

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**ESTUDO HIDROGEOLÓGICO E DOS RECURSOS
HÍDRICOS DA BACIA DO RIO PERUAÇU (MG)**

Thiago D'Ambrosio Ferreira

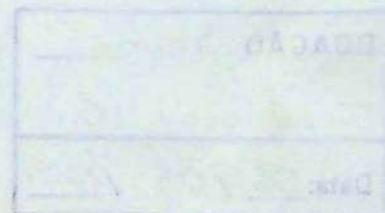
Orientador: Prof. Dr. Ivo Karmann
Co-Orientador: Ricardo Galeno Fraga Pereira

MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA
(TF-2003/54)

SÃO PAULO
2003

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS



**ESTUDO HIDROGEOLÓGICO E DOS RECURSOS HÍDRICOS
DA BACIA DO RIO PERUAÇU (MG)**

Thiago D'Ambrosio Ferreira



Orientador: Prof. Dr. Ivo Karmann

Co-Orientador: Ricardo Galeno Fraga Pereira

**Monografia de trabalho de formatura
(TF-2003/54)**

SÃO PAULO

2003

DOAÇÃO	Seção.....
Circulação 1611	
Data:	06/05/2004



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

DEDALUS - Acervo - IGC



30900014562

ESTUDO HIDROGEOLÓGICO E DOS RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA DO RIO PERUAÇU (MG)

THIAGO D'AMBROSIO FERREIRA



Monografia de Trabalho de Formatura

Banca Examinadora

Prof. Dr. Ivo Karmann

Prof. Dr. Oswaldo Siga Junior

Prof. Dr. José Domingos Faraco Gallas

São Paulo

2003

TF
F383
TD.e

93101

UNITED STATES OF AMERICA
DEPARTMENT OF JUSTICE

STATE OF NEW YORK
COUNTY OF NEW YORK



IN SENATE
JANUARY 10, 1901

REPORT OF THE

COMMISSIONERS

[Faint, illegible handwritten text, likely a signature or title]

1901

1901

ÍNDICE

1. IDENTIFICAÇÃO.....	1
2. RESUMO.....	2
3. ABSTRACT.....	4
4. INTRODUÇÃO.....	6
5. OBJETIVO.....	7
6. TRABALHOS PRÉVIOS.....	7
6.1. Geologia Regional.....	7
6.1.1. O Cráton do São Francisco.....	7
6.1.1.1. A Formação Urucuia.....	9
6.1.1.2. O Grupo Bambuí.....	10
6.1.1.3. O Embasamento Cristalino.....	11
6.2. Hidrogeologia e Recursos Hídricos.....	12
6.2.1. A Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco.....	12
6.2.2. A Bacia Hidrográfica do Rio Peruaçu.....	14
7. MATERIAIS E MÉTODOS.....	17
7.1. Atividades de Escritório.....	18
7.1.1. Levantamento Bibliográfico.....	18
7.1.2. Avaliação e Interpretação de Mapas e Imagens.....	19
7.2. Atividades de Campo.....	19
7.2.1. Mapeamento Geológico.....	20
7.2.2. Coleta de Amostras de Rochas para Análises Químicas.....	20
7.2.3. Cadastro de Pontos D'Água.....	20
7.2.4. Medição do Nível D'Água e Profundidade nos Poços Visitados.....	21
7.2.5. Medição da Profundidade das Lagoas.....	21
7.2.6. Medição da Condutividade Elétrica das Águas Superficiais e Subterrâneas....	21
7.2.7. Coleta de Amostras de Águas Superficiais e Subterrâneas.....	21
7.2.8. Medidas de Vazão no rio Peruaçu.....	22
8. DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO.....	22
9. RESULTADOS OBTIDOS.....	24
9.1. Compartimentação Litoestratigráfica da Área da Bacia Hidrográfica do Rio Peruaçu	24
9.2. Geologia Estrutural.....	27
9.2.1. Condicionamento Estrutural do Aquífero Cárstico.....	33
9.3. Compartimentação Geomorfológica.....	35
9.4. Hidrogeologia e Recursos Hídricos.....	37
9.4.1. Características Hidrológicas da Bacia.....	38
9.4.2. Unidades Aquíferas.....	43
9.4.3. Hidroquímica.....	46
9.4.4. Legislação Ambiental.....	48
10. INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS.....	49
10.1. Modelo Hidrogeológico Conceitual.....	49
10.2. Recursos Hídricos.....	51
11. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	52
12. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	53

FIGURAS

- 4.1. Mapa de Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Peruaçu
- 6.1.1.1. Mapa Geológico Regional da Bacia Hidrográfica do Rio Peruaçu
- 8.1. Cronograma das Atividades Realizadas
- 9.1.1. Classificação Química das Rochas Carbonáticas da Bacia Hidrográfica do Rio Peruaçu Segundo Martinet & Sougy (1961)
- 9.2.1. Estereograma das Atitudes de Acamamento das Rochas Carbonáticas do Grupo Bambuí na Bacia Hidrográfica do Rio Peruaçu
- 9.2.2. Histograma em Rosácea das Atitudes de Acamamento das Rochas Carbonáticas do Grupo Bambuí na Área da Bacia Hidrográfica do Rio Peruaçu
- 9.2.3. Histograma em Rosácea das Atitudes de Fraturas Simples das Rochas Carbonáticas do Grupo Bambuí na Área da Bacia Hidrográfica do Rio Peruaçu
- 9.2.4. Histograma em Rosácea das Atitudes de Fraturas Preenchidas das Rochas Carbonáticas do Grupo Bambuí na Área da Bacia Hidrográfica do Rio Peruaçu
- 9.2.5. Lineamentos de Relevo Identificados Sobre a Imagem Spot da Bacia Hidrográfica do Rio Peruaçu
- 9.2.6. Histograma em Rosácea dos Lineamentos de Relevo obtidos a partir da Imagem Spot da Bacia Hidrográfica do Rio Peruaçu – Frequência Acumulada
- 9.2.7. Histograma em Rosácea dos Lineamentos de Relevo obtidos a partir da Imagem Spot da Bacia Hidrográfica do Rio Peruaçu – Comprimento Acumulado
- 9.2.1.1. Lineamentos de Desenvolvimento das Cavernas Localizadas na Bacia Hidrográfica do Rio Peruaçu
- 9.2.1.2. Histograma em Rosácea dos Lineamentos de Desenvolvimento das Cavernas da Bacia Hidrográfica do Rio Peruaçu – Frequência Acumulada
- 9.2.1.3. Histograma em Rosácea dos Lineamentos de Desenvolvimento das Cavernas da Bacia Hidrográfica do Rio Peruaçu – Comprimento Acumulado
- 9.2.1.4. Histograma em Rosácea das Atitudes de Fraturas com Conduto das Rochas Carbonáticas do Grupo Bambuí na Área da Bacia Hidrográfica do Rio Peruaçu
- 9.4.1.1. Precipitação Total Mensal da Cidade de Januária/ MG – Jan/1992 a Set/2003

TABELAS

- 6.1.1.1. Coluna Estratigráfica Simplificada da Área da Bacia Hidrográfica do Rio Peruaçu
- 6.2.2.1. Características Climáticas da Região de Januária/ Itacarambí (MG)
- 6.2.2.2. Cálculo do Balanço Hídrico Mensal da Área da Bacia Hidrográfica do Rio Peruaçu
- 9.1.1. Resultados das Análises Químicas das Rochas Coletadas na Bacia Hidrográfica do Rio Peruaçu
- 9.4.1.1. Precipitação Total Mensal da Cidade de Januária/MG – Jan/1992 a Set/2003 (mm)
- 9.4.1.2. Medidas de Vazão no Rio Peruaçu (9, 10 e 11/Abr/2003)
- 9.4.1.3. Medidas de Vazão no Rio Peruaçu (7, 8, 9 e 10/Ago/2003)
- 9.4.3.1. Resultados das Análises das Águas Superficiais Coletadas na Área da Bacia Hidrográfica do Rio Peruaçu
- 9.4.3.2. Resultados das Análises das Águas Subterrâneas Coletadas na Área da Bacia Hidrográfica do Rio Peruaçu
- 10.2.1. Síntese dos Resultados Obtidos

ANEXOS

- 1. Pontos Visitados na Área da Bacia Hidrográfica do Rio Peruaçu
- 2. Documentação Fotográfica
- 3. Mapa Geológico
- 4. Mapa Gemorfológico
- 5. Mapa Hidrogeológico
- 6. Pontos d'Água Cadastrados e Medidas de Condutividade na Área da Bacia Hidrográfica do Rio Peruaçu

1. IDENTIFICAÇÃO

Instituição: UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

Disciplina Interdepartamental 044-500 – Trabalho de Formatura

Nº TF: TF 2003/54

Título do Projeto: Estudo Hidrogeológico e dos Recursos Hídricos da
Bacia do Rio Peruaçu (MG)

Aluno: Thiago D'Ambrosio Ferreira

Nº USP: 1765840

Orientador: Prof. Dr. Ivo Karmann

Departamento: Geologia Sedimentar e Ambiental

Co-Orientador: Ricardo Galeno Fraga Pereira

Procedência: CSD-GEOKLOCK – Geologia e Engenharia Ambiental Ltda

Formação: Mestre em Geologia pela Universidade de São Paulo em 1998

2. RESUMO

O presente trabalho apresenta os resultados obtidos para o tema hidrogeologia e recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio Peruaçu, que cobre uma área de cerca de 1.474 Km² e sobrepõe-se aos limites da Área de Proteção Ambiental (APA) Cavernas do Peruaçu. A área de estudo localiza-se no Norte de Minas Gerais, na margem esquerda do médio curso do rio São Francisco, abrangendo os municípios de Januária, Itacarambí, São João das Missões e Cônego Marinho.

Na área da APA, está inserida parte do Parque Nacional Cavernas do Peruaçu, com uma extensão total de 549 Km². O presente estudo faz parte dos diagnósticos do meio físico a serem realizados para subsidiar o futuro Planejamento do Manejo do Parque.

Para a realização deste estudo, foram visitados um total de 122 pontos, sendo realizados 20 testes expeditos de vazão ao longo do rio Peruaçu, além de coletadas 15 amostras de águas superficiais e 4 de águas subterrâneas, para análises químicas (cátions e ânions) e físico-químicas.

A partir das observações de Campo, foram mapeadas quatro unidades litoestratigráficas principais: Coberturas Cenozóicas indiferenciadas, Formação Urucuia de idade Mesozóica, Grupo Bambuí de idade Pré-Cambriana e Embasamento Cristalino pré-Bambuí. Com relação ao relevo, a área foi compartimentada em quatro domínios geomorfológicos: Compartimento do Planalto dos Gerais, Compartimento da Zona de Transição, Compartimento Carstificado e Compartimento da Depressão do São Francisco. Estes compartimentos estão fortemente condicionados pelas unidades geológicas mapeadas.

O mapeamento de campo aliado à amostragem de águas superficiais e subterrâneas, medição de vazão nos principais córregos, juntamente com a integração de dados disponíveis na literatura, permitiu a identificação de quatro sistemas aquíferos: o sistema correspondente aos arenitos Urucuia, o sistema cárstico associado às rochas carbonáticas do Bambuí, o sistema relacionado aos sedimentos da planície do rio São Francisco e o sistema associado às rochas granitóides do embasamento cristalino. Na bacia do rio Peruaçu o sistema aquífero dominante é o cárstico, com um setor oeste (sob a cobertura da Formação Urucuia) de caráter interestratal freático e outro setor, leste, onde domina o aquífero cárstico livre, com zona vadosa bem desenvolvida, além de importantes condutos em ambiente freático.

Dentre as conclusões deste estudo, destaca-se a necessidade de preservação das cabeceiras da bacia hidrográfica do rio Peruaçu, que constitui um importante afluente da margem esquerda do rio São Francisco.

3. ABSTRACT

This study presents results of the hydrogeology and water resources of the Peruaçu river drainage basin, which has an area of about 1.474 Km² and overlaps the limits of the Environmental Protection area of the Peruaçu Caves National Park. The area is located in the North of Minas Gerais State, on the left border of the medium course of the São Francisco river, enclosing the cities of Januária, Itacarambí, São João das Missões and Cônego Marinho.

Part of the Peruaçu Caves National Park is inserted in the Environmental Protection area of the Peruaçu Caves National Park, with a total area of 549 Km². The present results are part of the environmental studies which are being undertaken for the Park Management report.

This study involved the observation of a total of 122 points, 20 discharge measurements along the Peruaçu river, sampling of 15 superficial and 4 groundwater samples for physicochemical analysis.

Based on field observations together with previous studies, four main lithostratigraphical units were identified: Cenozoic covers, Urucuia Formation of Mesozoic age, Bambuí Group of Pre Cambrian age and Pre Bambuí Crystalline Basement. With respect to the topography, four geomorphologic domains were defined: Planalto dos Gerais Compartment, Transition Zone, Karstic Compartment and the São Francisco Depression. These compartments are strongly related to the mapped geologic units.

The field mapping together with the surface and ground water sampling, discharge measurements of the main stream and with the literature of previous studies, allowed the identification of four aquifer systems: the Urucuia sandstone, the carbonate karst of the Bambuí Group, the sedimentary plain of the São Francisco river and the crystalline basement. Along the Peruaçu river basin the dominant aquifer system is karstic, with a west sector (under the Urucuia Formation cover) of interstratal phreatic nature and the east sector, where free karstic aquifer dominates, with a well developed vadose zone, and important conduits in phreatic environment.

Among the conclusions of this study, the necessity of preservation of the headboards of the Peruacu drainage basin is distinguished, because this river represents an important water resource for the local population and is also a significant tributary of the left margin of the São Francisco river.

4. INTRODUÇÃO

Esta monografia refere-se à Disciplina Interdepartamental 044-500 – Trabalho de Formatura, do curso de graduação em Geologia do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo.

A proposta deste trabalho é o estudo hidrogeológico e dos recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio Peruaçu, situado no Vale do Rio São Francisco, abrangendo os municípios de Januária, Itacarambí, São João das Missões e Cônego Marinho, norte do estado de Minas Gerais.

Esta área insere-se no contexto geológico do Cráton do São Francisco (Almeida, 1977), uma área continental estável, que se estende desde o centro sul do Estado de Minas Gerais até os estados de Sergipe e Alagoas. De maneira geral ocorrem na área 4 grandes unidades litoestratigráficas: coberturas Cenozóicas indiferenciadas, arenitos da Formação Urucuia de idade Mesozóica, rochas carbonáticas do Grupo Bambuí de idade Pré-Cambriana (Proterozóico Superior), e rochas do embasamento cristalino pré-BambuÍ.

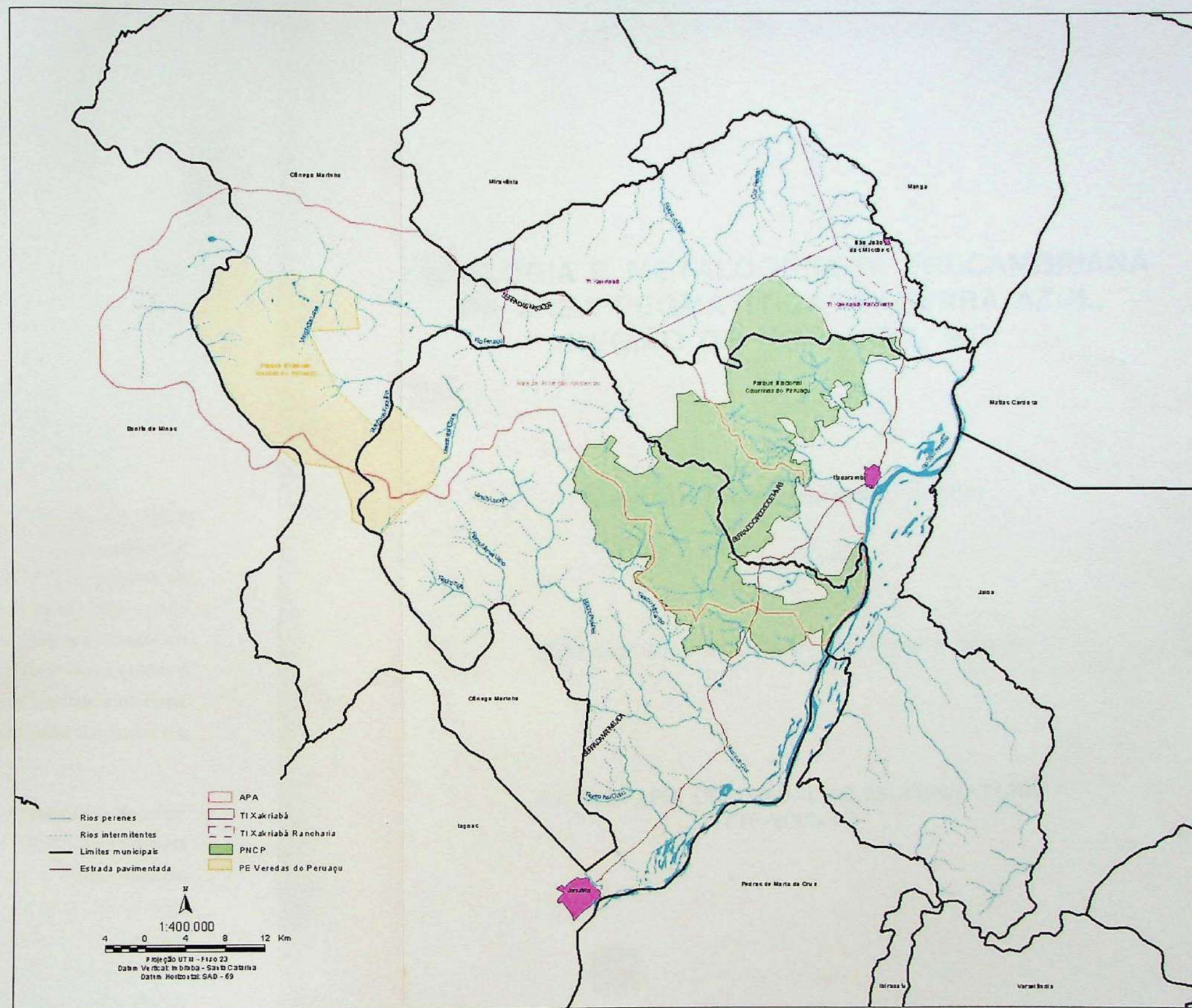
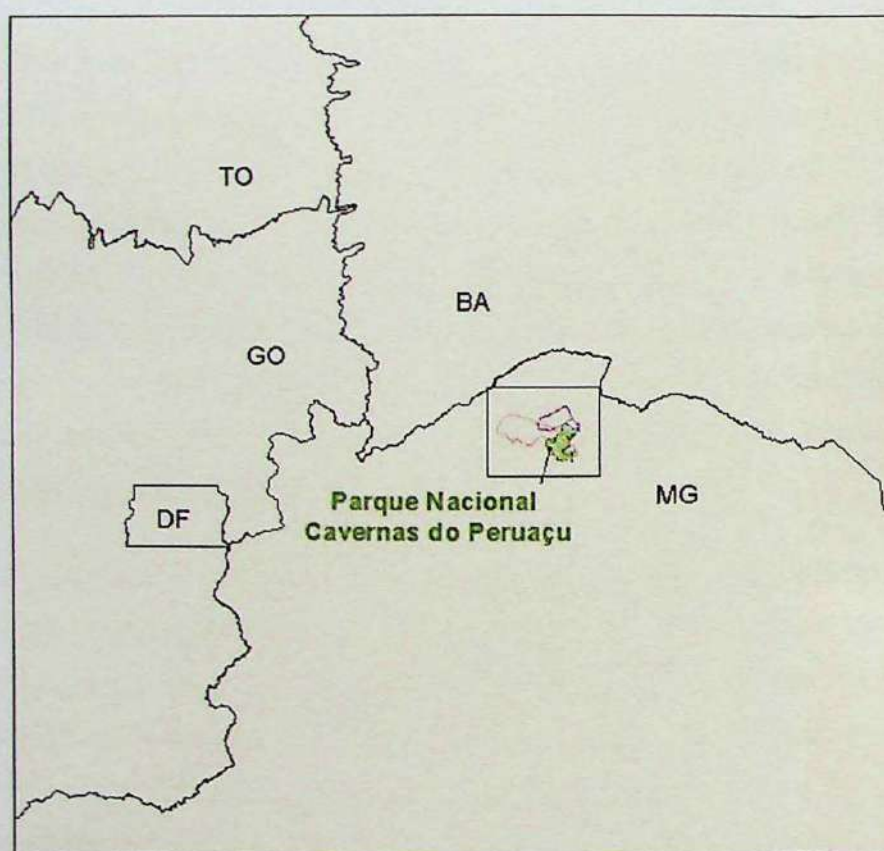
Em 21/09/1999, um decreto federal criou o Parque Nacional Cavernas do Peruaçu, com uma extensão de 549 Km². O decreto prevê, em seu artigo 5º, que... "o *Plano de Manejo do Parque Nacional Cavernas do Peruaçu* deverá ser elaborado no prazo de cinco anos, a contar da publicação deste Decreto." Deste modo, o Plano de Manejo está sendo desenvolvido por uma equipe multidisciplinar coordenada pela CSD-GEOKLOCK Geologia e Engenharia Ambiental Ltda, sob a supervisão do IBAMA – Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais.

