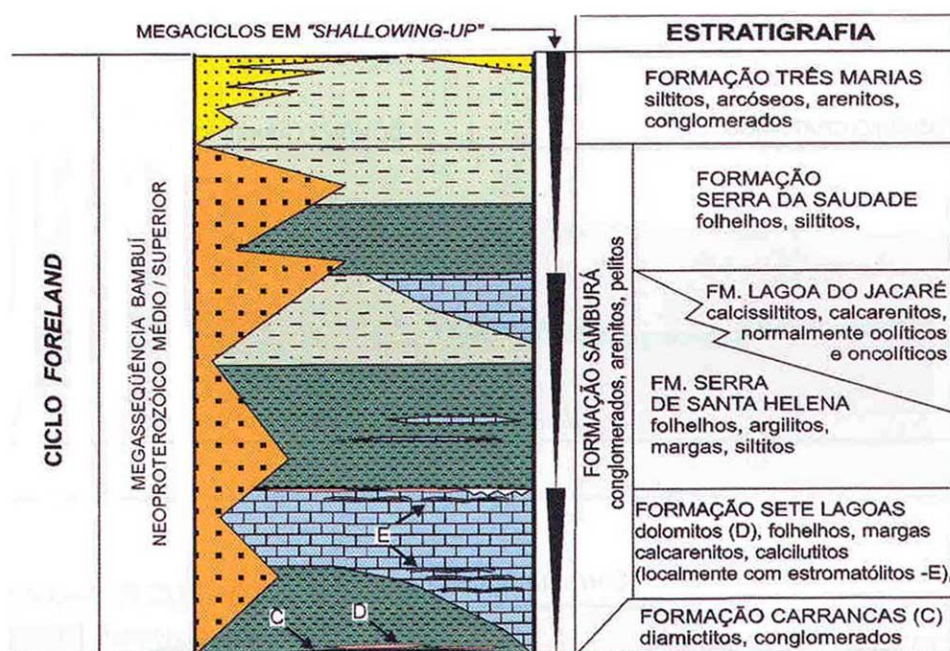


Figura 2. 2 - Coluna Estratigráfica do Grupo Bambuí, Supergrupo São Francisco (Martins-Neto & Alkmim 2001).

Alkmim & Martins-Neto (2001) consideram o Grupo Bambuí, uma sequência plataformal, a unidade característica da bacia. Esta sequência marcaria para estes autores uma

transgressão marinha generalizada sobre o Cráton do São Francisco, além de uma completa mudança no comportamento da sua parte sul, que passaria a funcionar como sítio receptor dos sedimentos provenientes das áreas soerguidas nas suas vizinhanças.

Uma análise estratigráfica e estrutural foi executada em detalhe por Muzzi-Magalhães (1989), nas rochas do Grupo Bambuí da região, o que possibilitou a determinação de uma fase principal de deformação, que pode ser subdividida em duas etapas distintas. A primeira etapa originou falhas inversas de empurrão com planos de descolamentos e dobras flexurais, enquanto a segunda gerou zonas de falhas transcorrentes sinistras, responsáveis pela rotação das estruturas preexistentes.

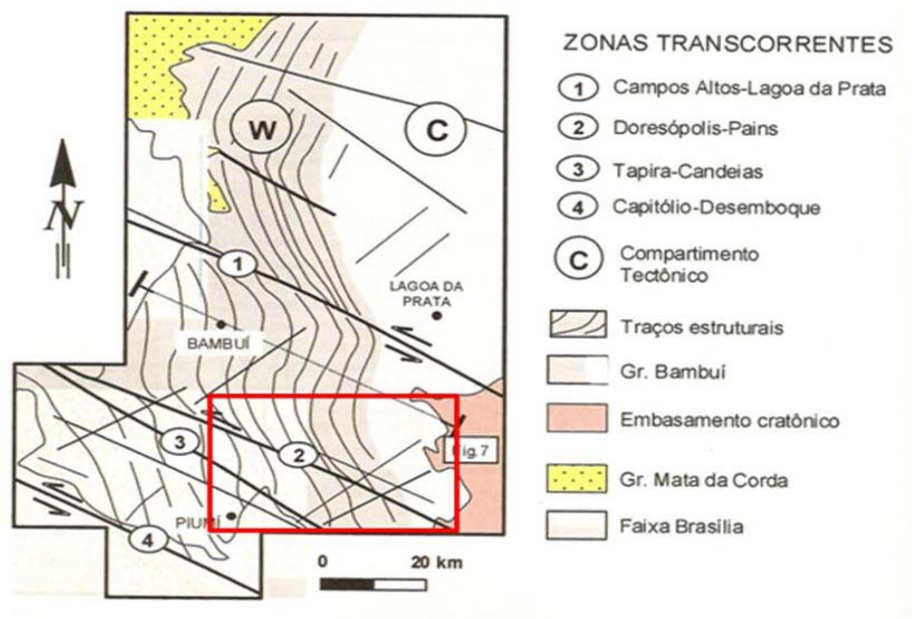


Figura 2. 3- Mapa geológico-estrutural da região com área do Projeto, destacada pelo retângulo vermelho (Alkmim & Martins-Neto 2001).

Neste extremo sudoeste da bacia, essas estruturas, que formam um feixe de falhas transcorrentes sinistras de direção N60°W (Fig. 2.3), se estendem para além do limite da bacia afetando o embasamento na parte sul do cráton (Mattos 1986, Muzzi-Magalhães

1989, Valeriano 1999, *apud* Alkmim & Martins-Neto 2001). Esse feixe de falhas transcorrentes teria se nucleado tardiamente no Evento Brasileiro, uma vez que teria produzido uma rotação anti-horária generalizada de dobras e falhas, originalmente orientadas na direção NNE-SSW (Muzzi-Magalhães 1989, *apud* Alkmim & Martins-Neto 2001).

2.1.1 - Estratigrafia

Vamos aqui nos referir principalmente aos principais trabalhos realizados na região do Projeto e seu entorno, destacando os trabalhos de Madalosso & Veronese (1978), Muzzi-Magalhães (1989), Lopes (1995), Nobre & Coimbra (2000), e de Ribeiro *et al.* (2008).