O presente estudo faz parte dos diagnósticos do meio físico a serem realizados para subsidiar o futuro Planejamento do Manejo do Parque.

Ressalta-se que o Parque Nacional Cavernas do Peruaçu está inserido parcialmente na APA – Área de Proteção Ambiental Cavernas do Peruaçu (1.474 Km²), que compreende toda a área da bacia hidrográfica do rio Peruaçu.

A **Figura 4.1.** apresenta a localização regional da área de estudo.

FIGURA 4.1. - MAPA DE LOCALIZAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PERUAÇU



5. OBJETIVO

O objetivo deste estudo é diagnosticar as condições atuais de circulação das águas na bacia hidrográfica do rio Peruaçu, através da identificação das unidades hidrogeológicas existentes na área e a elaboração de um modelo hidrogeológico, visando o manejo dos recursos hídricos de uma maneira mais eficiente.

6. TRABALHOS PRÉVIOS

6.1. Geologia Regional

6.1.1. O Cráton do São Francisco

A APA Cavernas do Peruaçu está situada na porção Norte do Estado de Minas Gerais, dentro do contexto geológico do Cráton do São Francisco (Almeida, 1977), uma área continental estável, que se estende desde o centro Sul do Estado de Minas Gerais até os estados de Sergipe e Alagoas, sendo delimitada por faixas de dobramento desenvolvidas durante o Ciclo Brasileiro, a partir de orogenias resultantes de vários estágios multi-colisionais complexos ocorridos entre 1.000 e 450 milhões de anos atrás. De acordo com Almeida & Hasui (1984) o Cráton do São Francisco é delimitado a oeste pela Faixa de Dobramentos Brasília, a noroeste pela Faixa Rio Preto, a norte pela Faixa Riacho do Pontal, a nordeste pela Faixa Sergipana e a sudeste pela Faixa Araçuaí.

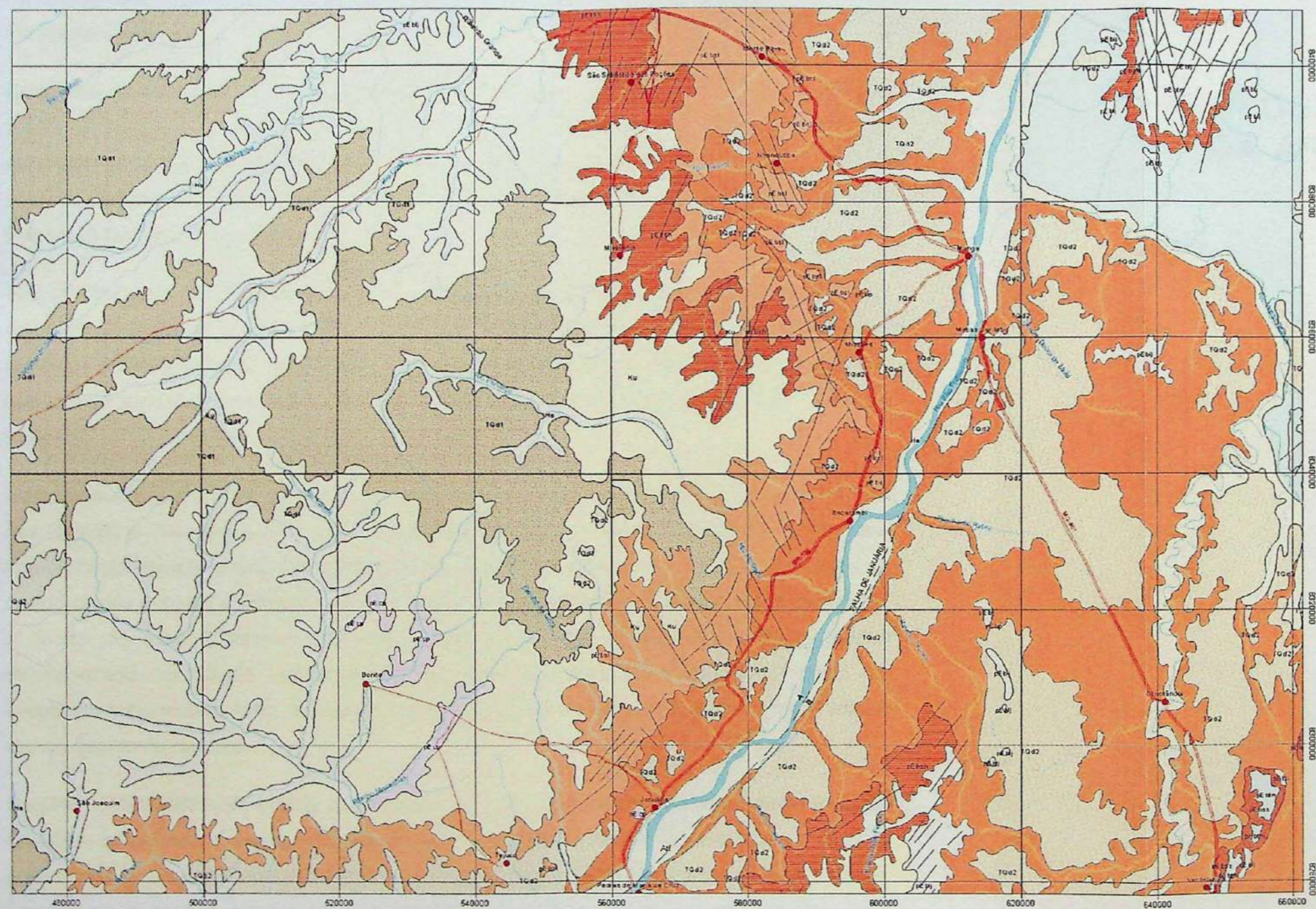
De acordo com COMIG (1994), no limiar do Proterozóico Médio com o Proterozóico Superior, as bordas da região que se estabelecerá mais tarde como o Cráton do São Francisco e suas faixas marginais, foram palco de fraturamentos marcantes. Nesta época, o Paleocontinente São Francisco encontrava-se em altas latitudes, de maneira que sobre ele foram depositados sedimentos glaciogênicos da Formação Jequitaiá. Com o fim desta glaciação, o nível dos mares subiu generalizadamente. Concomitantemente o Paleocontinente São Francisco migrou em direção a uma zona intertropical, enquanto a subsidência se propagava no seu interior. Nestas condições, a partir do Proterozóico Superior, iniciou-se a sedimentação do Grupo Bambuí, com a deposição das sequências pelito-carbonatadas englobadas no sub-grupo Paraopeba.

A seguir é apresentada uma coluna estratigráfica simplificada (**Tabela 6.1.1.1.**), adaptada a partir de RADAMBRASIL (1982), onde estão agrupados de maneira sintética, em ordem cronológica, os litotipos encontrados em escala regional na área da APA Cavernas do Peruaçu.

Tabela 6.1.1.1. – Coluna Estratigráfica Simplificada da Área da Bacia Hidrográfica do Rio Peruaçu (Adaptada de RADAMBRASIL 1982)						
Era	Unidades					Litofácies
	Cronoestratigráficas		Litoestratigráficas			
	Período	Época	Grupo	Subgrupo	Formação	
Cenozóico	Quaternário	Holoceno Pleistoceno				Aluviões recentes, aluviões antigos, solos residuais de calcários, margas, siltitos e arenitos
	Terciário					Conglomerados e cobertura detrítica arenosa
Mesozóico	Cretáceo	Superior			Urucuia	Arenitos finos a médios, arenitos cauliniticos e ferruginosos, e conglomerado basal, bem silicificados, com grãos de quartzo bem arredondados, unidos por cimento piritoso, friáveis quando alterados, duros e maciços, com pontuações feldspáticas, escassa matriz argilosa e cor clara, ocasionalmente rosada e superfície de alteração avermelhada
Pré-Cambriano	Proterozóico	Superior	Bambui		Três Marias	Arcóseos cinza a cinza-esverdeados em bancos, com lentes de siltitos esverdeados. Siltitos esverdeados com lentes de margas.
				Paraopeba	Serra da Saudade	Ardósias, siltitos, argilitos, folhelhos, localmente oolíticos. Calcários e margas na forma de lentes.
					Lagoa do Jacaré	Siltitos, folhelhos e margas, intercalados com calcários pretos a cinza, ricos em matéria orgânica e níveis oolíticos
					Serra de Santa Helena	Folhelhos esverdeados, siltitos e argilitos laminados, margas e ardósias
					Sete Lagoas	Margas, calcário argiloso, calcário cinza médio a escuro, brecha calcária intraformacional, calcodolomito, dolomito rosado e dolomito sublitográfico
Pré-Cambriano	Indiviso					Biotita-plagioclásio gnaisses, hornblenda-plagioclásio gnaisses, biotita-muscovita gnaisses, granitos, tonalitos rochas intrusivas máficas e ultramáficas, granodiorito, biotita e hornblenda

A **Figura 6.1.1.1.** apresenta o mapa geológico regional da área de estudo.

FIGURA 6.1.1.1. - MAPA GEOLÓGICO REGIONAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PERUAÇU



- Ha - Depósitos fluviais predominantemente arenosos, com lentes de silte, argila e cascalhos na base.
- Ku - Arenitos finos a médios, róseos a brancos, impuros, com níveis conglomeráticos.
- pEb1 - Calcários pretos a cinza, localmente dolomíticos e pisolíticos, fósseis, margas e pequenas intercalações de siltes e folhelhos de cor verde-amarelada.
- pEb2 - Calcários, dolomitos, siltes, folhelhos, argilos e ardósias, constituindo seqüências de predominância carbonática, e a pelítica intercaladas.
- pEb3 - Siltes, folhelhos, margas, ardósias, argilos e níveis finos de arenitos, frequentes lentes de calcários finos cinza a pretos.
- pEb4 - Calcário cinza escuro, dolomitos, calcários dolomíticos, margas, calcários argilosos e folhelhos subordinados. Destacadas estruturas algas e estromatolitos.
- pEb5 - Siltes, folhelhos, ardósias e argilos de cor verde-amarelada, lentes de calcários e margas cinza a cinza-escuro.
- pEb6 - Siltes arcoseanos e arcóseos de cor cinza-esverdeada, lentes de margas e calcários, foliação esferoidal característica.
- pEb7 - Gnaisses tonalíticos e granodioríticos com zonas anatólicas e migmatizadas, corpos granóides diápiclos, quartzitos, q e restos supracrustais.
- TQd1 - Depósitos eluvionares e secundariamente coluvionares predominantemente arenosos, com níveis conglomeráticos. Processos de laterização incipiente. Relacionados às superfícies de aplainamento do Ciclo Sul-Americano.
- TQd2 - Depósitos eluvionares e secundariamente coluvionares predominantemente arenosos, com níveis conglomeráticos. Processos de laterização incipiente. Relacionados às superfícies de aplainamento dos Ciclos Velhas e Paraguaçu.

- A — B — Falha normal ou de gravidade. Traçada onde encoberta. A - bloco alto, B - bloco baixo.
- Falha indiscriminada.
- Contato.

Localização da Área



Fonte: Carta Geológica - RADAMBRASIL

Apio:

SED GEOLOGIA CSD-GEOLÓGICA

Projeto
Estudo Hidrogeológico e dos Recursos Hídricos
da Bacia do Rio Peruaçu

Título

Mapa Geológico

Novembro/2003

6.1.1.1. A Formação Urucuia

No âmbito da região da APA Cavernas do Peruaçu, segundo RADAMBRASIL (1982), verifica-se um grande hiato no registro geológico no final do Pré- Cambriano, após o Proterozóico Superior, com a ausência de unidades Paleozóicas naquela área. Em função disto, sobre as rochas do Grupo Bambui, repousam de maneira discordante, as rochas de idade cretácea da Formação Urucuia.

Este hiato erosivo pode estar associado com a reativação durante o Mesozóico, de antigas zonas de falhas, em regime distensional, decorrente da separação do Brasil e África, que estabeleceu um 'rejuvenescimento' da paisagem, gerando novos gradientes e um novo nível de base na região, o que provocou uma erosão das formações paleozóicas e a deposição da Formação Urucuia. (King, 1956).

Nas proximidades de Januária-Itacarambi, a Formação Urucuia encontra-se com espessuras na ordem de 5 a 10 m, podendo atingir até 90 m (LOPES, 1981). Segundo COMIG (1994), esta formação é constituída por um pacote de arenitos bem selecionados, com espessura variável, que tem na base conglomerados monomíticos com seixos de quartzo ou quartzitos e arenitos argilosos.

Schobbenhaus et al. (1984) subdivide a Formação Urucuia em Minas Gerais, na região entre os rios Urucuia e Paracatu e a noroeste de Montes Claros, em duas fácies, sendo uma basal composta por conglomerado monomítico, com seixos de ortoquartzito e quartzo, facetados ou arredondados e matriz de arenito argiloso, com granulação média a grosseira, mal selecionado. A fácies de topo é formada por um arenito branco ou marrom-avermelhado quando intemperizado, constituído essencialmente por quartzo hialino, caracterizando-o como um sedimento supermaturo, bem selecionado, granulação fina a média, sem matriz e muito friável, quando isento de cimento.

Segundo RADAMBRASIL (1982) a Formação Urucuia destaca-se pela sua homogeneidade litológica, constituída quase que invariavelmente por arenitos finos a médios, róseos, impuros com alguns níveis conglomeráticos e uma tendência global de se tornarem argilosos na base. Geralmente o contato inferior desta formação com o Grupo Bambui é marcado por uma camada, as vezes espessa, de canga látero-manganesífera. Ainda de acordo com estes autores, a Formação Urucuia é constituída por depósitos continentais fluvio-eólicos, formados pelo retrabalhamento de arenitos pré-existentes, em ambiente subaquático fluvial e/ou lacustre,

onde a constância da cor vermelha em quase toda unidade é mais um elemento que se soma às características continentais.

Petri & Fulfaro (1983), *apud* Piló (1989), sugerem que a fonte dos sedimentos da Formação Urucuia teria sido o Arco do Alto Parnaíba (Serra da Canastra). King (1956), associa estes arenitos ao ciclo de denudação post-Gondwana, responsável pelo entalhamento e recobrimento da superfície Gondwana, apresentando características deposicionais de ambientes desérticos no Sul e Sudeste do Brasil.

No decorrer do período Cenozóico (Terciário Inferior), a geologia da área é influenciada por ciclos de denudação e pediplanação, através do retrabalhamento das litologias pré-existentes, em condições climáticas marcadas por oscilações constantes, alternando períodos secos e úmidos, em um regime tectônico estável. Estes processos são marcados pelo início da elaboração da superfície Sul-Americana de King (1956) que atingiu uma grande uniformidade de aplainamento.

6.1.1.2. O Grupo Bambuí

Segundo Robertson (1963) as rochas da 'série' Bambui foram descritas inicialmente por Liai (1872), mais tarde Derby (1879) descreveu detalhadamente as rochas que afloram ao longo do Rio São Francisco e Rio das Velhas, criando a terminologia informal de calcários São Francisco. Rimann (1917) foi o primeiro autor a empregar o nome de série Bambui, que ficou consagrado na literatura geológica, sendo mais tarde modificado para a categoria de grupo.