Madalosso & Veronese (1978) estudaram, principalmente, as rochas na região de Arcos - Pains e Lagoa da Prata, e dividiram o Grupo Bambuí em duas fácies, da base para o topo: rochas da fácies pelítica e rochas da fácies carbonatada. A fácies pelítica está constituída por siltitos e argilitos que se mostram comumente intemperizados, com coloração verde amarelada a rosa avermelhada. São micáceos e localmente plaqueados. A fácies carbonatada é composta por margas, calcários e dolomitos. Da base para o topo, esses autores definiram as seguintes unidades: margas, calcário plaqueado, dolomitos sacaróide, dolomito laminado, calcário com estromatólitos e calcário de topo.

Para esses autores as principais características dessas rochas são:

Margas: rochas de cores verdes, rosadas e cinza esverdeadas, localmente alternando lâminas centimétricas rosadas, cinza claras e verdes. São piritosas e muitas vezes apresentam-se com o plano de estratificação ondulado. As intercalações centimétricas de calcário preto e micrítico que aparecem no topo evidenciam uma passagem gradacional para a unidade sobreposta.

Calcário plaqueado: Calcário preto, carbonoso, fétido, geralmente micrítico, embora seja comum a presença de calcita preta recristalizada, tanto em microfraturas como paralelamente ao plano da estratificação. Em escala de afloramento é caracterizado pelo aspecto plaqueado (estratificado em bancos centimétricos) resultado da intercalação de películas e lâminas geralmente sub-milimétricas argilosas cinza esverdeadas e carbonosas pretas.

Calcarenitos e brechas: Calcário cinza escuro e cinza médio, finalmente recristalizado, estratificado em bancos com espessura média de 1m. Intercalam-se bancos decimétricos a métricos de brechas lamelares, calcarenitos e de calcários oolíticos. As brechas lamelares apresentam intraclastos alongados, de tamanho extremamente variável, com comprimento raramente ultrapassando 10cm. São constituídos por calcário micrítico cinza escuro. A matriz é composta por material argilo-carbonatado cinza claro. Apresenta-se em bancos decimétricos, podendo atingir 1m de espessura. Os calcarenitos constituem a litologia predominante desta unidade, ocorrendo em bancos métricos de cor cinza escura. As intercalações de calcário oolíticos são menos abundantes que as anteriores, ocorrendo em bancos métricos.

Dolomito sacaróide: Dolomito calcífero, cinza claro a médio, sacaróide, poroso e maciço. Possui um aspecto superficial característico evidenciado pela tonalidade mais escura e saliências irregulares e pontiagudas que o distingue das demais rochas. É popularmente conhecida como “pedra cascuda”. Devido a maior resistência à erosão constitui normalmente o topo das escarpas, formando feições de “lapiés”. Trata-se de um dolomito geralmente recristalizado com porções micríticas irregulares que resistiram à recristalização. Estas são laminadas e apresentam fantasmas de oólitos, pellets e intraclastos, sendo mais argilosas.

Dolomito laminado: Dolomito calcífero cinza claro a médio e laminado. A laminação é

caracterizada pela alternância milimétrica de níveis micríticos e recristalizados. Associados aos níveis micríticos observa-se a presença de aloquímicos constituídos por intraclastos arredondados ou lamelares e fantasmas de oólitos de tamanho correspondentes a areia fina. A resistência à recristalização pode ser devido a presença de material argiloso nestas lâminas. São freqüentes as microfraturas e pequenas cavidades, posteriormente preenchidas por calcita espática grosseira, embora com menor expressão que aquelas da unidade inferior. Apresenta-se estratificado em bancos com espessura média de 1 m, sendo a espessura total da unidade em torno de 15 m.

Calcário com estromatólitos: Calcário preto, micrítico, maciço com nódulos e lentes de espessura centimétrica de chert preto. Ocorrem lâminas milimétricas, geralmente lenticulares de material silto-argiloso-carbonatado de cor cinza clara.

Calcário do topo: Calcário preto, micrítico, às vezes recristalizado, fétido e com recristalizações de calcita preta em pequenas fraturas. Apresenta-se plaqueado em bancos centimétricos ou estratificado em camadas decimétricas. No primeiro caso possui intercalações milimétricas de material argilo-carbonoso preto. No segundo é geralmente oolítico, apresentando lentes e níveis centimétricos descontínuos de chert preto.

Estratigraficamente, Muzzi-Magalhães *et al.* (1989) dividiram as rochas do Grupo Bambuí em quatro fácies que, da base ao topo são: Conglomerática, Pelítica, Carbonática e Psamo-pelítica. A Fácies Conglomerática basal é composta principalmente por ortoconglomerados e paraconglomerados, sendo que, na parte superior, ocorrem intercalações de siltitos e argilitos. A Fácies Pelítica é formada predominantemente por argilitos com laminação plano-paralelas, que apresentam localmente intercalações de siltito. A Fácies Carbonática é composta essencialmente por margas, calcilutitos, calcarenitos e dolarenitos. A Fácies Psamo-pelítica é formada por uma seqüência com argilitos na base, passando para argilitos com intercalações de siltito e, raramente,

argilitos na base, passando para argilitos com intercalações de siltito e, raramente, arenitos no topo (Fig. 2.4).

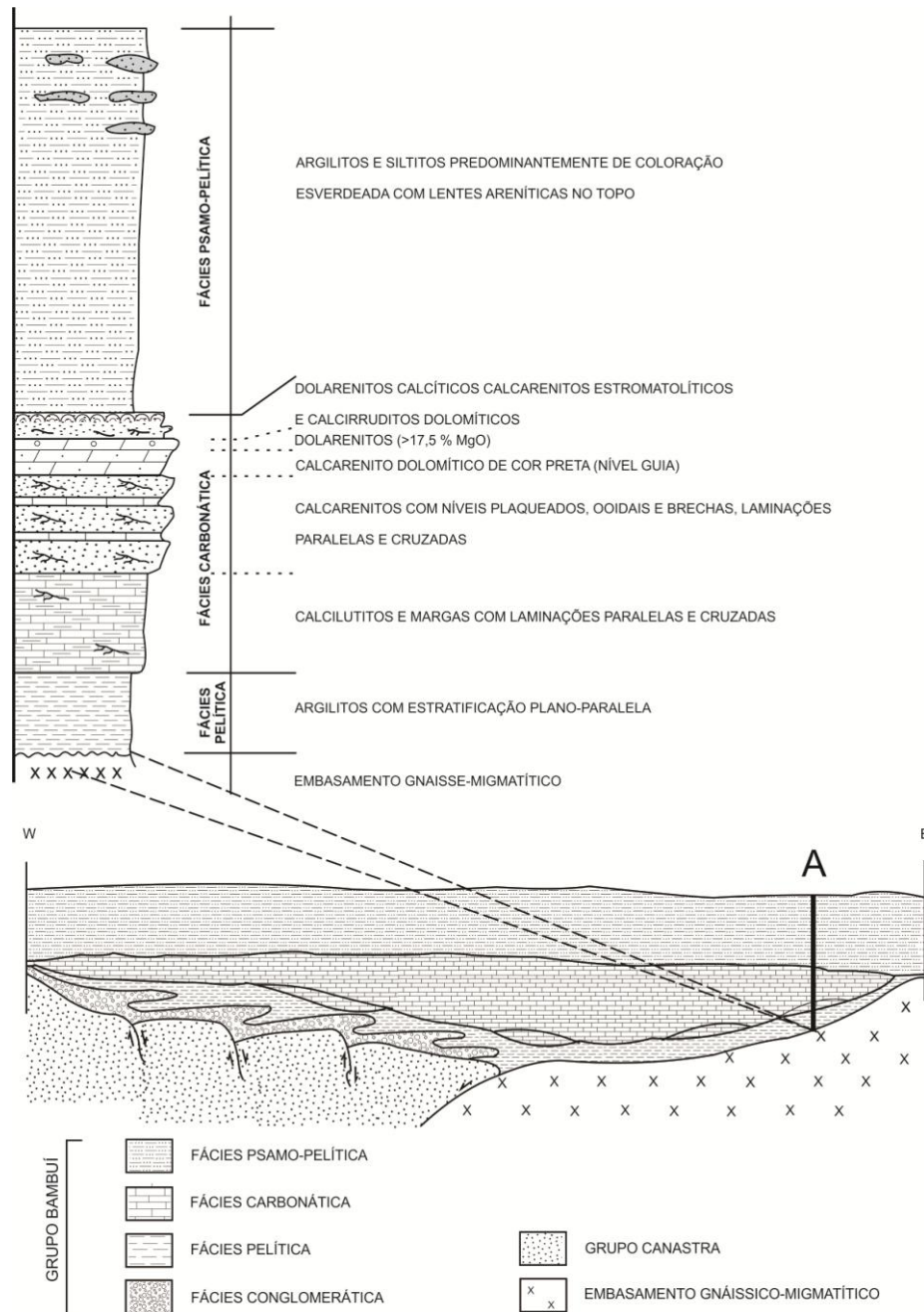


Figura 2. 4 - Seção esquemática mostrando a distribuição de fácies do Grupo Bambuí na porção sudoeste da Bacia do São Francisco. A) coluna estratigráfica com as peculiaridades de cada unidade (Muzzi-Magalhães 1989).

A Fácies Carbonática se inicia da base para o topo com calcilutitos e margas. Estes se apresentam finamente laminados ou intercamadados, com estruturas de truncamento de ondas (*hummockies*). Lâminas e filmes de pelitos esverdeados são freqüentes. Compõem grandes corpos de seção lenticular, alongados segundo a direção N-S e fazem contato direto com rochas essencialmente carbonáticas ou se intercalam em pelitos. (Alkmim *et al.* 1989b).

Acima dos calcilutitos e margas ocorre espessa sequencia de calcarenitos cinza escuro a pretos, via de regra, ooidais. Estes se organizam em ciclos granodecrescentes para o topo, que, além disso, são laminados ou finamente acamadados na base e se tornam banqueados ou grosseiramente estratificados nas porções superiores. Revelam lamina d'água decrescente e energia crescente no sentido ascendente. Muitas vezes são truncados por superfícies de erosão, acompanhadas de brechas ou conglomerados intraclásticos grosseiros (Alkmim *et al.* 1989b).

Segundo Muzzi-Magalhães (1989) a Fácies Conglomerática se relaciona ao Conglomerado Samburá e a Fácies Psamo-pelítica foi correlacionada com a Formação Serra da Saudade. Com relação às unidades pelítica e carbonática, este autor indica três hipóteses: 1) A Fácies Carbonática corresponderia a Formação Sete Lagoas e não teria sido depositada a Formação Lagoa do Jacaré. Neste caso a base da Fácies psamo-pelítica corresponderia a Formação Serra de Santa Helena. 2) A Formação Serra de Santa Helena não teria sido depositada, e a unidade carbonática se correlacionaria, da base para o topo, com as formações Sete Lagoas e Lagoa do Jacaré. 3) A Formação Sete Lagoas não teria sido depositada e a unidade carbonática corresponderia a Formação Lagoa do Jacaré.

Segundo, ainda, Muzzi-Magalhães (1989) a Fácies Conglomerática teria se formado em ambiente subaéreo ou subaquoso correspondente a depósitos de leques aluviais. A Fácies

Pelítica, pelas características de seus depósitos, indicaria um ambiente de águas calmas sem influência de ondas.

Os depósitos da Fácies Carbonática com suas variações litológicas caracterizam um grande ciclo de deposição progradante com sedimentação em águas mais profundas na base, passando para depósitos de águas rasas, com exposições subaéreas, no topo.

A Fácies Psamo-Pelítica, que recobre a plataforma carbonática, indicaria um afogamento da bacia em um ambiente transgressivo (Muzzi-Magalhães 1989).

Lopes (1995) estudou a faciologia e gênese dos carbonatos do Grupo Bambuí na região de Arcos e caracterizou essas rochas em fácies sedimentares, as quais foram agrupadas em conjuntos faciológicos, representativos de ambientes de sedimentação bem definidos (Tabela 2.1). A distribuição espacial desses conjuntos e a sucessão em que ocorrem permitiram a identificação de quatro intervalos de sedimentação de caráter regressivo, os quais constituem um megaciclo regressivo.

Tabela 2. 1 - Tabela dos conjuntos faciológicos de Lopes (1995).