Para Almeida (1977), o Grupo Bambui e as formações correlatas sobre o Cráton do São Francisco, representam a sedimentação marinha resultante de sua submersão quase total, por ocasião do desenvolvimento do segundo estágio estrutural das suas faixas de dobramentos marginais.

Conforme Schobbenhaus (1984), os sedimentos do Grupo Bambuí se depositaram sobre uma plataforma epicontinental estável, em uma bacia caracterizada por um gradiente muito fraco e águas pouco profundas, justificando a constância das litologias por grandes distâncias e suas variações faciológicas muito rápidas, decorrentes de pequenas modificações na paleogeografia. RADAMBRASIL (1982) sugere que a atuação de falhas de gravidade, durante

a época da sedimentação destas rochas, se faz presente através de variações de espessura nos blocos e emersão de certos segmentos das litofácies deste grupo.

De maneira consagrada na literatura geológica brasileira, o Grupo Bambuí é subdividido no Subgrupo Paraopeba (unidade basal) e Formação Três Marias (Topo). De acordo com Schobbenhaus et al. (1984) o contato entre estas duas unidades pode se apresentar como transicional ou através de uma discordância erosiva. O Subgrupo Paraopeba engloba, da base para o topo, as formações Sete Lagoas, Serra de Santa Helena, Lagoa do Jacaré e Serra da Saudade. Para a região de Januária- Itacarambi, Dardenne (1981), *apud* Piló (1989), definiu duas unidades litoestratigráficas para o Grupo Bambuí: Formação Januária (nível basal, predominantemente carbonático) e Formação Nhandutiba (nível do topo, predominantemente pelítico). Estas formações são correlacionáveis, respectivamente, com a Formação Sete Lagoas e Formação Lagoa do Jacaré.

Almeida e Uchigasaki (2003) citam ocorrências de afloramentos onde as rochas carbonáticas do Grupo Bambuí mostram-se intensamente deformadas, com eixo orientado predominantemente na direção NNW. Estes pontos estão localizados ao longo das drenagens dos riachos da Cruz, Peri-Peri e do Morro Vermelho. Com relação aos fraturamentos, estes autores descrevem, para as rochas carbonáticas, a ocorrência do preenchimento de planos de fraturas por calcita. De maneira geral estes planos ocorrem com maior frequência na direção N-S e mergulho subvertical, contudo existe uma dispersão bastante ampla em várias direções.

6.1.1.3. O Embasamento Cristalino

Segundo RADAMBRASIL (1982), o embasamento pré-Bambuí é composto por uma suíte de rochas de idade Arqueana (>2.600 Ma) indivisa, que refletem retrabalhamentos sucessivos durante os Ciclos deformacionais Transamazônico, Uruaçuano e Brasileiro.

Na parte mineira do Cráton do São Francisco, o embasamento granito-gnáissico aflora no extremo sul, região de Belo Horizonte, e no norte do estado (Almeida e Uchigasaki, 2003), ocupando uma vasta área a oeste de Januária-Itacarambi, apresentando-se cobertos por delgados mantos de alteração (Lopes, 1981).

As porções do embasamento cristalino do Cráton do São Francisco que afloram na região norte do estado de Minas Gerais são representadas por várias ocorrências de rochas graníticas e granodioríticas, que afloram no nível dos leitos dos rios, sendo o principal elemento estrutural, uma foliação orientada N35W/70SW (CPRM, 1974).

Granito: magmatismo ácido polifásico, onde são evidenciadas fácies de porfiróides, riolíticas, e veios migmatíticos (Lopes, 1983).

Complexo Gnáissico: conjunto rochoso de textura, mineralogia e faciologia metamórfica homogêneas, é cortado por corpos irregulares de anfibolito (Lopes, 1983).

6.2. Hidrogeologia e Recursos Hídricos

6.2.1. A Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco

A Agência Nacional de Águas – ANA publicou em 2002, um boletim técnico com o objetivo de contribuir para a implementação do processo de gestão dos recursos hídricos da bacia do rio São Francisco. Este boletim representa um dos trabalhos mais consistentes sobre a hidrogeologia e recursos hídricos, em escala regional, para a região do alto e médio São Francisco, onde insere-se a bacia do rio Peruaçu.

Segundo o boletim da ANA (2002) a bacia do Rio São Francisco abrange uma área de drenagem de 631.000 km², e inclui partes do território do Distrito Federal e dos estados de Minas Gerais, Goiás, Bahia, Pernambuco, Sergipe e Alagoas, representando 7,5 % do território nacional. O rio nasce em Minas Gerais e se estende por 2.700 km até alcançar o oceano Atlântico, formando a divisa entre os estados de Sergipe e Alagoas. Esta bacia possui extraordinário significado sócioeconômico para toda a região, fixando populações ribeirinhas, auxiliando no desenvolvimento de cidades instaladas em suas margens e viabilizando a agricultura irrigada. Além disso, o rio São Francisco tem seu potencial hidrelétrico bastante aproveitado, o que torna grande produtor da energia elétrica que abastece a região Nordeste.

Conforme Euclides & Ferreira (2002) o Alto e Médio São Francisco compreende uma série de pequenas sub-bacias, dentre elas a do rio Peruaçu, que estão inseridas no trecho que vai da

confluência do rio Jequitai até a confluência do rio Caririnha, entre os paralelos 14°15' e 17°10' e os meridianos 43°50' e 45°40' no estado de Minas Gerais. Estas pequenas sub-bacias somadas abrangem uma área de 37.426 km².

Neste trecho do rio São Francisco predominam terras planas, em sua maioria com altitudes que variam de 500 a 800 m. O aprofundamento da drenagem sobre as coberturas sedimentares do cretáceo originou relevos tabulares delimitados por rebordos erosivos sobre rochas do Grupo Bambuí, regionalmente conhecidos como Chapadas.

Segundo Euclides & Ferreira (2002) esta região apresenta clima quente semi-úmido, com total de chuva anual variando entre 1.100 e 900 mm e temperatura média anual variando entre 21°C e 24°C. Apresenta, também, em quase toda a sua superfície, um potencial erosivo médio a alto. A evapotranspiração anual potencial, nesta unidade, é da ordem de 1.650 a 1.800 mm, apresentando um balanço hídrico que apresenta um déficit anual que varia de 550 mm a 900 mm.

Em Euclides & Ferreira (2002) é apresentado um estudo que visou determinar e espacializar as probabilidades de ocorrência de veranicos de diferentes durações e nos diferentes meses do ano, nas Sub-Bacias do Alto e Médio São Francisco. Para isso foram utilizados os dados de totais de chuvas de 59 estações pluviométricas pertencentes à Agência Nacional de Águas e Energia Elétrica (ANEEL), distribuídas ao longo das sub-bacias do Alto e Médio rio São Francisco. As series históricas dos dados utilizados têm 20 anos em média.

Os resultados indicaram que outubro é o mês que inicia a estação chuvosa nas sub-bacias do Alto e Médio São Francisco e, em geral, ao longo dele existe grande probabilidade de ocorrência de veranicos. A partir de outubro, as probabilidades de ocorrência de veranicos diminuem, fato que se observa em dezembro, mês em que se observa a menor probabilidade de ocorrência de veranico por ser o mês com maior total de chuva do ano. A partir de dezembro, as probabilidades voltam a aumentar, o que perdura até março, mês que finaliza a época de chuva. Neste mês, as probabilidades de veranico são menores do que em outubro. Dentro deste contexto, na margem esquerda do rio São Francisco, se insere a bacia hidrográfica do rio Peruaçu.

6.2.2. A Bacia Hidrográfica do Rio Peruaçu

Em uma abordagem mais detalhada para a bacia do rio Peruaçu, Moura (1997), apresenta que o clima da região é tropical quente (*Gaussen*), caracterizado por dois períodos bem contrastados de 6 meses cada um, chuvoso (de novembro a abril), correspondente aos meses mais quentes; e outro seco (de maio a outubro), sendo o trimestre junho-agosto o mais seco, com pelo menos um mês com precipitação inferior a 60 mm. A temperatura média anual é de 24°C e a precipitação média anual de 876,7 mm.

A **Tabela 6.2.2.1.** a seguir apresenta as principais características da região de Januária/ Itacarambí (MG).

Tabela 6.2.2.1. Características Climáticas da Região de Januária/ Itacarambí (MG)

Parâmetros Climáticos (Média Mensal)	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano
Temperatura Média (°C)	25,1	25,4	25,3	24,9	23,3	22,2	22,0	23,5	25,5	26,4	25,4	24,8	24,5
Temperatura Máxima (°C)	30,5	31,0	30,8	30,9	30,1	29,4	29,3	31,4	33,3	33,4	31,3	30,1	30,9
Temperatura Mínima (°C)	20,1	20,2	20,0	20,0	17,1	15,2	14,7	15,6	17,9	19,9	20,1	19,9	18,3
Precipitação Média (mm)	154	104	94	45	13	1	1	1	15	61	161	196	846
Umidade Relativa (%)	78	76	76	73	71	68	63	57	5	63	74	79	69
Insolação (h)	198	-	-	184	-	-	246	-	-	200	-	-	2530
Evapotransp. Potencial (mm)	127	118	123	112	91	73	76	96	120	144	128	125	1333
Deficiência Hídrica (mm)	0	1	6	35	60	65	71	95	105	84	0	0	523
Excedente Hídrico (mm)	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	35

FONTE: Estação Climatológica Januária: 15°29' S; 44°22' W e 434 m alt. / ANTUNES (1980)

A **Tabela 6.2.2.2.** a seguir apresenta o cálculo do balanço hídrico mensal segundo THRONTHWAITE & MATHER, 1995 (capacidade de retenção de água no solo de 100 mm).

Tabela 6.2.2.2. Cálculo do Balanço Hídrico Mensal da Área da Bacia Hidrográfica do Rio Peruaçu

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
MESES	T (°C)	P (mm)	EPP	P-EPP	Neg Acum	Armaz	Alter	ER	Def	Exced
Jan	25,1	154	127	27	0	100	0	127	0	27
Fev	25,4	104	118	-14	-14	87	-13	117	1	0
Mar	25,3	94	123	-29	-43	64	-23	117	6	0
Abr	24,9	45	112	-67	-110	32	-32	77	35	0
Mai	23,3	13	91	-78	-188	14	-18	31	60	0
Jun	22,2	1	73	-72	-260	7	7	8	65	0
Jul	22,0	1	76	-75	-335	3	4	5	71	0
Ago	23,5	1	96	-95	-430	?	?	1	95	0
Set	25,5	15	120	-105	-535	?	?	15	105	0
Out	26,4	61	144	-83	-618	?	?	61	84	0
Nov	25,4	161	128	33	-585	100	?	128	0	0
Dez	24,8	196	125	71	0	?	?	125	0	8
Ano	24,5	846	1333	-487	—	—	0	812	522	35

FONTE: ANTUNES (1980), modificado por MOURA (1996).

P = Precipitação

EPP = Evapotranspiração potencial

Neg Acum = Negativo acumulado

Armaz = Armazenamento

Alter = Alteração no armazenamento em relação ao mês anterior

ER = Evapotranspiração real = $EPP + [(P - EPP) - \Delta \text{Armaz}]$

DEF = Déficit = $EPP - ER$

Exced = Excedente que se infiltra = $P - Ater - ER$

Euclides & Ferreira (2002) descrevem os tipos de aquíferos encontrados no contexto da bacia do rio Peruaçu. De acordo com estes autores, em seu alto curso o aquífero é formado pelos arenitos cretáceos, no médio curso ocorre o aquífero cárstico formado por rochas carbonáticas, e no baixo curso, o aquífero é formado por coberturas do terciário e quaternário e o aquífero aluvial, caracterizando esta bacia como de alto potencial hídrico.

De acordo com BAMBUI (1999), no âmbito da bacia do rio Peruaçu, o padrão de drenagem regional é retangular-dendrítico, nitidamente condicionado por fatores estruturais, segundo as direções principais de fraturamento da plataforma brasileira (NE/SW e NW/SE). Segundo estes autores, a dinâmica hídrica, que inclui o rio Peruaçu como principal meio de descarga local,

está atrelada aos condicionantes ambientais pertinentes ao ciclo hidrológico e ao controle estrutural por eixos de fratura de direção preferencial NW-SE.

Com relação à qualidade das águas, Bambui (1999) mostrou que os resultados obtidos para os parâmetros bacteriológicos na bacia do Peruaçu apontavam-se acima dos padrões de potabilidade para todos os pontos analisados. A relação entre os valores obtidos para coliformes fecais / estreptococos fecais < 1 , indicam contaminação de origem animal. Considerando a interferência antrópica nesta bacia, estes autores ressaltam que os aspectos intervenientes mais relevantes, no comportamento e na qualidade dos recursos hídricos, são as captações clandestinas, o desmatamento indiscriminado, o lançamento de efluentes perigosos e de contaminantes fitossanitários, além da própria inadequação do uso para irrigação.

Os resultados das análises físico-químicas obtidos de BAMBUÍ (1999) mostram uma tendência das águas que circulam no rio Peruaçu serem mais duras, à medida que há um maior contato de sua calha com rochas carbonáticas. Apoiando a idéia de forte contribuição dos aquíferos carbonáticos, os parâmetros pH, dureza total, e condutividade elétrica confirmaram este raciocínio, em virtude do aumento de seus teores no sentido de jusante.

Conforme BAMBUÍ (1999), ainda que as nascentes do rio Peruaçu tenham sido objeto de proteção através da criação do Parque Estadual Veredas do Peruaçu, a parcela da bacia situada nos limites deste parque, com a APA Cavernas do Peruaçu, vem sofrendo impactos do uso antrópico crescente e sem um maior controle e infra-estrutura adequada.

A montante da principal área de ocorrência de cavernas observaram-se pequenas aglomerações urbanas. Dentre estas, a Vargem Grande mostra tendências de crescimento, talvez incentivado pela ampliação das atividades de agricultura irrigada. Não existem sistemas de tratamento de esgoto e coleta de lixo nas aglomerações urbanas visitadas, o que, segundo os autores, contribuiu para a poluição das águas a jusante.

No contexto do Parque Nacional Cavernas do Peruaçu, Moreira & Oliveira (1998) ressaltam que o rio Peruaçu é o único recurso hídrico superficial perene dentro daquela unidade de conservação. Sua confluência com o rio São Francisco está localizada a cerca de 20 km da linha do perímetro do parque. Dentro daquela área, a extensão aproximada do rio é de 17 km, dos quais, segundo informações locais, 7 km são percorridos abaixo da superfície (rio subterrâneo). Entretanto, as suas dimensões (largura e profundidade) e o volume caudal (vazão) são, aparentemente, limitados e a sua largura média varia entre 5 e 10 m. Segundo

inventário das estações fluviométricas produzidos pela ANA 2003, não há estações em sua calha que possam traduzir o regime hidrológico específico de contribuição desta bacia.

Moreira & Oliveira (1998) também descrevem a importância do rio Peruaçu como recurso natural essencial para toda a população residente na região: " *o Peruaçu é a vida das pessoas que residem naquele rincão*". Como o Peruaçu é o único manancial perene da região, a divisão das propriedades, sempre foi norteada em função do aceso das terras ao rio. Como é dito na linguagem local, " *todas as terras tem que beber água do Peruaçu*". Assim, ao longo das gerações, estas sucessivas divisões, criteriosamente adotadas, no sentido de preservar o acesso à água, provocaram constantes subdivisões da face, ou lado do perímetro dos imóveis, representada pelo curso do rio. Este processo foi conferindo um formato de retângulos alongados (*tiras*) aos novos imóveis; nestes retângulos, um dos lados de menor dimensão é, necessariamente, o rio Peruaçu. Assim, os imóveis ao longo do rio apresentam, de forma geral, largura de 100 a 300 m e alguns quilômetros de extensão.

Para melhor ilustração da importância do rio Peruaçu, nesta área em que a escassez d'água é tão intensa, Moreira & Oliveira (1998) ressaltam que vizinhos sem aceso direto à água, têm que se valer de corredores para levar seus animais até o rio, implicando em ter horários pré-estabelecidos para esta operação. Apesar dos períodos de acesso ao rio serem reduzidos, além de demandarem considerável mão de obra, não foram observados evidências de desentendimentos entre os vizinhos por esta razão.

Ainda com relação aos recursos hídricos, foi levantado pelos técnicos do Ibama, localizados no escritório de Januária, a necessidade de serem anexadas ao parque porções de terra situadas na Comunidade Olhos D'água para conservação de diversas nascentes próximas às margens do rio Peruaçu. Nesta área específica, localizada a sudoeste do parque, existem inúmeras nascentes que alimentam o Peruaçu.

7. MATERIAIS E MÉTODOS

As atividades executadas para a realização deste estudo são descritas a seguir. Ressalta-se que todas as informações e mapas adquiridos durante o andamento dos serviços foram armazenados em um programa SIG (Sistema de Informações Geográficas) a fim de apoiar a

captura, manipulação, análise e apresentação de dados, referenciados espacialmente, bem como facilitar o cruzamento e integração destas informações.

7.1. Atividades de Escritório

7.1.1. Levantamento Bibliográfico

Com o intuito de se obter e aprimorar os trabalhos preexistentes sobre a geologia, hidrogeologia e recursos hídricos da bacia do rio Peruaçu, foram consultadas as bibliotecas das seguintes instituições: Instituto de Geociências/USP – Universidade de São Paulo, Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas/USP – Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências/UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais e CSD-GEOKLOCK Geologia e Engenharia Ambiental Ltda.

Vale destacar também que, para a análise das informações referentes às investigações e monitoramentos já desenvolvidos na área de estudo, foram consultados os seguintes órgãos estaduais e federais: IGAM – Instituto Mineiro de Gestão das Águas, COPASA – Companhia de Saneamento de Minas Gerais, EMATER – Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais, SIMGE – Sistema de Meteorologia e Recursos Hídricos de Minas Gerais, ANA – Agência Nacional de Águas, SUDENE – Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste, EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, INMET – Instituto Nacional de Meteorologia e CODEVASF – Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba.