Intervalos	Conjuntos Faciológicos	Fácies	Ambiente
1	A1	Cm	Ambiente distal de rampa externa abaixo do nível de ação de ondas normais
1	B1	Cs + Cr	Tempestitos distais e depósitos de gravidade em rampa externa
1	C1	Crg + Crf + CaCrD	Tempestitos proximais - rampa externa abaixo do nível de ação de ondas normais
1	D1	CaDz + CaDa	Corpos arenosos (<i>shoals</i>) - rampa interna, situados acima do nível de base da ação de ondas normais
1	E1	Dcc + DEcp	Dolomitos estromatolíticos de laguna de plataforma – biohermas. ambiente perilitorâneo

Intervalos	Conjuntos Faciológicos	Fácies	Ambiente
1	F1	DEd + DEdc + DEb	Dolomitos estromatolíticos e não estromatolíticos. biohermas e biostromas de ambiente perilitorâneo de águas agitadas.
		DI	Calcrete laminado - exposição subaérea
2	F2	DEes	Dolomitos estromatolíticos de planícies de marés cíclicas. Biostromas e intercalações de dolomitos não estromatolíticos. inframaré a intermaré alta.
3	G3	Cait + CE	Calcarenitos intraclásticos e biohermas estromatolíticos semelhantes a <i>patch reef</i> de plataforma externa
3	H3	Caoo + CE + Can + CaCl	Biohermas estromatolíticos tipo <i>patch reef</i> e intercalações de calcarenitos e calcilutitos de <i>middle shelf</i> . Barreira arenosa, oolítica (<i>shoal</i>). Tempestitos proximais de águas rasas.
3	F3	CII + Csl + MRG	Calcilutitos escuros e calcissiltitos de planície de maré restrita; calcissiltitos com intercalações de calcilutitos argilosos e depósitos de tempestade; margas em ambiente de intermaré
4	G4	Cait + CE	calcarenitos intraclásticos, biohermas estromatolíticos semelhantes a <i>patch reef</i> e calcarenitos neomorfizados de plataforma externa.
4	H4	Can + Caoo	calcarenitos neomorfizados e barreiras arenosas, oolíticas (<i>shoal</i>) em <i>middle shelf</i> .

Segundo a autora, o Intervalo 1 basal, teria se desenvolvido em uma rampa carbonática, talvez do tipo *distally steepened*. Os conjuntos de fácies definidos, nesse Intervalo 1, foram (Lopes 1995):

- Conjunto de Fácies A1: extenso biostroma composto por calcário microbiano críptico, que apresenta intercalações de tempestitos distais, desenvolvido em ambiente distal de rampa externa, situado abaixo do nível de ação de ondas normais, mas afetados por eventos de tempestade;

- Conjunto de Fácies B1: composto por tempestitos distais, calcissiltitos, e por calcirruditos relacionados a processos gravitacionais em área de quebra da rampa;
- Conjunto de Fácies C1: tempestitos proximais, com variações locais de fácies;
- Conjunto de Fácies D1: é composto por corpos arenosos, os quais constituíam baixios situados a diferentes profundidades, foram afetados pela ação de ondas normais e esse conjunto é o elo entre as fácies distais de rampa externa e as fácies perilitorâneas, de águas rasas;
- Conjunto de Fácies E1: dolomitos estromatolíticos desenvolvidos em ambientes lagunares dominados por marés;
- Conjunto de Fácies F1: dolarenitos ooidais que ocorrem associados a estromatólitos, de grande porte, desenvolvidos em ambientes submersos de maior energia.

Um evento de exposição subaérea afetou as fácies de topo do Intervalo 1, e provocou dissolução, com abertura de cavidades, formação de brechas de colapso e o desenvolvimento de um possível nível de calcrete laminado (Lopes 1995).

Para essa autora, o Intervalo 2 seria eminentemente estromatolítico e teve início com rápida subida do nível do mar, que recobriu a plataforma carbonática exposta com águas rasas, em clima quente e semi-árido. Nesse novo espaço instalaram-se planícies de maré cíclicas, com predomínio de estromatólitos estratiformes, que eventualmente apresentam cristais aciculares de anidrita e de gretas de contração, indicando que o ambiente era sujeito à concentração de sais, com ressecações periódicas.

Os Intervalos 3 e 4 desenvolveram-se em plataforma carbonática do tipo *rimmed shelf* e

constituem ciclos *Oolite-Grainstone*, característicos de plataformas carbonáticas amplas e de águas rasas. *Biohermas* estromatolíticos ocorrem em ambiente de plataforma externa (Conjuntos de Fácies G3 e G4) e de *middle shelf* (Conjuntos de Fácies H3 e H4), onde corpos oolíticos constituem baixios arenosos (Lopes 1995).

No Intervalo 3, as fácies de *middle shelf* apresentam gradação para planície de maré lamosa, restrita, de baixa energia (Conjunto de Fácies F3), em direção à linha de costa, a qual guarda semelhanças com ciclos do tipo *Lime mud-Sabkha* (Lopes 1995).

No intervalo 4 (Conjunto de Fácies G4 e H4), a presença de corpos oolíticos é mais expressiva e os bioherma estromatolíticos são mais possantes.

Este intervalo sugere uma transgressão de maior amplitude.

A evolução de uma plataforma carbonática, inicialmente do tipo rampa, para plataforma com quebra de relevo em áreas proximais (*rimmed shelf*), constitui a regra geral das plataformas proterozóicas, à semelhança com o que ocorre no Fanerozóico. Os principais aspectos diagenéticos observados referem-se à compactação, importante nos carbonatos argilosos; à dissolução, que afeta as litologias de topo do Intervalo 1 e, mais especialmente, à dolomitização, que pode estar relacionada ao ambiente deposicional e ser precoce, ou estar relacionada à flutuação da interfácies água doce - água salobra, quando a dolomitização é tardia (Lopes 1995).

O trabalho “Microfitólitos associados a construções estromatolíticas do Grupo Bambuí, Proterozóico Superior”... de Nobre & Coimbra (2000), dá continuidade ao trabalho anterior. Segundo eles, o Grupo Bambuí (Neoproterozóico) consiste de duas sequências principais: uma inferior, marinha, carbonática/terrígena e uma superior, terrígena, continental. Na região de Arcos (sudoeste mineiro) ocorrem apenas carbonatos representativos da sequência inferior (Subgrupo Paraopeba) que configuram um

megaciclo regressivo composto por quatro intervalos principais de sedimentação (Fig. 2.5).

O Intervalo 1 representa uma rampa carbonática com barreira arenosa. O Intervalo 2, composto por ciclos regressivos métricos, é eminentemente estromatolítico e apresenta intercalações de dolarenitos com microfítólitos; sedimentos terrígenos estão ausentes. É interpretado como tendo se desenvolvido em planície de maré, numa plataforma carbonática de baixa declividade.

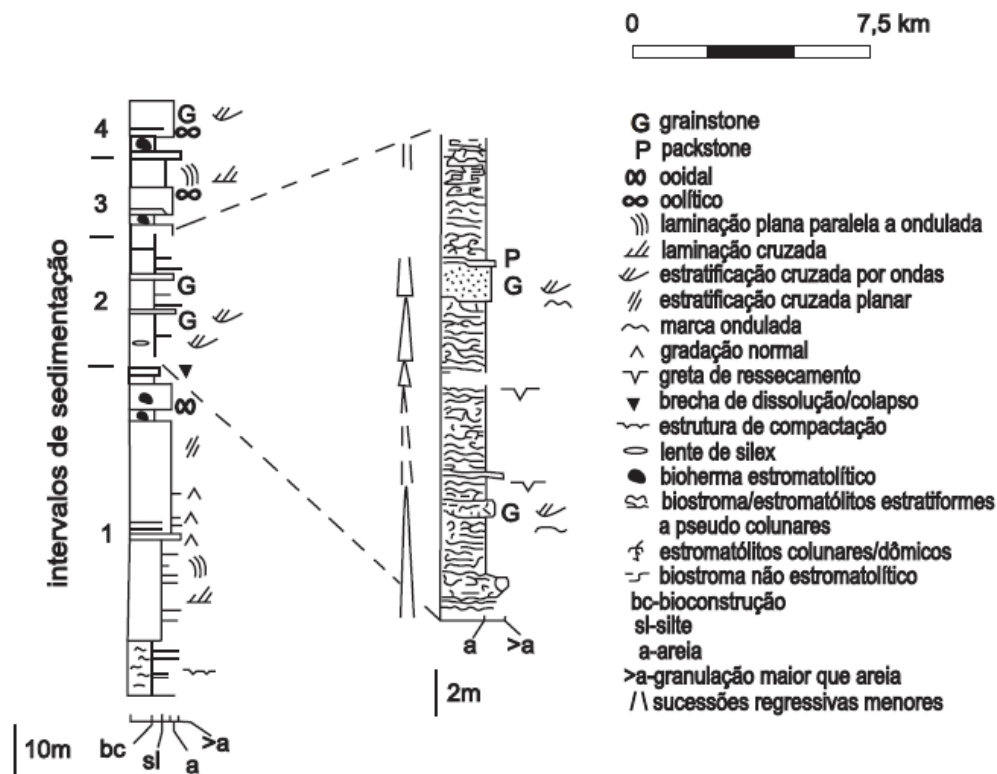


Figura 2. 5 - Perfil simplificado da Mina da Bocaina (CSN) - Arcos – MG (Nobre & Coimbra 2000).

Os microfítólitos apresentam grande diversidade morfológica e ocorrem: 1) associados a estromatólitos, colunares em especial, onde constituem parte das laminações, a parede lateral e/ou preenchem os espaços intercolunares; 2) como principal componente dos dolarenitos (*grainstones*) que ocorrem intercalados nas construções estromatolíticas.

Os intervalos 3 e 4 mostram semelhanças com ciclos *Oolite-Grainstones*. O termo microfítolito, como utilizado na literatura paleontológica do Proterozóico, designa uma grande variedade de corpúsculos carbonáticos, entre eles oncóides, microbial *lumps* e *catagraphs*. Apresentam restrição temporal, com acentuado declínio no Fanerozóico e foram muito utilizados em bioestratigrafia. Como sua origem atualmente é considerada como decorrente da interação entre microorganismos, processos sedimentares e diagenéticos, a utilização de microfítolitos para essa finalidade fica comprometida. Podem, contudo ser utilizados como marcadores paleoambientais, sugerindo condições de energia moderada (Nobre & Coimbra 2000).

Em 2008 a CPRM publicou a “Geologia da Folha de Piumhi SF.23-V-B-II” dentro do Programa de Levantamentos Geológicos Básicos (Ribeiro *et al.* 2008). Para os autores deste trabalho ocorrem nesta Folha 1:100.000, de leste para oeste, em ordem tectonoestratigráfica, ortognaisses granitóides arqueanos do embasamento do Cráton do São Francisco; sucessões neoproterozóicas carbonáticas plataformais rasas da Formação Sete Lagoas com pelitos e calcipelitos na base e calcários cinzentos no topo; sucessões de fluxos gravitacionais com ruditos e pelitos incluídos na Formação Samburá.

2.1.2 - Estrutural

Para Muzzi-Magalhães (1989) as rochas do Grupo Bambuí, na porção sudoeste da Bacia do São Francisco, apresentam um acervo estrutural dominado por falhas inversas e de rejeito direcional.

Ainda segundo Muzzi-Magalhães (1989), a deformação dessa porção da bacia tem um caráter frágil-dúctil a frágil, em níveis estruturais médio a superior em condições de tectônica epidérmica sobre um substrato mais rígido. A análise estrutural, executada em

detalhe por esse autor, nas rochas do Grupo Bambuí possibilitou a determinação de uma fase principal de deformação que pode ser subdividida em duas etapas distintas.

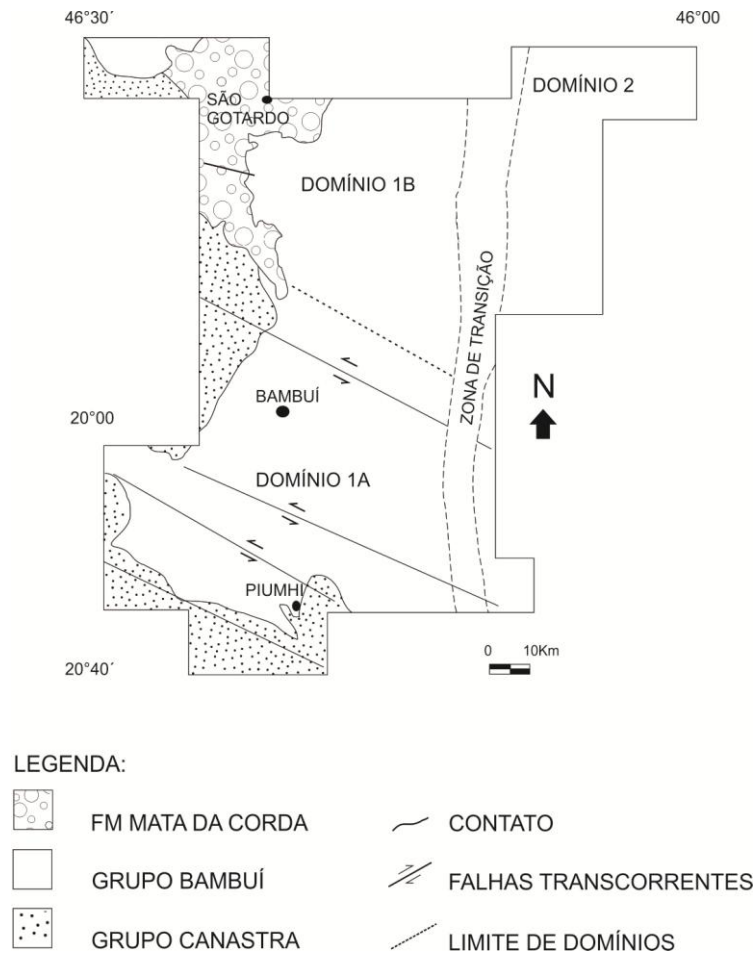


Figura 2. 6 - Esboço geológico da porção SW da Bacia do São Francisco dividido em domínios estruturais (Modificado de Muzzi-Magalhães 1989).