7.1.2. Avaliação e Interpretação de Mapas e Imagens

Para a realização da pesquisa, foram utilizados os mapas e imagens de satélite, sendo os principais:

- ♦ Mapa Geológico da Folha SD23 1:1.000.000 – RADAM BRASIL
- ♦ Imagem SPOT 5m de resolução (Parque Nacional + APA);
- ♦ Imagem Landsat 1:100.000 (Parque Nacional + APA) período de setembro ano 2001 e março ano 2003
- ♦ Carta topográfica 1:100.000 – Ministério do Exército Brasileiro (Parque Nacional + APA)
- ♦ Fotos aéreas 1:35.000 – INCRA (Parque Nacional + parte da APA) período de maio e julho de 1987
- ♦ Ortofotocartas 1:10.000 – CEMIG (parte do Parque Nacional)

Adicionalmente às informações lançadas nos respectivos levantamentos planialtimétricos, foram inseridas as feições identificáveis a partir das imagens de satélite, e da fotointerpretação (estereoscopia) das fotos aéreas, tais como: talvegues e cursos d'água secundários, contatos litológicos, lineamentos e, principalmente, as morfologias cársticas e não-cársticas.

7.2. Atividades de Campo

Os levantamentos de campo foram realizados em três períodos distintos: março, abril e agosto de 2003. Em cada uma destas etapas foram utilizados os seguintes equipamentos básicos: computadores, impressora, flip chart (para as reuniões de campo e recados diários), material bibliográfico para consulta, estereoscópio de bolso, GPS, bússola, canivete, martelo, lupa, ácido HCl diluído a 20 %, máquinas fotográficas, lanternas e caixa de primeiros socorros. As

descrições detalhadas de cada uma das atividades executadas durante os trabalhos de campo são descritas a seguir.

7.2.1. Mapeamento Geológico

O mapeamento geológico realizado na área de estudo incluiu a medição sistemática de atitudes do acamamento, fraturas e falhas, descrição dos diferentes tipos litológicos, além da coleta de amostras de rochas.

7.2.2. Coleta de Amostras de Rochas para Análises Químicas

As amostras de rochas coletadas no campo foram selecionadas e enviadas ao Laboratório de Fluorescência de Raio X do Instituto de Geociências da USP – Universidade de São Paulo, para análise de SiO_2 , Al_2O_3 , MnO , MgO , CaO , Na_2O , K_2O , TiO_2 , P_2O_5 , Fe_2O_3 e Perda ao Fogo.

7.2.3. Cadastro de Pontos D'Água

Durante os levantamentos de campo, foram tomadas as coordenadas e cadastrados todos os pontos d'água visitados (nascentes, ressurgências cársticas, sumidouros e poços de abastecimento).

7.2.4. Medição do Nível D'Água e Profundidade nos Poços Visitados

Foi realizada a medição do nível d'água e da profundidade total nos poços visitados na área da bacia hidrográfica do rio Peruaçu. As medições foram realizadas utilizando-se medidor de nível d'água eletrônico Solinst 101.

7.2.5. Medição da Profundidade das Lagoas

As medições das profundidades das lagoas existentes na área da bacia hidrográfica do rio Peruaçu foram realizadas através de trena milimétrica com 50 m de comprimento.

7.2.6. Medição da Condutividade Elétrica das Águas Superficiais e Subterrâneas

Foi realizada a medição da condutividade elétrica nas águas superficiais e subterrâneas da bacia do rio Peruaçu e nas águas do rio São Francisco utilizando-se o condutivímetro digital Mettler Toledo MC-126.

7.2.7. Coleta de Amostras de Águas Superficiais e Subterrâneas

As amostras foram coletadas por meio de jarra graduada na região central dos corpos d'água (rios, lagoas e nascentes cársticas). A amostra proveniente do poço tubular profundo foi coletada em torneira que estava ligada diretamente ao poço. Imediatamente após as coletas, as amostras foram identificadas e acondicionadas em gelo e remetidas ao laboratório da Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA - Montes Claros).

As análises laboratoriais foram realizadas de acordo com as determinações do Standard Methods for the Examination of Water and Wasterwater (1998). Os parâmetros físico-químicos analisados foram: Oxigênio Dissolvido, DQO, DBO, Coliformes Fecais, Alcalinidade de Bicarbonato, Sólidos Suspensos Totais, Sólidos Sedimentáveis, Sólidos Totais, enquanto os parâmetros químicos foram: Cálcio, Ferro, Manganês, Magnésio, Alumínio, Cloro, Fósforo Total, Nitrato, Nitrito, Nitrogênio Amoniacal e Sulfeto.

7.2.8. Medidas de Vazão no rio Peruaçu

As medidas de vazão foram realizadas em diversos pontos ao longo do rio Peruaçu com a utilização dos equipamentos Global Flow Probe FP 201 e molinete fluviométrico, sendo 9 deles na época úmida e mais 11 no período seco.

8. DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO

Em reuniões semanais com o orientador, discutiu-se a necessidade de ajustes para a adequada condução dos trabalhos, deste modo, todas as atividades previstas foram realizadas dentro do tempo pré-determinado. A **Figura 8.1.** apresenta o cronograma com as atividades efetivamente realizadas.

Conforme o cronograma apresentado, a etapa inicial consistiu no levantamento bibliográfico, além de consultas a pesquisadores com trabalhos já publicados na região. Estas informações subsidiaram a elaboração do relatório de Projeto Inicial entregue ao Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo em Março/2003.

Após estes levantamentos bibliográficos, iniciou-se o trabalho de fotointepretação geológica e geomorfológica da área, que incluiu o mapeamento de afloramentos e estruturas, para sua posterior confirmação nas atividades de campo.

Estabelecido o esboço geomorfológico da área, foram realizadas duas saídas de campo para a região da bacia do rio Peruaçu. O primeiro levantamento de campo, entre os dias 24 e 31 de março/2003, foi realizado com o objetivo de reconhecimento da área e coleta de amostras de águas superficiais para análises químicas. Posteriormente, entre 9 e 11 de abril/2003, no final do período chuvoso, foram efetuadas medições da velocidade de fluxo d'água em diferentes seções ao longo do rio Peruaçu.

Em seguida, já em escritório, foram realizadas as correções nos mapas geológico e geomorfológico de acordo com as observações de campo. Neste período, também realizaram-se as análises químicas das amostras de água superficiais coletadas. Os resultados obtidos até esta etapa foram descritos no Relatório de Progresso (Agosto/2003).

A terceira e última etapa de campo realizou-se na época seca, entre os dias 25 de julho e 11 de agosto/2003, os quais tiveram o acompanhamento do orientador. Esta etapa incluiu a realização de novas medições de vazão ao longo do rio Peruaçu, e coleta de amostras de águas superficiais nos mesmos pontos visitados na campanha anterior, permitindo uma análise comparativa entre o período seco e o período úmido. Adicionalmente, foram também coletadas amostras de águas subterrâneas provenientes de três nascentes cársticas e um poço profundo, além do detalhamento estrutural das rochas mapeadas.

De volta ao escritório, foram traçados os contatos, estruturas e morfologias para os mapas definitivos de geologia e geomorfologia da bacia do rio Peruaçu, em escala 1:100.000. Também foram realizadas as análises químicas das amostras de água e rocha coletadas nesta etapa.

No decorrer das atividades de campo, observou-se que a grande extensão da área e o estado precário das vias de acesso dificultaram em parte o andamento dos trabalhos, principalmente na área do alto curso do rio Peruaçu. Apesar disso, os dados obtidos nos levantamentos de campo apresentaram-se suficientes para que os trabalhos fossem realizados com alta confiabilidade.

Os resultados e conclusões finais deste estudo são apresentados neste relatório, conforme as instruções para a elaboração da monografia de trabalho de formatura emitido pela Comissão de Trabalho de Formatura / CTF – 2003 do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo.

9. RESULTADOS OBTIDOS

Foram visitados um total de 122 pontos, incluindo as medições de vazões, locais de amostragem de água e afloramentos de rochas, nas três etapas de campo realizadas na área de estudo. As coordenadas e a localização destes pontos são apresentados no **Anexo 1**.

9.1. Compartimentação Litoestratigráfica da Área da Bacia Hidrográfica do Rio Peruaçu

No âmbito da área de estudo afloram rochas carbonáticas do Grupo Bambuí, cobertas por arenitos de idade cretácea da formação Urucuia. O mapeamento de campo também identificou a ocorrência restrita de rochas do embasamento cristalino pré- Bambuí. Ambas as seqüências, podem ocorrer cobertas por sedimentação cenozóica recente, resultante do retrabalhamento destas unidades mais antigas. A investigação geológica na área enfocou ainda a identificação de estruturas que condicionam o entalhamento do relevo e o desenvolvimento do aquífero cárstico, além de contribuírem para a compreensão da história geológica da região.

Coberturas detríticas – Esta unidade engloba um conjunto de sedimentos inconsolidados, de idades recentes (Quaternário), formados pelo retrabalhamento das unidades pré-existentes. Apresentam características diversas, de acordo com o contexto em que se inserem. Apresentam-se como depósitos coluvionares ou aluvionares, junto a encostas e rede de drenagem, incluindo cascalheiras polimíticas com calhaus sub-arredondados de até 40 cm de eixo maior, em meio a uma matriz areno-siltosa de cor vermelha a amarelada. Predominam clastos de arenito silicificado, calcário silicificado e chert (silexito) escuro (**Foto 1 do Anexo 2**).

Brechas de colapso - Próximo da entrada das cavernas Brejal e Janelão (sumidouros), ocorrem brechas, compostas por fragmentos angulosos de calcário e da couraça laterítica, localmente exibindo cimentação carbonática e fragmentos de espeleotemas. Sua origem é ligada ao colapso de vazios de dissolução nas rochas carbonáticas do Grupo Bambuí. Esta litologia não foi inserida em nenhuma das categorias litológicas mencionadas acima, uma vez que também apresentam uma ocorrência localizada e não definem uma unidade contínua e

mapeável na escala de mapeamento deste estudo. Não foram encontrados registros na literatura consultada sobre este material, com exceção de Piló (1989) e Moura (1997), que fazem menções à esta litologia. Contudo, esta brecha é relevante para a compreensão da morfogênese da área, ilustrando a evolução recente do sistema cárstico do rio Peruaçu, uma vez que estão associadas aos desmoronamentos que culminaram com a exposição dos condutos cársticos subterrâneos e abertura do vale cárstico do rio Peruaçu.

Tufas carbonáticas – Este tipo litológico foi observado no Vale dos Sonhos, na forma de afloramentos associados a cachoeiras no córrego principal e acumulações esparsas nos leitos de drenagens menores ou como blocos e matacões soltos em meio ao solo de alteração das próprias tufas e dos calcários. Trata-se de carbonato de cálcio depositado por indução biológica em ambiente fluvial a partir de águas saturadas em CaCO_3 , formando acumulações com estrutura laminada de calcita microcristalina porosa, englobando restos vegetais como folhas, galhos e troncos da vegetação (**Foto 2 do Anexo 2**). A descontinuidade lateral desta litologia, que ocorre na forma de blocos isolados e testemunhos nos leitos fluviais, não permitiu sua definição como uma formação na escala 1:100.000, mas no mapa geológico foi representada a sua zona de ocorrência.

Crostras detritico-lateríticas – Estas rochas ocorrem na forma de fragmentos menores e blocos com até 50 cm de eixo maior, aflorando de forma dispersa principalmente no topo da superfície dos arenitos Urucuia e nos colúvios das vertentes destes em direção aos argilitos e calcários. Caracterizam-se por granulometria heterogênea, desde areia fina, grânulos de quartzo e clastos centimétricos angulosos de arenito, cimentados por material ferruginoso (limonítico), às vezes com hábito botrioidal formando vesículas e coloração marrom avermelhada (**Foto 3 do Anexo 2**). Representam testemunhos de uma extensa crosta detritico-laterítica que cobria grande parte do Brasil Central. Associa-se este material ferruginoso aos depósitos correlativos à Superfície de Aplainamento Sul-Americana de King (1956), desenvolvida entre o final do Cretáceo e início do Terciário, hoje em franca desagregação por ciclos erosivos superpostos.

Arenitos – Unidade constituída por arenitos bem selecionados, com grãos de quartzo na fração areia-média, arredondados a subarredondados, com alta esfericidade e coloração creme a avermelhado. A rocha apresenta, na maioria das vezes, estrutura maciça, podendo exibir localmente planos de fratura, mas por se tratarem de blocos soltos em meio ao perfil de alteração, não é possível medir a orientação destes planos (**Foto 4 do Anexo 2**). Na área de ocorrência destas rochas, registra-se uma grande escassez de afloramentos, de modo que a

paisagem é marcada por um relevo aplainado, coberto por um manto espesso de solos arenosos nos topos e nos interflúvios, ou ainda solos hidromórficos nas baixadas, próximos das drenagens (veredas).

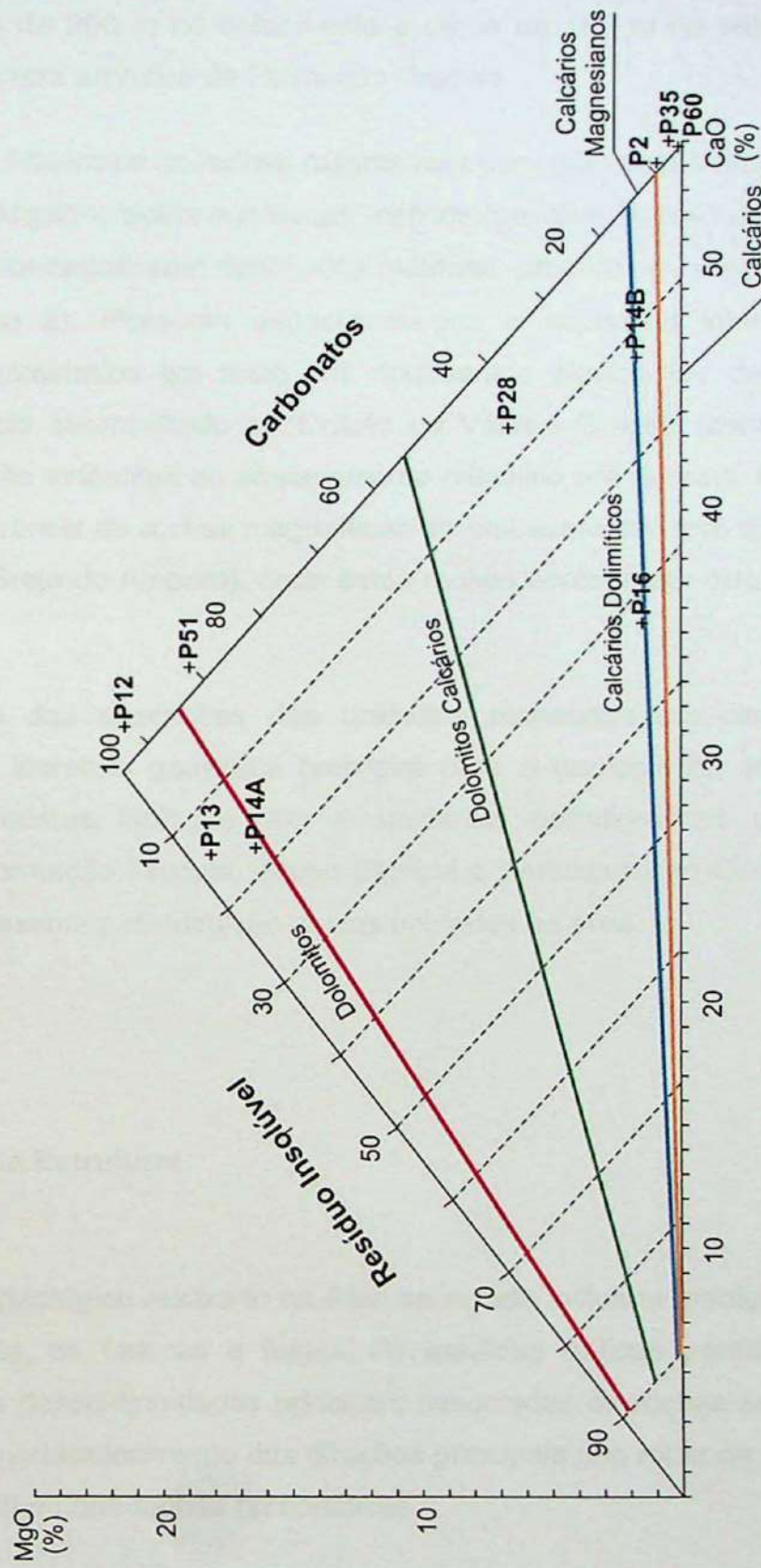
Siltito – Esta litologia ocorre associada aos arenitos branco-rosados, na forma de intercalações encontradas próximo à base do pacote arenoso, associada também às concreções lateríticas. A rocha apresenta granulação muito fina, invisível ao olho nú, estrutura maciça e uma cor avermelhada, com manchas brancas de formatos irregulares e diversificados, sendo encontrada em afloramento no fundo de uma ravina de erosão na estrada que liga a cidade de Cônego Marinho à Vila do Areião (**Foto 5 do Anexo 2**).

Argilito – Rocha argilosa, com cor de alteração variando de bege a vermelho esbranquiçado, podendo exibir localmente porções bastante intemperizadas, apresentando-se como um pacote de argila com cores variegadas. Em alguns pontos ocorrem porções mais preservadas desta rocha, onde observa-se sua estratificação marcada por laminação rítmica fina. Observou-se em campo que as áreas de ocorrência deste argilito aparecem sempre associadas a ravinas, seja à beira da estrada vicinal que liga Itacarambi a Vargem Grande ou nos sítios arqueológicos, aqui denominados de Guarapari e Judas. Esta associação pode ser decorrente da diminuição da infiltração e consequentemente aumento do escoamento superficial.