A primeira etapa originou falhas inversas de empurrão com planos de descolamentos e dobras flexurais e a segunda gerou zonas de falhas transcorrentes sinistras, responsáveis pela rotação das estruturas preexistentes. Os elementos estruturais indicativos de movimentos tectônicos e a própria assembléia de estruturas das duas etapas de deformação em toda a área, permitem inferir vetores tectônicos atuantes de W para E. Tipologia, freqüência, distribuição espacial, arranjos e gerações de estruturas

caracterizam uma diminuição da magnitude de deformação de W para E e possibilitam a individualização da área em dois domínios estruturais, separados por uma zona de transição (Fig. 2.6), quais sejam:

- i. O Domínio 1, passivo de subdivisão nos Domínios 1a e 1b, corresponde a uma faixa de direção NS no oeste da área. Enquanto no Domínio 1b as estruturas encontram-se orientadas, preferencialmente, segundo NS, os elementos tectônicos no Domínio 1a apresentam-se rotacionados pelos sistemas de falhas transcorrentes da segunda etapa de deformação.
- ii. A Zona de Transição, que corresponde a uma faixa de direção NS entre os domínios 1 e 2, é marcada por um significativo decréscimo da magnitude da deformação.
- iii. No Domínio 2, as rochas do Grupo Bambuí se apresentam, em geral, isentas de estruturas tectônicas, localmente, apenas, observam-se suaves ondulações.

As rochas do Grupo Canastra fazem contato tectônico com as sequencias do Grupo Bambuí e exibem toda assembléia de estruturas observáveis nesta unidade mais jovem. Além disso, foram afetadas por duas outras fases de deformação mais antigas, pré-Bambuí: uma compressional de caráter dúctil e polarizada de W para E; uma extensional, no campo predominantemente frágil.

Com referencia à deformação do Grupo Bambuí, as estruturas mais importantes que predominam no âmbito sub-regional, são os sistemas de falhas direcionais sinistrais. Tais sistemas podem ser interpretados como um exemplo de “herança” tectônica, pois foram nucleadas num estágio mais avançado de deformação progressiva, durante o qual os vetores tectônicos estariam orientados de oeste para leste, além de: i) mostrarem continuidade para zonas de afloramento de rochas mais antigas, onde exibem claras evidencias de terem sido reativados; ii) em alguns casos, se instalarem sobre

descontinuidades que foram nucleadas como falhas normais grosseiras (Alkmim *et al.* 1989).

Ribeiro *et al.* (2008) caracterizaram um sistema de empurrões imbricados para leste. Este sistema de empurrões gerado durante a orogênese neoproterozóica Brasileira inclui unidades metassedimentares paleoproterozóicas e neoproterozóicas e na base uma lasca de faixa greenstone arqueana com metagranitóides associados.

Segundo esses autores as escamas tectônicas foram empurradas sobre a Formação Samburá e esta sobre os carbonatos da Formação Sete Lagoas. Na lapa do empurrão Samburá os calcários cinzentos chegam a mostrar localmente quatro fases de dobras superpostas, mas a deformação diminui em direção ao cráton. Para leste as sucessões da Formação Sete Lagoas mostram duas fases de dobras abertas com envoltórias subhorizontais. Uma fase de dobras com planos axiais ca. 240/80 e eixos de baixo caimento para SE, outra com planos axiais ca.130/80 e eixos de baixo caimento para SW.

Estas dobras abertas passam então a suaves e na zona pericratônica calcipelitos suavemente dobrados repousam em discordância litológica sobre granitóides do embasamento.

A deformação nos granitóides foi acomodada essencialmente em falhas reversas aparentemente de pequeno rejeito. Para os autores o metamorfismo também diminui em direção ao cráton; passa de fácies xisto-verde com cloritóide no sistema de empurrões a fácies subxisto-verde de metamorfismo incipiente com sericita e clorita na zona pericratônica.

Ressaltam, ainda, que no sistema de empurrões as rochas mostram foliação tectônica do

tipo clivagem ardosiana e xistosidade, enquanto nas rochas das formações Samburá e Sete Lagoas a clivagem é incipiente ou mesmo não ocorre, apesar da deformação.

Na maioria dos afloramentos fora do sistema de empurrões, a composição, textura e estrutura primárias das rochas estão relativamente bem preservadas. Assim, para facilitar a leitura muitas vezes foi excluído o prefixo meta que deve acompanhar o nome das rochas descritas ao longo do texto. As unidades fanerozóicas são kimberlitos cretáceos atestando tectonismo mesozóico (Ribeiro *et al.* 2008).

Depósitos fluviais e colúvios cenozóicos semilitificados são deslocados por falhas de pequeno rejeito registrando atividade neotectônica na região.

Dezenas de minas de calcários e ocorrências locais de blenda, galena, cromita e kimberlitos tornam a área interessante do ponto de vista geoeconômico. O nível de base regional é o Rio São Francisco no seu alto curso. Um relevo cárstico relativamente suave domina grande parte da paisagem (Ribeiro *et al.* 2008).

2.1.3 - Neotectônica

As estruturas tectônicas resultantes da atividade neotectônica na área foram notadas pela primeira vez por Muzzi-Magalhães (1989) que observou falhas normais em depósitos de sedimentos grosseiros inconsolidados e o posicionamento de “terraços aluvionares em cotas relativamente altas, próximos às drenagens encaixadas.”

Segundo Muzzi-Magalhães (1989) ocorreria na unidade “terciária/quaternária” (Cenozóico), composta por sedimentos grosseiros inconsolidados, inúmeras falhas normais com direções variáveis e suave concentração em torno da direção NS. Estes sedimentos estariam aflorantes na estrada de Pains-Corumbá. Ainda, segundo este autor,

os terraços aluvionares de cotas elevadas poderiam indicar movimentos epirogenéticos de provável idade “terciária/quaternária” (Cenozóico).