Seqüência Carbonática – Esta unidade engloba o conjunto de rochas carbonáticas do Grupo Bambuí que, de maneira geral, apresenta uma cor cinzenta, exibindo intercalações com níveis pelíticos, com espessura milimétrica e estruturas sedimentares diversificadas (acamamento sub-horizontal, brechas intra-formacionais (**Foto 6 do Anexo 2**), brechas lamelares (**Foto 7 do Anexo 2**), estratificações cruzadas), evidenciando sua natureza clástica, tratando-se, portanto, de calcarenitos, calcissiltitos e calcilutitos. Estas estruturas são bastante nítidas na superfície alterada da rocha, contudo, quando esta é fragmentada, a sua face fresca apresenta apenas cor cinzenta e aspecto maciço. Em campo, através de testes expeditos com ácido clorídrico (HCl) diluído, verificou-se a subdivisão desta seqüência em 2 sub-unidades, sendo uma unidade basal de natureza mais calcítica, apresentando uma estrutura laminada e cor cinza escura predominante, e uma unidade superior de natureza dolomítica, apresentando uma cor cinza esbranquiçada, às vezes levemente rosada e aspecto mais maciço. Análises do teor em CaO e MgO destas unidades (**Tabela 9.1.1 e Figura 9.1.1.**) confirmaram tratar-se de calcários calcíticos na base (CaO entre 55 e 46 %, MgO entre 0,98 e 1,78% em peso) e calcários

Tabela 9.1.1. Resultados das Análises Químicas das Rochas Coletadas na Bacia Hidrográfica do Rio Peruaçu												
Ponto	Parâmetros	SiO2	Al2O3	MnO	MgO	CaO	Na2O	K2O	TiO2	P2O5	Fe2O3	Perda ao Fogo
	L.D.	0,03	0,02	0,001	0,01	0,01	0,01	0,01	0,003	0,002	0,01	0,02
	Localização	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
2	Boqueirão	0,63	0,11	0,010	0,98	54,10	< 0,01	0,05	0,013	0,072	0,10	43,40
12	Mirante da Dolina dos Macacos	0,05	< 0,02	0,084	21,66	31,24	< 0,01	0,01	0,008	0,051	0,43	46,79
13	Estrada para o sítio arqueológico Guarapará	12,94	0,99	0,031	18,23	26,05	< 0,01	0,35	0,059	0,037	1,10	40,48
14A	Estrada para o sítio arqueológico Guarapará	17,11	0,91	0,023	16,48	26,31	< 0,01	0,34	0,041	0,030	0,90	38,08
14B	Estrada para o sítio arqueológico Guarapará	12,85	0,60	0,024	1,78	46,28	< 0,01	0,18	0,042	0,030	0,41	38,19
16	Sítio arqueológico Judas	24,57	4,87	0,295	1,52	35,46	0,01	1,18	0,305	0,083	1,87	30,14
28	Trilha para Desenos	5,46	1,28	0,022	6,76	43,41	< 0,01	0,43	0,054	0,068	0,60	41,53
35	Início dos blocos abatidos do sumidouro da caverna do Brejal	0,09	0,04	0,003	0,54	55,09	< 0,01	0,03	0,007	0,046	0,06	43,49
51	Afloramento de rocha carbonática nas Veredas	2,94	< 0,02	0,011	19,07	33,62	< 0,01	< 0,01	< 0,003	0,034	0,07	44,83
60	Afloramento de rochas carbonáticas próximas ao embasamento na Comunidade Vargem Grande	< 0,03	0,03	0,056	0,15	54,89	0,01	0,02	0,007	0,052	0,06	43,56

FIGURA 9.1.1. - CLASSIFICAÇÃO QUÍMICA DE ROCHAS CARBONÁTICAS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PERUAÇU
SEGUNDO MARTINET & SOUGY (1961)



dolomíticos a dolomitos no topo (CaO entre 31,2 e 43,4% e MgO entre 6,76 e 21,66 % em peso). O pacote carbonático constitui a unidade mais espessa na área de estudo, estimando-se um máximo de 200 m no setor Leste e cerca de 100 m no setor Oeste, estendendo-se abaixo da cobertura arenítica da Formação Urucuia.

Granitóides – Tratam-se de rochas magmáticas com granulação média a grossa, constituídas por quartzo, feldspato, biotita e minerais máficos (provável anfibólio), aflorando como blocos e matacões arredondados, com dimensões métricas, produtos da esfoliação esferoidal (**Fotos 8 e 9 do Anexo 2**). Possuem aspecto maciço e superfície intensamente intemperizada, ocorrendo disseminados em meio aos sedimentos aluvionares do leito do rio Peruaçu e imersos em solo avermelhado no Distrito de Várzea Grande (comunidade Olhos D'Água). Estas rochas são atribuídas ao embasamento cristalino pré Bambuí. Foram observados outros pontos de ocorrência de rochas magmáticas do embasamento fora da área mapeada (córrego Borrachudo e Brejo do Amparo), onde estas rochas apresentam características de granitos ou granodioritos.

A comparação das descrições das unidades mapeadas em campo com as descrições disponíveis na literatura geológica brasileira para a geologia da área de estudo, permite o agrupamento destas litologias em 4 unidades estratigráficas consagradas: Coberturas Cenozóicas, Formação Urucuia, Grupo Bambuí e Embasamento Cristalino. O **Anexo 3** (Mapa Geológico) apresenta a distribuição destas unidades na área.

9.2. Geologia Estrutural

O mapeamento geológico realizado na área de estudo incluiu a medição sistemática de atitudes do acamamento, de fraturas e falhas. As medidas obtidas permitiram montar um quadro geométrico das discontinuidades principais associadas às rochas sedimentares, o que serviu de base para o estabelecimento das direções principais das rotas de fluxo da água subterrânea no sistema aquífero das rochas carbonáticas.

A bacia do rio Peruaçu está inserida no contexto tectônico de cobertura paraplataformal de idade Brasileira do Cráton do São Francisco (Almeida, 1977), caracterizado pelo baixo grau de deformação e metamorfismo incipiente (ambiente supracrustal), onde estão impressos

dobramentos abertos e ondulações suaves da estratificação das rochas carbonáticas e pelíticas do Grupo Bambuí e a tectônica rúptil dominante, com fraturas e falhamentos.

O acamamento das rochas carbonáticas e pelíticas do Grupo Bambuí apresenta dobras abertas associadas a uma superfície suavemente ondulada, com padrão de dobramento cilíndrico (**Figura 9.2.1**). As direções dominantes dos planos de estratificação ocorrem entre N20-30W, seguidas de direções em torno de NS e E-W (**Figura 9.2.2**). Os mergulhos predominantes são entre 5° e 15° nos quadrantes NE e SW, atingindo localmente valores de até 40°, em dobras de arrasto associadas a falhamentos normais de direção N20-30E.

Figura 9.2.1. Estereograma das Atitudes de Acamamento das Rochas Carbonáticas do Grupo Bambuí na Bacia Hidrográfica do Rio Peruaçu

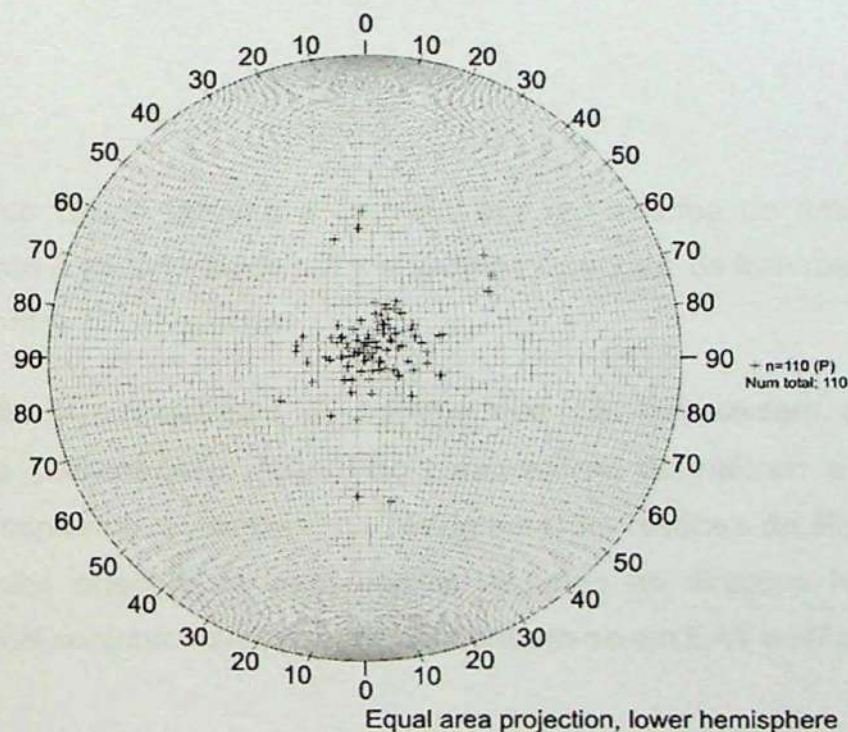
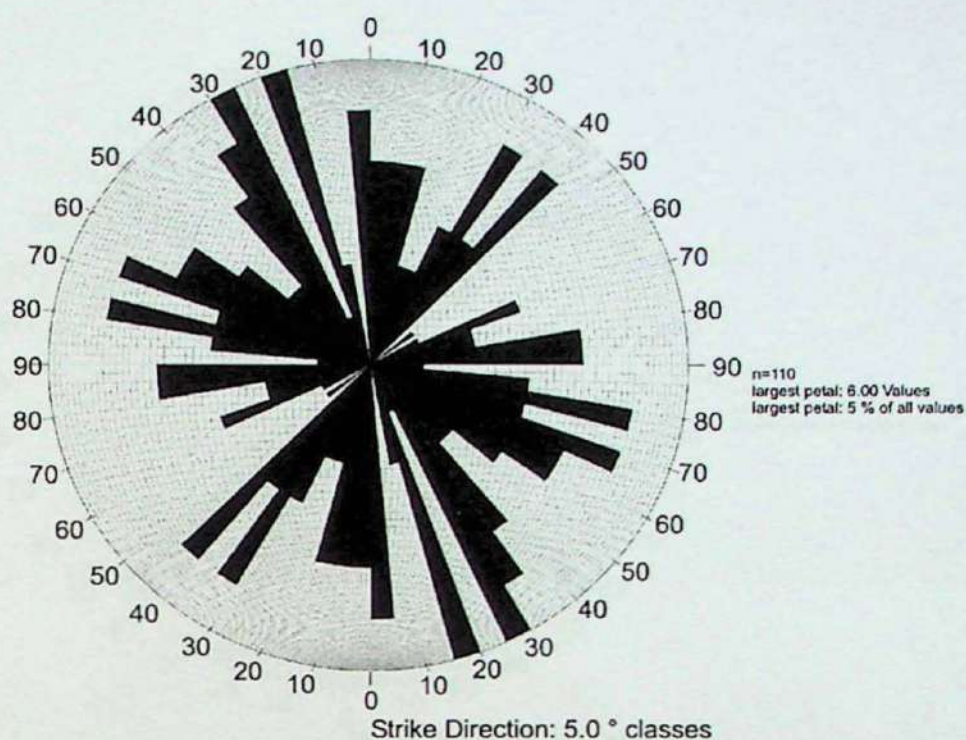


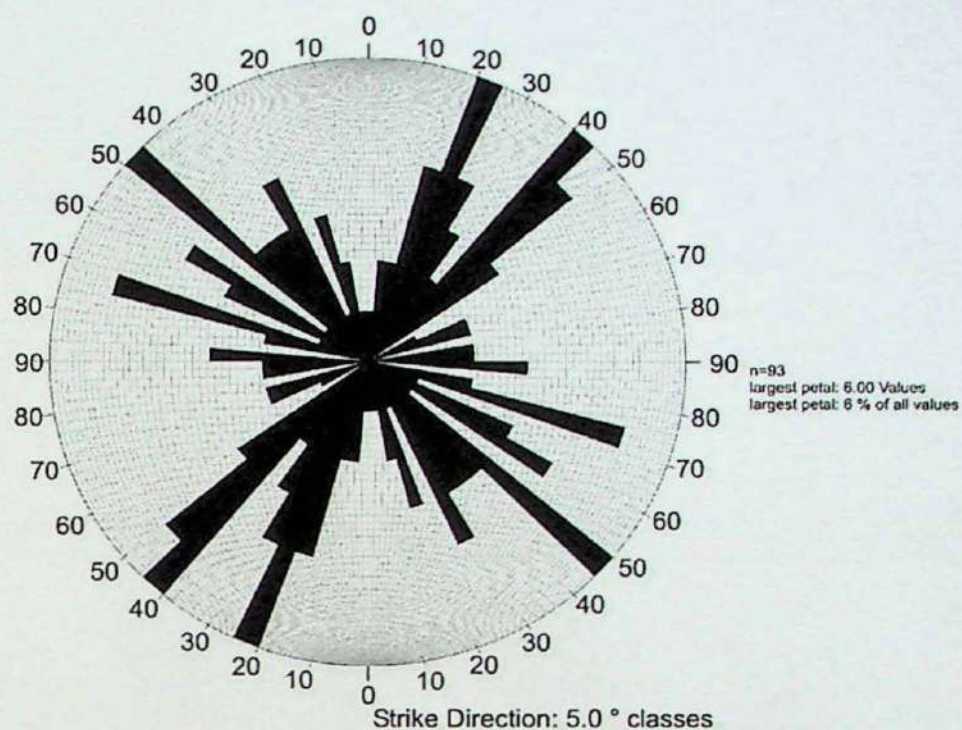
Figura 9.2.2. Histograma em Rosácea das Atitudes de Acamamento das Rochas Carbonáticas do Grupo Bambuí na Área da Bacia Hidrográfica do Rio Peruaçu



A deformação rúptil do Grupo Bambuí é marcada por um sistema de fraturas e falhas. O sistema de fraturamento é caracterizado pelos seguintes conjuntos de fraturas, todos com altos mergulhos, variando entre 70° a verticais:

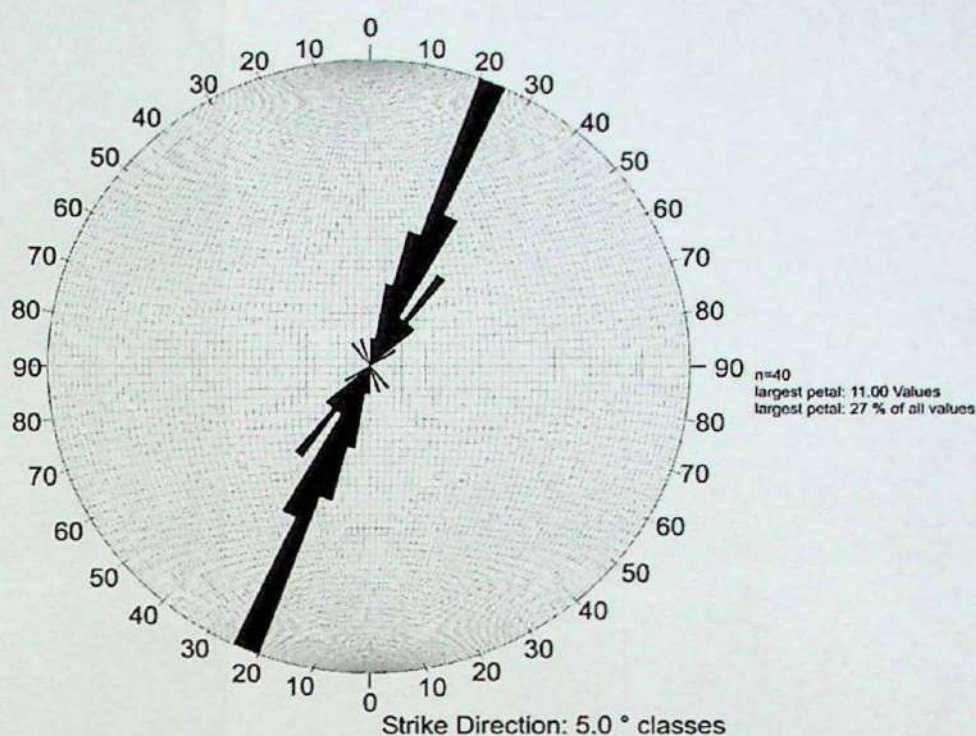
1. **Fraturas simples** – representam as fraturas que não apresentam evidências de preenchimento e cisalhamento, possuindo comprimento decimétrico a decamétrico. Sua geometria, conforme visualizado no histograma em rosácea da **Figura 9.2.3.**, é caracterizada pelas orientações preferenciais segundo as direções N30W, N50W, N25E e N45E. Dois conjuntos secundários concentram-se em E-W e N75W.

Figura 9.2.3. Histograma em Rosácea das Atitudes de Fraturas Simples das Rochas Carbonáticas do Grupo Bambuí na Área da Bacia Hidrográfica do Rio Peruaçu



2. Fraturas preenchidas – são as fraturas que apresentam preenchimento com espessura milimétrica de cristais de calcita e/ou quartzo, evidenciando regime de tração perpendicular ao plano da fratura. Possuem comprimentos centimétricos a métricos. Sua geometria é visualizada no histograma em rosácea da **Figura 9.2.4.**, onde nota-se a orientação preferencial N20-25E.

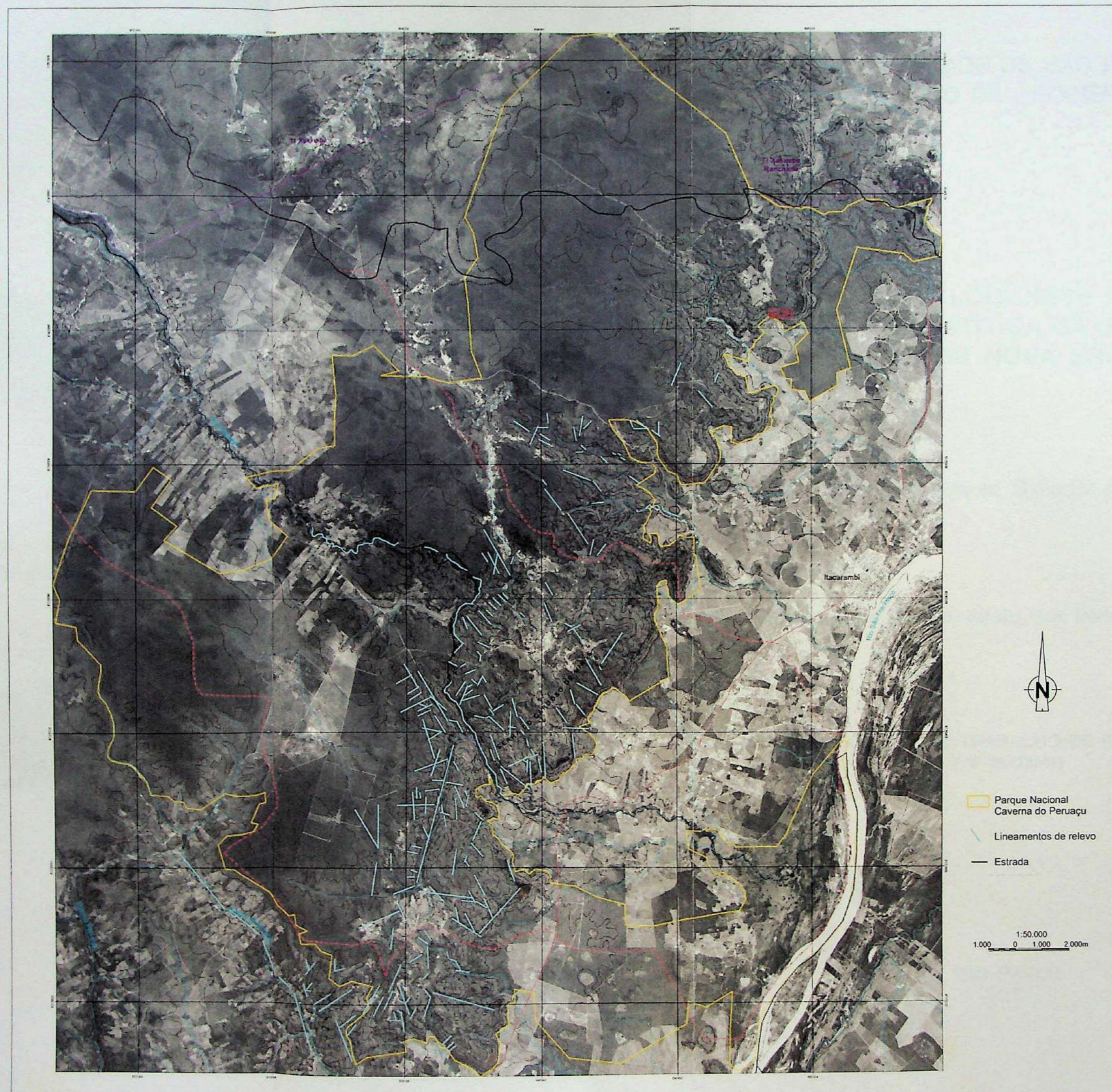
Figura 9.2.4. Histograma em Rosácea das Atitudes de Fraturas Preenchidas das Rochas Carbonáticas do Grupo Bambuí na Área da Bacia Hidrográfica do Rio Peruaçu



Em relação às falhas, foi identificado um sistema de falhas normais, com incidência mais marcante nas proximidades da escarpa de erosão remontante. A atitude dominante destas falhas é N20-30E, com rejeitos observados de alguns centímetros a vários decímetros. Estas estruturas, com orientação paralela à grande parte da escarpa de erosão remontante das rochas carbonáticas, reforçam o modelo de origem tectônica da depressão do São Francisco na área, através de falhamentos normais com orientação preferencial N20-30E.

As imagens Landsat e Spot e as fotografias aéreas da região do Peruaçu exibem lineamentos de relevo bem marcados sobre as rochas do Grupo Bambuí (**Figura 9.2.5.**), através de vales retilíneos, escarpamentos rochosos e entalhamentos em pavimentos carbonáticos. A orientação destes lineamentos (**Figuras 9.2.6. e 9.2.7.**) é coincidente com as direções identificadas em campo e representadas nos histogramas de fraturas, indicando alto grau de fraturamento das rochas carbonáticas. A maior incidência de lineamentos e comprimento acumulado concentram-se no intervalo N30-40W, apesar de apresentarem uma dispersão significativa em torno da direção principal.

Figura 9.2.5. - LINEAMENTOS DE RELEVO IDENTIFICADOS SOBRE A IMAGEM SPOT DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PERUAÇU



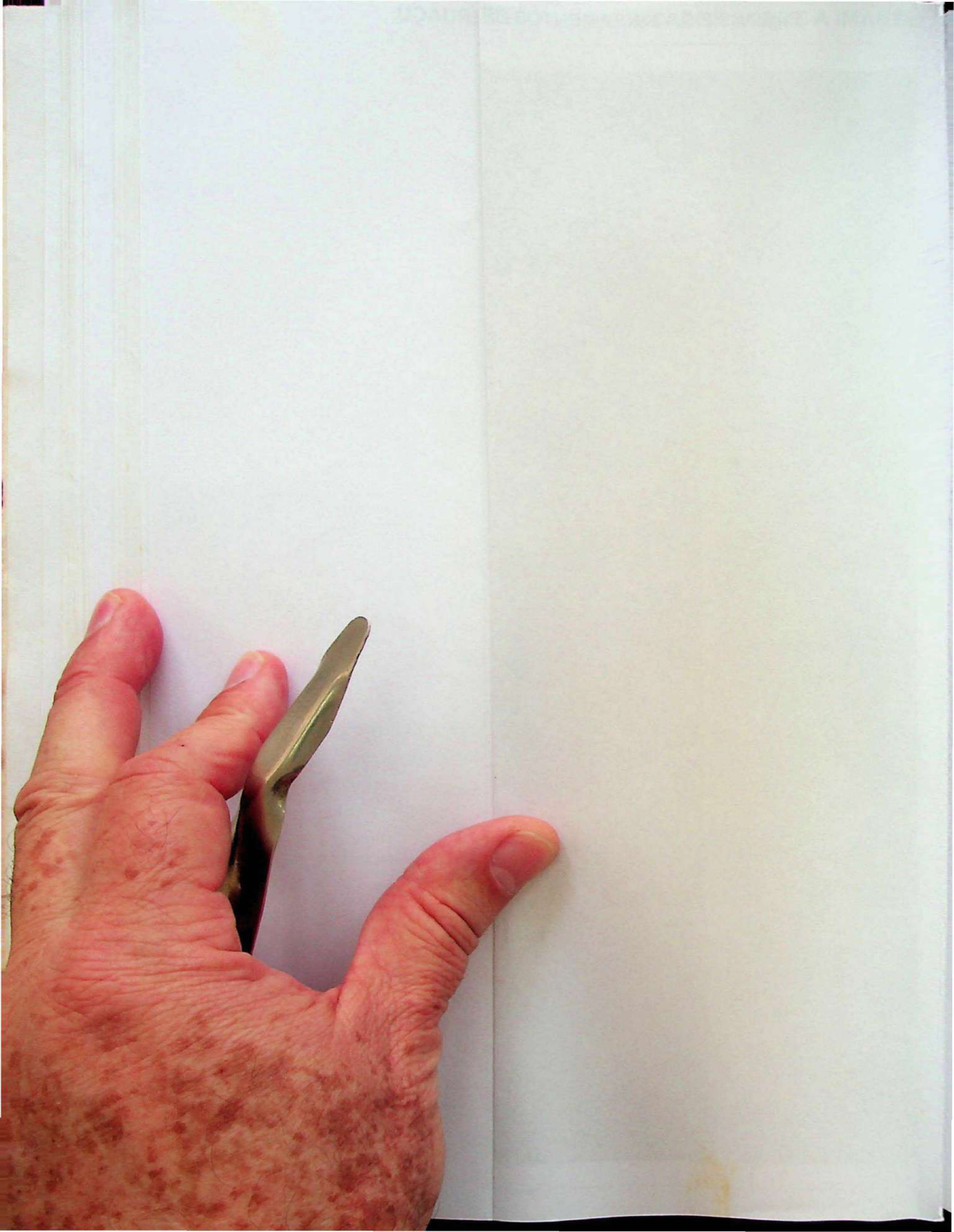


Figura 9.2.6. Histograma em Rosácea dos Lineamentos de Relevo obtidos a partir da Imagem Spot da Bacia Hidrográfica do Rio Peruaçu – Freqüência Acumulada

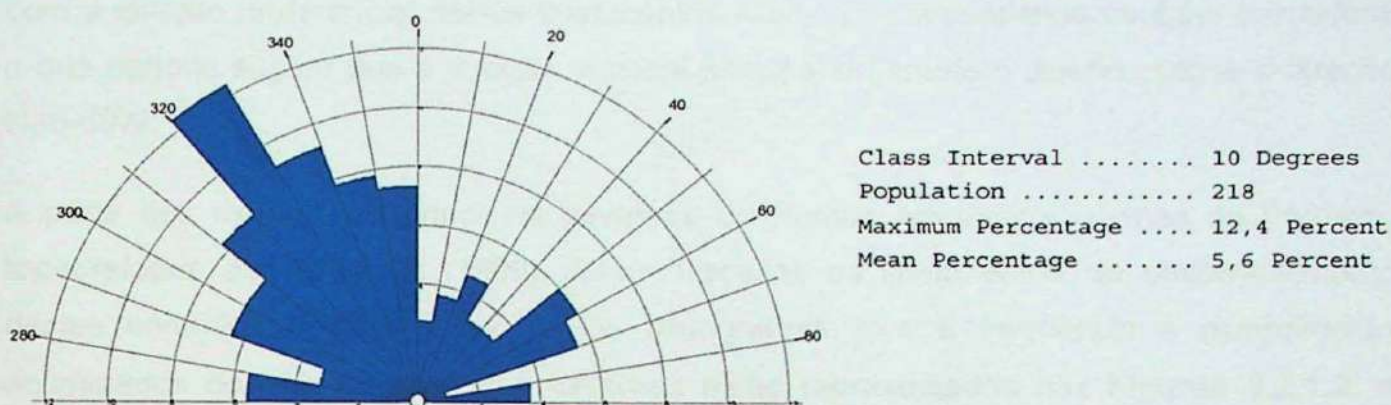
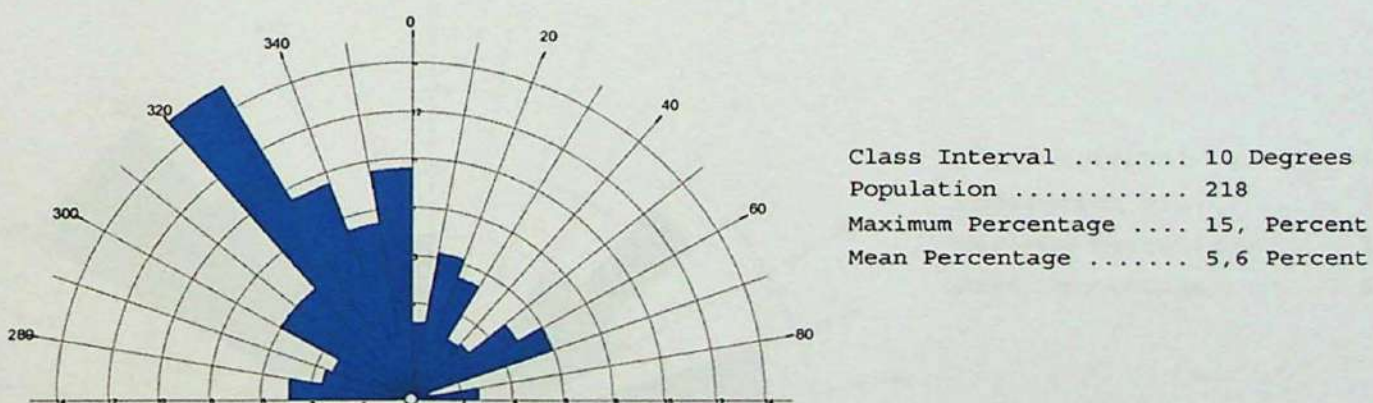


Figura 9.2.7. Histograma em Rosácea dos Lineamentos de Relevo obtidos a partir da Imagem Spot da Bacia Hidrográfica do Rio Peruaçu – Comprimento Acumulado

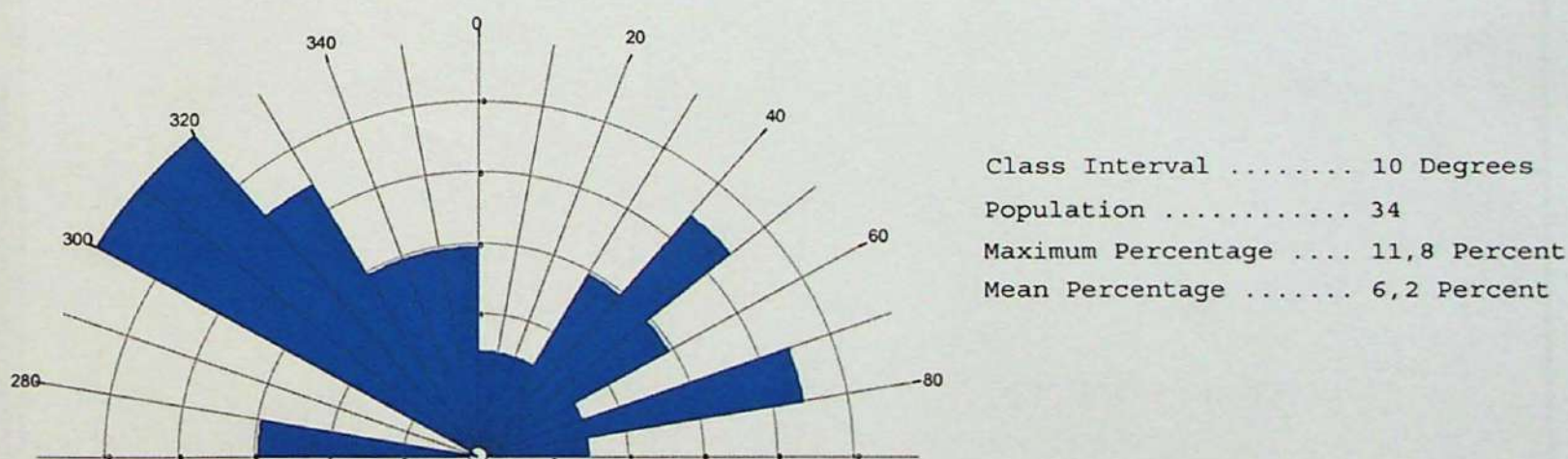


9.2.1. Condicionamento Estrutural do Aquífero Cárstico

Comparando a frequência de lineamentos da imagem Spot com as medidas de campo, nota-se que a orientação preferencial de condutos freáticos observados em afloramento coincide com a direção preferencial destes lineamentos. Conjuntos secundários também coincidem, o que permite sugerir que a direção regional principal do aquífero cárstico segue a direção N30-40W.

A partir dos mapas das principais cavernas do Parque Nacional Cavernas do Peruaçu, topografados por BAMBUÍ (1999), foram traçados os lineamentos de desenvolvimento destes condutos (**Figura 9.2.1.1.**). Os histogramas com a frequência e comprimento acumulados dos lineamentos das cavernas estão representados nas **Figuras 9.2.1.2. e 9.2.1.3.**

Figura 9.2.1.2. Histograma em Rosácea dos Lineamentos de Desenvolvimento das Cavernas da Bacia Hidrográfica do Rio Peruaçu – Frequência Acumulada



The first part of the paper is devoted to a review of the literature on the topic. The second part presents the results of the empirical analysis. The third part discusses the implications of the findings for policy-making. The fourth part concludes the paper.

The paper is organized as follows. Section 2 presents the literature review. Section 3 describes the data and the empirical model. Section 4 reports the results of the empirical analysis. Section 5 discusses the policy implications. Section 6 concludes the paper.

Table 1. Descriptive statistics of the variables used in the analysis.



LOCALIZADAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PERUAÇU

A DOS DESENHOS

PO do Recanto - Minas Gerais
Localização (UTM 23 U)
M 500 y = 8.329.590
Projeção horizontal: 140 m
Escala: 1:50.000
Data: 10/01/1998
Projeto: Projeto Espelométrico



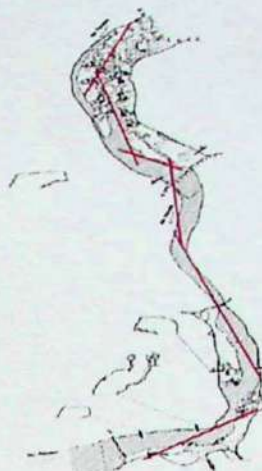
LAPA DOS CASCADOS

Município de Januária/Minas Gerais
Localização (UTM 23 U)
E = 542.540 N = 8.340.540
Projeção horizontal: 140 m
Escala: 1:50.000
Data: 10/01/1998
Projeto: Projeto Espelométrico



LAPA DOS TRONCOS

Município de Januária/Minas Gerais
Localização (UTM 23 U)
E = 542.470 N = 8.340.040
Projeção horizontal: 220 m
Escala: 1:50.000
Data: 10/01/1998
Projeto: Projeto Espelométrico



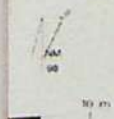
O ÍNDIO

PO do Índio - Minas Gerais
Localização (UTM 23 U)
M 500 y = 8.329.590
Projeção horizontal: 140 m
Escala: 1:50.000
Data: 10/01/1998
Projeto: Projeto Espelométrico



SUSPIRO

PO do Suspiro - Minas Gerais
Localização (UTM 23 U)
M 500 y = 8.329.590
Projeção horizontal: 140 m
Escala: 1:50.000
Data: 10/01/1998
Projeto: Projeto Espelométrico



LEGENDA

Lineamentos

FIGURA 9.2.1.1. - LINEAMENTOS DE DESENVOLVIMENTO DAS CAVERNAS LOCALIZADAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PERUAÇU