Hoje na estratigrafia atual o nome atribuído ao Período “Terciário” é um nome informal utilizado para denominar os períodos oficiais denominados Paleogeno e Neogeno, excluindo-se deste último os períodos do Pleistoceno e Holoceno, que segundo a correspondência com a denominação informal, são conhecidos como Quaternário, indicando o período mais recente da cronologia geológica (Faria 2012).

Saadi *et al.* (1998) notificaram a importância da atividade neotectônica na morfogênese regional e nos processo de carstificação da área cárstica de Arcos-Pains-Doresópolis.

Segundo eles as estruturas de distensão correspondem às direções preferenciais da carstificação, nas direções N30W e N40W. Ainda, como resultado da atividade neotectônica, as estruturas pré-cambrianas teriam se reativado, nas direções N00-30E, N70E e N50E, e a direção NS, de desenvolvimento predominante das cavidades, corresponderia ao papel do soergimento.

Ribeiro *et al.* (2008) notaram que depósitos fluviais e colúvios cenozóicos semilitificados foram deslocados por falhas de pequeno rejeito o que, também, significaria o registro da atividade neotectônica na região.

2.2 - GEOLOGIA LOCAL

As observações sobre a geologia local, realizadas durante os trabalhos do Proape, evidenciaram basicamente três contextos estruturais nas rochas carbonáticas e pelíticas do Grupo Bambuí. Um contexto em que as rochas tectonicamente estão praticamente

indeformadas, um segundo contexto em que essas mesmas rochas estão medianamente deformadas e um terceiro onde as rochas estão mais deformadas.

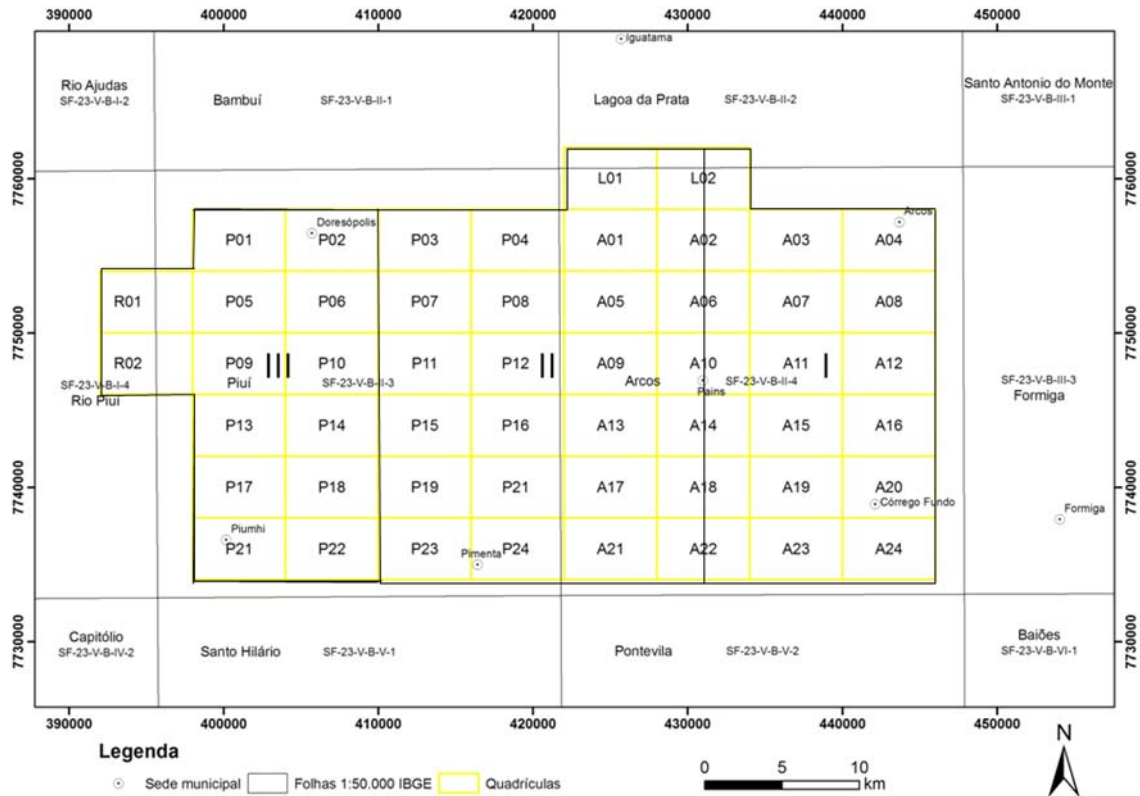


Figura 2. 7- Mapa das quadriculas destacando os domínios geológicos estratigráficos estruturais. De leste para oeste: Domínio I, Domínio II e Domínio III.

Estes contextos foram aqui denominados de domínios geológicos: Domínio I, Domínio II e Domínio III. O Domínio I, situado a leste do Rio São Miguel, caracteriza-se pela ocorrência predominante de rochas indeformadas. O Domínio II, situado aproximadamente entre o rio São Miguel e o ribeirão dos Patos, caracteriza-se pela ocorrência predominante de rochas medianamente deformadas. O Domínio III, situado a oeste do ribeirão dos Patos e englobando o *canyon* do rio São Francisco, caracteriza-se pela ocorrência de rochas mais deformadas (Fig. 2.7).

Cada domínio tem, então, características geológicas próprias, no que se refere a litologia ou litofácies, distribuição espacial e arranjo das estruturas.

Com relação às quadrículas definidas no projeto esses limites dos domínios podem ser assim definidos: Domínio I – constituído pela parte leste das quadrículas: L02, A02, A06, A10, A14, A18 e A22, pela faixa NS das quadrículas A03 até A23 e pela faixa NS das quadrículas A04 até A24; Domínio II – constituído pela parte oeste das quadrículas L02, A02, A06, A10, A14, A18 e A22, pela faixa NS das quadrículas L01 e A01 até A21, pela faixa NS das quadrículas P04 até P24 e pela faixa NS das quadrículas P03 até P23; e o Domínio III – constituído pelas faixas NS das quadrículas P02 até P22, pela faixa NS das quadrículas P01 até P21 e, ainda, pelas quadrículas R01 e R02 (Fig. 2.7).