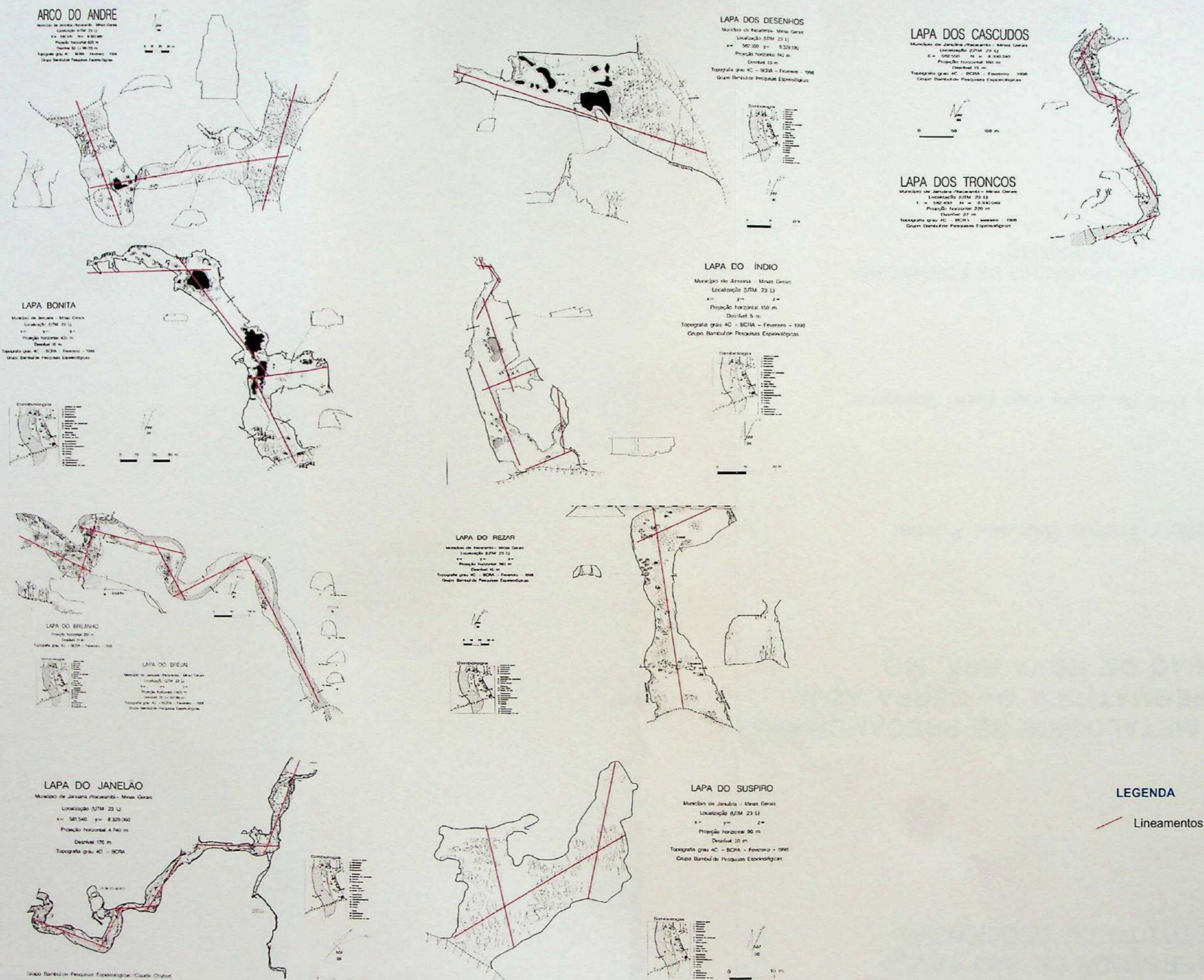
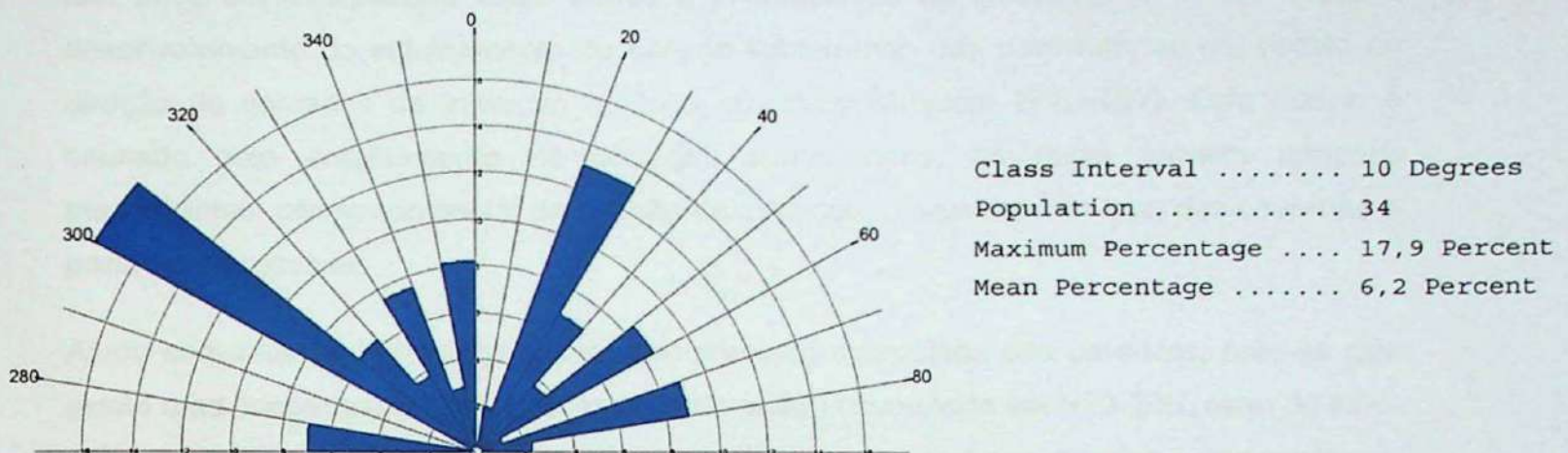
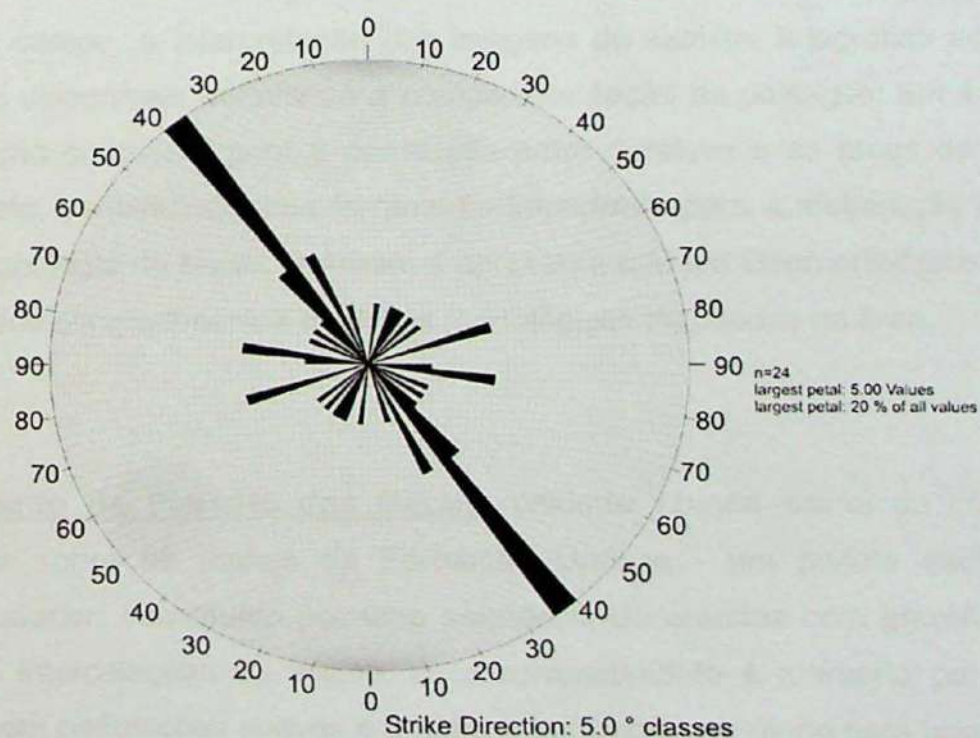


Figura 9.2.1.3. Histograma em Rosácea dos Lineamentos de Desenvolvimento das Cavernas da Bacia Hidrográfica do Rio Peruaçu – Comprimento Acumulado



Observando o histograma de comprimento acumulado das cavernas, nota-se que as cavernas seguem duas direções preferenciais N20-30E e N50-60W. Comparando o histograma de lineamento das cavernas com o histograma de fraturas com conduto (**Figura 9.2.1.4.**) nota-se não concordância exata, entretanto a direção preferencial N50-60W das cavernas têm concordância direta com o histograma de fraturas simples (N50W).

Figura 9.2.1.4. Histograma em Rosácea das Atitudes de Fraturas com Condutos das Rochas Carbonáticas do Grupo Bambuí na Área da Bacia Hidrográfica do Rio Peruaçu



Isto pode ser interpretado como sendo a influência de fraturas simples N50W sobre o desenvolvimento do entalhamento do *canyon* subterrâneo das cavernas, ou um desvio da direção de condutos de iniciação no topo dos *canyons* (com N30-40W). Este desvio é causado pelo entalhamento de córregos subterrâneos, os quais formam *canyons* meandantes, divergindo assim da direção de iniciação, atualmente no topo das cavernas e portanto inacessíveis.

Ainda com relação ao histograma de comprimento acumulado das cavernas, nota-se que existe uma concentração maior (comprimento maior) acumulado em N20-30E, além do N50-60W já comentado. A direção N20-30E coincide com as fraturas simples e concordância com fraturas preenchidas. Isto indica que existe uma direção importante de geração de condutos, a qual não foi identificada no histograma de fraturas com conduto, mas precisa ser considerada no quadro geral das rotas de fluxo da água subterrânea. Quadro este que pode ser sintetizado seguindo as direções preferenciais de condutos com fraturas e fraturas preenchidas (distensivas) a N20-25E.

9.3. Compartimentação Geomorfológica

O mapeamento de campo, a interpretação das imagens de satélite, fotografias aéreas e os mapas topográficos disponíveis permitiram a compartimentação da paisagem em 4 domínios. Tal compartimentação contribuiu para a correlação entre o relevo e as áreas de recarga e descarga do aquífero, constituindo uma ferramenta importante para a elaboração do modelo conceitual da hidrogeologia da bacia. O **Anexo 4** apresenta o Mapa Geomorfológico da região, com a distribuição dos compartimentos e feições morfológicas mapeadas na área.

- 1- **Compartimento do Planalto dos Gerais**: unidade situada acima da cota 760 m, desenvolvida sobre as rochas da Formação Urucuia - um pacote sedimentar do Cretáceo Superior, constituído por uma seqüência de arenitos com granulação fina a média, com intercalações de siltitos. Este compartimento é marcado por um relevo aplainado, com ondulações suaves e amplos interflúvios, evoluindo para uma chapada a

partir da cota de 800 m, onde se observa uma paisagem de topo plano com densidade de drenagem muito baixa (**Foto 10 do Anexo 2**). Neste domínio situam-se as cabeceiras e o alto curso do rio Peruaçu, que, neste trecho, se apresenta na forma de “veredas” em função dos baixos gradientes e do afloramento do nível d’água, sendo caracterizado por extensas planícies inundadas. De um modo geral, o padrão de drenagens no compartimento é do tipo dendrítico e bastante rarefeito. Ainda neste compartimento, sobre os sedimentos arenosos de alteração do arenito Urucuia, verifica-se a ocorrência de um conjunto de lagoas com profundidades variando de 8 a 10 m e diâmetros de até 160 m (**Foto 11 do Anexo 2**).

- 2- **Compartimento da Zona de Transição**: unidade situada aproximadamente entre as cotas 720 e 760 m. Caracteriza-se pela ocorrência de um relevo aplainado, cuja monotonia da paisagem é quebrada pela presença de morros tabulares residuais (formas positivas) ou dolinas de subsidência lenta (afundamentos cônicos do terreno), sugerindo o transporte de material superficial para o interior de condutos subterrâneos, desenvolvidos na seqüência carbonática subjacente (**Foto 12 do Anexo 2**). Neste compartimento, que marca a transição entre o relevo de baixos gradientes do Planalto dos Gerais e o relevo acidentado do compartimento cárstico, verifica-se a ocorrência de uma cobertura inconsolidada, com cor avermelhada e natureza silto-arenosa, originada pelo intemperismo das rochas sedimentares da Formação Urucuia. A característica mais marcante deste compartimento é o surgimento gradativo de feições cársticas entre a cobertura arenosa. Registra-se ainda a ocorrência de ravinas, associadas às zonas de ocorrência dos argilitos que marcam o topo do Grupo Bambuí na área, em função do escoamento superficial.
- 3- **Compartimento Carstificado**: unidade situada aproximadamente entre as cotas de 500 e 720 m desenvolvida sobre os calcários e dolomitos do Grupo Bambuí. Este compartimento é marcado por um relevo acidentado e ausência de uma rede de drenagem contínua do escoamento superficial, exibindo uma grande variedade de feições cársticas, como dolinas de abatimento, vales cársticos (vales gerados pelo abatimento do teto de cavernas), maciços fissurados (maciços carbonáticos com rocha exposta esculpida com caneluras de dissolução abertas ao longo de fraturas e planos de acamamento), torres ruiniformes, sumidouros, ressurgências e cavernas (**Foto 13 do Anexo 2**).

- 4- **Compartimento da Depressão do São Francisco**: com altitudes variando entre 420 e 500 m na planície, é marcado por um relevo com ondulações suaves que contorna morros testemunhos de rochas carbonáticas do Grupo Bambuí (**Foto 14 do Anexo 2**). A origem desta depressão é associada à dinâmica do rio São Francisco, que preencheu uma área rebaixada por abatimento tectônico, com depósitos coluvionares e aluvionares. Este compartimento representa a zona de descarga regional do aquífero cárstico. A presença de morros testemunhos dos calcários, imersos nos sedimentos da planície, constitui uma evidência do recuo da escarpa calcária no sentido Oeste através de erosão remontante.

A compartimentação do relevo permitiu a identificação dos locais e os processos de recarga dos aquíferos. No Compartimento do Planalto dos Gerais, a recarga do aquífero ocorre através de infiltração difusa, por precipitação, e também pelo transbordamento do rio Peruaçu (lagoas temporárias) nas zonas próximas ao leito no período úmido. O Compartimento da Zona de Transição é caracterizado pelo desaparecimento progressivo dos arenitos e o surgimento de feições cársticas. Neste compartimento, os arenitos são limitados dentro da zona não saturada, e favorecem a infiltração difusa até os calcários. No Compartimento Carstificado, os calcários são mais espessos e a recarga é difusa, através dos solos de alteração, e concentrada (sumidouros e dolinas). Na Depressão do São Francisco a recarga do aquífero pode ocorrer de duas formas, através da infiltração difusa das águas pluviais no período úmido, e também pela infiltração do rio Peruaçu nos sedimentos da planície, na época seca.

9.4. Hidrogeologia e Recursos Hídricos

O mapeamento de campo aliado à amostragem de águas superficiais e subterrâneas, medidas de condutividade nos pontos d'água (nascentes, sumidouros e poços), medição de vazão nos principais córregos, juntamente com a integração de dados disponíveis na literatura, permitiu a identificação das unidades hidrogeológicas existentes na área e a elaboração de um modelo hidrogeológico que será apresentado e discutido. O **Anexo 5** apresenta o Mapa Hidrogeológico elaborado para a área.

9.4.1. Características Hidrológicas da Bacia

A bacia hidrográfica do rio Peruaçu, inserida na margem esquerda do médio curso do rio São Francisco, apresenta um padrão essencialmente dendrítico e uma área de captação em planta de cerca de 1.474 Km². Moura (1997), utilizando dados obtidos na estação climatológica de Januária, obteve os seguintes valores: temperatura média anual da região de 24°C, evapotranspiração anual da ordem de 1300 mm, e recarga limitada aos meses de dezembro e janeiro, apresentando um excedente hídrico de 35 mm (volume disponível para infiltração). Entretanto, esta recarga deve ser maior nas áreas onde a cobertura de solo é pouco espessa ou ausente (carste desnudado).

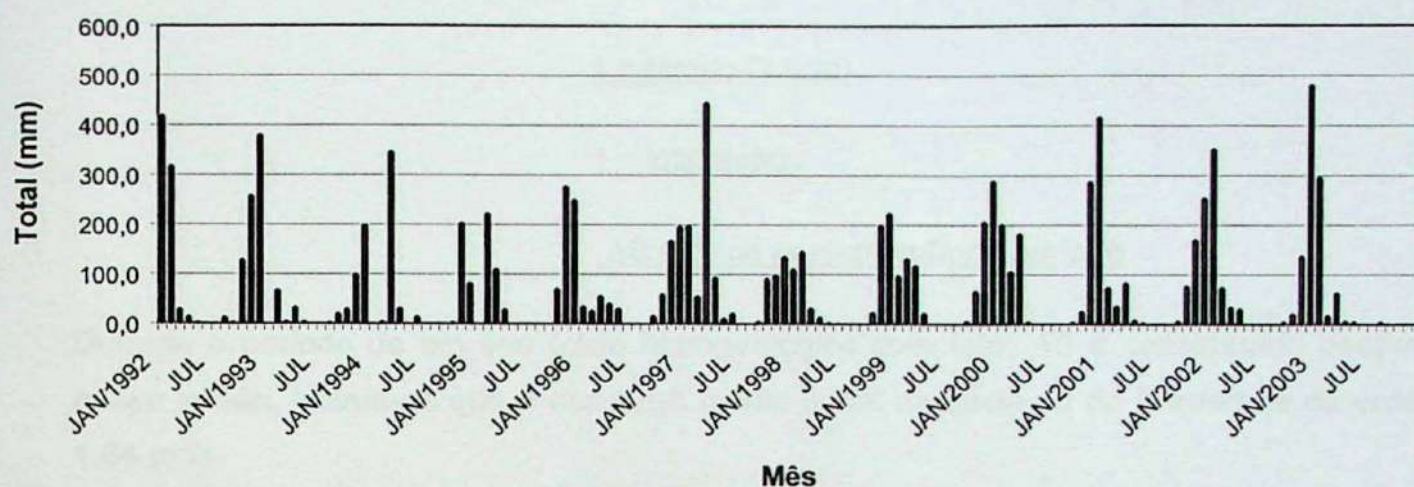
Observando-se os dados pluviométricos do período de janeiro de 1992 a setembro de 2003 (Tabela 9.4.1.1. e Figura 9.4.1.1.), provenientes do posto pluviométrico de Januária (INMET, 2003), nota-se que o período chuvoso corresponde aos meses de novembro a março e o período de estiagem de abril a outubro, segundo Moura (1997) a precipitação média anual da região é de 850 mm.