As observações geológicas referem-se, principalmente, aos aspectos litoestratigráficos e estruturais das rochas carbonáticas e pelíticas do Grupo Bambuí. Nessa caracterização adotamos uma codificação para as litofácies dessas rochas de ocorrência mais comuns. Assim definimos as seguintes litofácies na descrição de campo:

- Litofácies 1)** CCL – calcário calcítico laminado;
- Litofácies 2)** CDL – calcário dolomítico laminado;
- Litofácies 3)** CDE – calcário dolomítico estromatolítico;
- Litofácies 4)** CLS – calcário laminado silaxítico;
- Litofácies 5)** CCH – calcário cristalino homogêneo;
- Litofácies 7)** MP – metapelito.

As características sedimentares, como tipo de estratificação (laminação, estratificação cruzada ou do tipo *hummocky*, por exemplo) e estruturas tectônicas deformacionais serão detalhadas nas descrições dos domínios a seguir.

Como as características do metamorfismo que atuou na área apontam para um metamorfismo de grau incipiente, tipo epidérmico, as características estruturais primárias (sedimentares) estão bem preservadas. Segundo Scholl (1973, *apud* Muzzi-Magalhães 1989) não existe evidências de metamorfismo nas proximidades do rio São Francisco, mas este aumenta até a fácies xisto verde em direção à serra do Espinhaço. Assim utilizamos o termo metapelito somente como força de expressão para enfatizar a maior plasticidade dessas rochas, que ao absorverem os esforços tectônicos apresentam-se com aspectos mais deformados.

As estruturas tectônicas planares e lineares foram tomadas pelo método da notação clar, onde o plano é medido pela sua linha de máxima declividade referindo-se à sua direção (de 0º a 360º) e ao seu mergulho ou caimento (de 0º a 90º). Assim, um plano de atitude 270/45, nesta notação, tem direção NS com mergulho para oeste de 45º. Os símbolos dos elementos estruturais utilizados foram: S_0 para acamamento, S_1 para foliação, E_d para eixos de dobras e S_f para fraturas.

2.2.1 - Domínio I

Como estabelecido anteriormente, este Domínio está constituído pela parte leste das quadrículas: L02, A02, A06, A10, A14, A18 e A22, pela faixa NS das quadrículas A03, A07, A11, A15, A19, A23 e pela faixa NS das quadrículas A04, A08, A12, A16, A20 e A24. Este domínio compreende então a área delimitada pelo quadrilátero Arcos-Quenta Sol-Fazenda Moendas-Córrego Fundo englobando Pains e a “Faixa de Gaza”.

A região apelidada de “Faixa de Gaza” é onde está concentrada a maior parte das mineradoras que aí atuam, e que, à hora das detonações o ruído destas, devido à

intensidade e quantidade, lembraria a famosa Faixa de Gaza do conflito entre judeus e palestinos.

Neste domínio é onde as rochas carbonáticas estão mais aflorantes, devido, provavelmente, a um maior soerguimento desta área, em relação às demais e, conseqüentemente, maior atuação dos fenômenos erosivos.

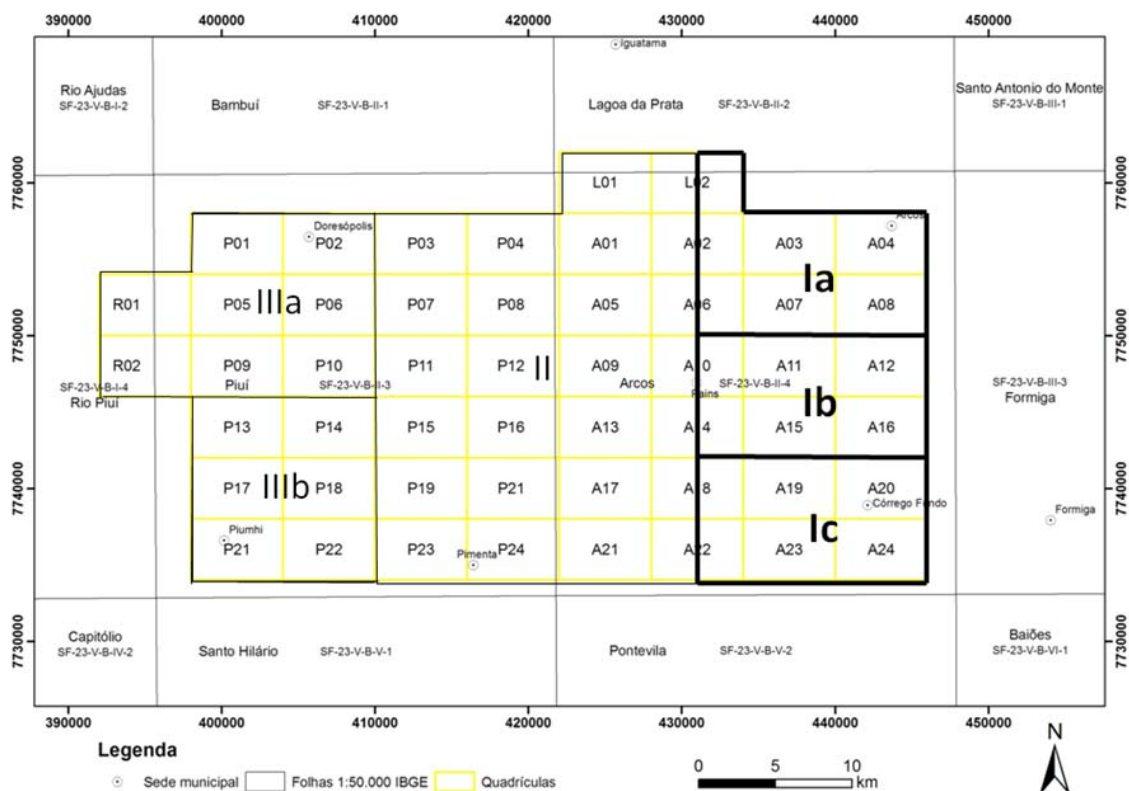


Figura 2. 8 - Mapa das quadrículas destacando o Domínio I com os subdomínios Ia, Ib e Ic, em relação aos demais domínios e subdomínios geológicos, estratigráficos estruturais.

A fim de facilitar a descrição e o entendimento da geologia deste domínio o mesmo foi subdividido em subdomínios menores de ocorrências de rochas com características estratigráficas estruturais típicas: Subdomínio Ia - Arcos, Subdomínio Ib - Leste de Pains e Subdomínio Ic - Córrego Fundo (Fig. 2.8).