Tabela 9.4.1.1. Precipitação Total Mensal da Cidade de Januária/MG - janeiro/1992 a setembro/2003 (mm)

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL
1992	417,7	316,1	27,7	13,2	0,7	0,0	0,0	12,3	1,7	127,9	256,9	379,4	1553,6
1993	*	66,6	4,0	32,8	2,7	0,0	0,0	0,4	20,0	28,8	98,3	197,2	450,8
1994	*	4,0	345,7	30,1	0,0	13,4	0,0	0,0	0,0	1,1	201,8	80,1	676,2
1995	*	220,8	109,0	27,6	0,2	0,0	0,2	0,0	0,0	69,7	276,0	249,1	952,6
1996	34,5	25,1	54,8	39,9	28,5	*	0,0	0,0	15,2	59,8	167,2	194,9	619,9
1997	196,9	54,8	444,4	92,9	10,8	19,7	0,1	0,0	4,2	90,9	97,7	133,3	1145,7
1998	109,8	144,9	30,2	12,5	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	21,7	197,9	221,6	739,4
1999	95,7	130,2	117,7	20,7	0,1	0,0	0,0	0,0	5,1	65,7	205,1	287,1	927,4
2000	200,0	105,1	180,2	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,8	24,5	285,5	415,8	1217,9
2001	72,6	36,2	81,8	7,5	1,3	0,0	0,0	0,0	6,3	76,0	169,8	253,5	705,0
2002	351,5	72,5	34,0	28,8	0,2	0,0	0,2	0,0	4,1	19,5	136,7	480,7	1128,2
2003	294,6	16,7	62,6	5,3	4,0	0,0	0,0	3,3	0,0	*	*	*	386,5

* Sem Informação

Figura 9.4.1.1. Precipitação Total Mensal da Cidade de Januária - MG
Período Jan/1992 a Set/2003



Considerou-se as medidas pluviométricas desta estação aceitáveis, mas não ideais, visto que em função da distância do posto pluviométrico em relação à bacia monitorada, parte da chuva medida em Januária não necessariamente ocorreu sobre a bacia e vice-versa.

Utilizando-se os valores de evapotranspiração anual, recarga, precipitação média anual e infiltração (35 mm) obtidos por Moura (1997), o cálculo do balanço hídrico da área para o período de um ano pode ser expresso pela fórmula:

$$Q \cdot t/A = I + \Delta S$$

Onde: Q = descarga anual

A= Área da Bacia

t = tempo (1 ano)

I = infiltração

ΔS = água armazenada no período

Durante o período de um ano (ciclo hidrogeológico completo) ΔS é considerado desprezível. Assim sendo, estima-se que a descarga média anual da bacia do rio Peruaçu é da ordem de 1,64 m³/s.

Na **Tabela 9.4.1.2.** são apresentados os resultados e os dados utilizados para as estimativas de vazão no curso do rio Peruaçu no período úmido (abril), enquanto na **Tabela 9.4.1.3.** são apresentados os dados obtidos para o período seco. A localização em planta destas medidas e respectivos resultados podem ser visualizados no mapa hidrogeológico (vide **Figura 9.4.1.**).

A análise comparativa destes resultados de vazão, demonstra um comportamento bem diferenciado para ambos os períodos, ilustrando um comportamento sazonal para a vazão do rio, de maneira que as vazões medidas no período seco (agosto), em sua maioria, apresentam um valor 10 vezes menor do que os valores obtidos nos mesmos pontos para o período úmido (abril). Observa-se ainda que, apesar de pequenas variações locais, no período úmido as vazões apresentam uma tendência geral de aumento nas vazões de montante para jusante. No período seco, os valores obtidos não confirmam esta tendência, porém se apresentam mais elevados nas veredas do Compartimento do Planalto dos Gerais e no trecho da Caverna do Janelão, no Compartimento Carstificado.

Tabela 9.4.1.2. Medidas de Vazão no Rio Peruauçu (09, 10 e 11/Abril/2003)							
Ponto de Meio Físico	Toponímia	Coordenadas UTM		Altitude (m)	Velocidade da Água (m/s)	Área da Seção (m²)	Vazão (m³/s)
		X	Y				
17	Veredas do Peruauçu (Pivôs Abandonados)	546486	8348394	720	0.049	8.24	0.406
16	Bar Só Triscando	570849	8339927	714	0.157	5.77	0.909
14	Entrada da Caverna do Brejal	579402	8332067	700	0.342	2.27	0.777
15	Ressurgência da Caverna do Brejal	580529	8331889	-	0.321	2.14	0.688
8	Caminho da Caverna dos Desenhos	581587	8329171	585	0.658	1.56	1.027
9	Entrada da Caverna do Janelão	581660	8328774	-	0.272	7.28	1.982
10	Caverna do Janelão (Dolina dos Macacos)	581576	8327885	-	0.196	4.85	0.953
11	Ressurgência da Caverna do Janelão	581523	8326925	-	0.571	1.98	1.130
6	Casinha da LIASA	582395	8324893	553	0.481	2.78	1.337

- Sem Informação

Tabela 9.4.1.3. Medidas de Vazão no Rio Peruaçu (07, 08, 09 e 10 /Agosto/2003)

Ponto AER	Toponímia	Coordenadas UTM		Altitude (m)	Velocidade da Água (m/s)	Área da Seção (m²)	Vazão (m³/s)
		X	Y				
86	Nascente do rio Peruaçu	528933	8345578	740	0	-	0
81	Próximo à sede do IEF	541159	8350882	718	0,643	0,042	0,027
103	Ponte nas Veredas	559846	8344159	715	0,408	1,485	0,606
16	Bar Só Triscando	570849	8339927	714	0	-	0
14	Entrada da Caverna do Brejal	579402	8332067	700	0,220	0,328	0,072
15	Ressurgência da Caverna do Brejal	580529	8331889	-	0,361	0,1607	0,058
109	Caminho da Caverna dos Desenhos	581539	8329283	585	0,151	0,385	0,058
9	Entrada da Caverna do Janelão	581660	8328774	-	0,157	0,858	0,135
10	Caverna do Janelão (Dolina dos Macacos)	581576	8327885	-	0,053	1,928	0,103
11	Resurgência da Caverna do Janelão	581523	8326925	-	0,181	0,701	0,127
6	Casinha da LIASA	582395	8324893	553	0,038	1,69	0,064

- Sem Informação

9.4.2. Unidades Aquíferas

Foram reconhecidas 5 unidades hidrogeológicas para a bacia do rio Peruaçu associadas às litologias identificadas. Estas unidades apresentam características distintas em relação ao transporte, armazenamento e fluxo da água subterrânea, conforme apresentado a seguir:

Coberturas detríticas - representam os sedimentos heterogêneos inconsolidados associados aos depósitos coluvionares e aluvionares que ocorrem ao longo das drenagens e no Compartimento da Depressão do São Francisco (**Foto 15 do Anexo 2**). Apresentam natureza arenosa, com níveis siltosos e conglomeráticos e aparentemente uma boa porosidade e permeabilidade, constituindo boas unidades aquíferas. Nos povoados do Fabião I e II foi observado um conjunto de poços de abastecimento tubulares, que apresentam uma produtividade média de 75 l/s.

Arenitos Urucuia – representam os arenitos maciços com um nível basal siltooso e intercalações com níveis pouco espessos de arenito ferruginoso. De acordo com dados da literatura, somado a profundidade de alguns poços encontrados na área e com as demais observações de campo, estima-se que o pacote arenoso mais permeável deve apresentar uma espessura média de até cerca de 70 m, sendo que o nível siltooso basal apresenta uma ocorrência descontínua e restrita, constituindo uma camada semi-permeável a impermeável com até 2 m de espessura. Os sedimentos arenosos apresentam grande maturidade textural, com cor branca a rosada, grãos arredondados a sub-arredondados na fração areia média. A condutividade hidráulica estimada para esta unidade, de acordo com tabela de Freeze and Cherry (1979), é da ordem de 10^{-7} a 10^{-4} cm/s. Nos Compartimentos do Planalto dos Gerais e da Zona de Transição, a alteração deste arenito deu origem a um solo arenoso espesso e esbranquiçado. Já no compartimento da Zona de Transição o solo apresenta uma natureza silto-arenosa com cor avermelhada. Esta unidade dá origem a um aquífero raso, utilizado pela população local através de poços cacimba com até 21 m de profundidade.

Argilitos – representam o topo da seqüência carbonática do Grupo Bambuí, apresentando uma ocorrência muito restrita na área. Constitui uma camada impermeável que impede a infiltração das águas, favorecendo o escoamento superficial. No entanto, a sua ocorrência e espessura limitada permite a infiltração pontual das águas para as rochas carbonáticas abaixo.

Sequência Carbonática – representam os calcários e dolomitos carstificados do Grupo Bambuí. De acordo com as feições cársticas identificadas (cavernas, lapíás, torres de pedra, sumidouros, nascentes cársticas) e demais feições estruturais (fraturas, falhas e planos de acamamento) mapeadas em campo, constatou-se que esta unidade representa um aquífero relevante, estimando-se uma condutividade hidráulica da ordem de 10^{-4} a 2 cm/s, conforme tabela de Freeze and Cherry (1979). No Compartimento da Depressão do São Francisco e do Planalto dos Gerais, onde a sequência carbonática se apresenta encoberta pelas unidades mais recentes, a ocorrência de dolinas e uvalas indica a carstificação desta unidade em sub-superfície. Esta unidade apresenta uma espessura muito variável na área, uma vez que foram identificados altos do embasamento pré-Bambuí, bem como locais onde a erosão pode ter removido porções consideráveis deste pacote. As observações de campo, aliadas aos dados extraídos da literatura, permitem estimar uma espessura de pelo menos 100 m para esta unidade. Verificou-se que este pacote tende a diminuir sua espessura em direção a W-NW.

Embasamento cristalino (rochas granitóides) – representam as rochas graníticas e granodioríticas do embasamento pré-Bambuí, que afloram de maneira pontual na área mapeada. Nos pontos onde foram observados apresentam-se como blocos maciços, com fraturamento incipiente, de maneira que esta unidade apresenta uma baixa permeabilidade, representando um aquítarde. Contudo, foi observado um poço de abastecimento no Distrito de Várzea Grande com 80m de profundidade que, segundo informações dos moradores locais, foi perfurado no material de alteração desta unidade e chega a produzir uma vazão de 60 m³/h, o que deve ser associado a uma zona altamente fraturada desta unidade. De acordo com Freeze and Cherry (1979) as rochas ígneas fraturadas podem apresentar uma condutividade hidráulica variando de 10^{-6} a 10^{-2} cm/s.

As cabeceiras e o alto curso do rio Peruaçu estão situados sobre os arenitos Urucuia, no Compartimento do Planalto dos Gerais. Os arenitos da Formação Urucuia constituem um aquífero raso, de caráter livre, com recarga difusa através das precipitações pluviométricas. O rio Peruaçu e seus tributários representam a zona de descarga deste aquífero, de maneira que a saturação do aquífero e o afloramento do nível da água ao longo das calhas de drenagem dão origem às veredas (**Foto 16 do Anexo 2**). O siltito basal, juntamente com as rochas carbonáticas subjacentes, representam a base deste aquífero. Na área de ocorrência dos arenitos Urucuia, no Compartimento do Planalto do Gerais, ocorrem algumas feições cársticas localizadas, na forma de dolinas ou uvalas, que são resultantes da conexão da superfície dos

arenitos com condutos freáticos nas rochas carbonáticas sotopostas. Neste setor, o riacho da Forquilha representa um importante afluente da margem direita do rio.

Ainda no Compartimento do Planalto dos Gerais, sobre os sedimentos arenosos de alteração do arenito Urucua, verifica-se a ocorrência de um conjunto de lagoas com profundidades variando de 8 a 10 m de profundidade e diâmetros de até 160 m. Algumas delas, situadas próximas da sede do Parque Estadual Veredas do Peruaçu, apresentam um alinhamento na direção NW-SE, que é paralelo ao curso do rio Peruaçu, sugerindo que a sua gênese pode estar associada à presença de condutos subterrâneos desenvolvidos no aquífero cárstico interestratal subjacente aos arenitos.

Em seu médio curso, o rio Peruaçu está instalado no Compartimento Carstificado, desenvolvido sobre as rochas carbonáticas do Grupo Bambuí. Neste trecho o aquífero dominante é de condutos, condicionado pelo desenvolvimento de uma rede de condutos que se orienta preferencialmente ao longo das linhas de intersecção entre fraturas subverticais e a superfície ondulada da estratificação das rochas carbonáticas (**Fotos 17 e 18 do Anexo 2**). O embasamento cristalino representa a base deste aquífero.

Neste compartimento, a recarga do aquífero cárstico é concentrada em pontos de absorção do escoamento superficial (sumidouros) e difusa através do sistema de fraturas. A principal área de descarga é o rio Peruaçu (parcialmente subterrâneo), que representa o topo do nível d'água local. Segundo informações dos moradores locais, comprovadas nas observações de campo, neste trecho, o rio corta o seu curso no período seco, contudo, foi observada a ocorrência de um conjunto de nascentes que abastecem o rio, injetando um volume de água suficiente para recuperar a sua vazão.

No baixo curso, o rio Peruaçu passa a correr sobre depósitos detríticos coluvionares e aluvionares de idade Cenozóica que cobrem a planície da Depressão do São Francisco. Estes depósitos apresentam espessuras variáveis, exibindo uma natureza predominantemente arenosa, com níveis conglomeráticos, de maneira que o aquífero apresenta características mistas de aquífero poroso e/ou aquífero cárstico encoberto. As porções mais maciças e não carstificadas da rocha carbonática, juntamente com as zonas pouco fraturadas do embasamento cristalino representam o aquíclode (zona impermeável) regional e a base deste aquífero.

Nesta área a recarga ocorre de maneira difusa através de precipitações ou pontual através de nascentes. A descarga, nos períodos mais úmidos é direcionada para o rio Peruaçu e seus

tributários, ou diretamente para o rio São Francisco, mas no período seco o rio forma uma série de lagoas e se infiltra nos sedimentos arenosos colúvio-aluvionares, sem conseguir atingir o curso do rio São Francisco. Esta situação ilustra um regime sazonal, onde o rio Peruaçu apresenta um regime efluente no período mais úmido e um regime influente no período seco.

9.4.3. Hidroquímica

A **Tabela 9.4.3.1.** apresenta os resultados das análises químicas para as amostras de águas superficiais coletadas nas etapas de campo. Em síntese estes resultados apontam um incremento nas concentrações de Ca, Mg, Alcalinidade de Hidrogenocarbonato (HCO_3^-) e pH de montante para jusante. Com relação às variações sazonais (março - agosto), verifica-se uma tendência geral de diminuição nos teores de Cálcio, Magnésio e Nitrogênio Amoniacal no período mais seco (agosto). Por outro lado, os parâmetros Cloreto e Nitrato apresentam uma tendência de aumento neste mesmo período.

Em relação à presença de coliformes fecais, com exceção das amostras coletadas na Lagoa Bonita e Lagoa Formosa, onde estes parâmetros não foram analisados, todas as demais amostras apresentaram teores para este parâmetro, que inclusive aumentam de montante para jusante. Em relação às variações sazonais verifica-se um incremento elevado para o parâmetro Coliformes Fecais em todos os pontos analisados. Em alguns pontos este aumento chega a ser maior que 130 vezes. A Portaria nº1.469, do Ministério da Saúde, estabelece que em sistemas que analisam menos de 40 amostras por mês, este parâmetro poderá apresentar resultado positivo em apenas 1 amostra de 100 ml. Assim sendo, todas as amostras de água analisadas se apresentam fora dos padrões para consumo humano, conforme comparação dos resultados analíticos com a Portaria 1.469.

Comparando-se os resultados analíticos apresentados na **Tabela 9.4.3.1.** com os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 20, para águas de Classe 2, destinadas à recreação e contato primário, todas as amostras analisadas se apresentam dentro dos padrões estabelecidos nesta resolução, exceto as amostras coletadas nos Pontos 95 (Peruaçu-Foz), 53 (Balneário) e a amostra coletada em março/03 no Ponto 16 (Vargem Grande). No Ponto 95, a amostra se apresentou fora dos padrões para Oxigênio Dissolvido, Fe e Al. No Ponto 53, a

Tabela 9.4.3.1. Resultados das Análises das Águas Superficiais Coletadas na Área da Bacia Hidrográfica do Rio Peruáçu

PARÂMETROS/PONTOS	X	95	53	25	121	10	16	86	122	85
COORDENADAS	Y	595773 8322937	590706 8321393	581373 8323509	582369 8324898	581618 8327801	570819 8339170	528922 8345584	593668 8318108	530726 8354718
TOPONÍMIA		Peruáçu-foz	Balneário	Mãe Joana	Rezar	Janelão	Vargem Grande	Vereda	Bonita	Formosa
DATA/COLETA		24/03/03	Julho	27/03/03	23/03/03	23/03/03	27/03/03	26/03/03	30/03/03	26/03/03
HORA/COLETA		10:05	11:10	11:40	17:40	15:10	9:17	14:30	11:00	12:00
TEMPERATURA DO AR	°C	25	22	26	24	24	26	26	29	30
TEMPERATURA DA ÁGUA	°C	21	18	22	22	23	23	23	27	26
CONDUTIVIDADE ELÉTRICA	µS/cm	373	462	490	105	427	243	63,1	364	135
pH		7,7	7,7	7,9	8,2	8,2	7,5	6,2	7,8	8,6
OXIGÊNIO DISSOLVIDO	mg/L	2,0	1,0	6,8	8,0	8,0	3,4	6,8	9,4	8,0
TURBIDEZ	NTU	40,7	3,1	17	1,6	1,2	18	3,8	8,9	1,2
SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS	mg/L	46	<1,0	<1,0	2	2	2	1		1
SÓLIDOS SEDIMENTÁVEIS	mg/L	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,1	0,1		<0,1
SÓLIDOS TOTAIS	mg/L	295	259	230	72	287	154	58	76	184
DEMANDA QUÍMICA DO OXIGÊNIO	mg/L	29	12,8	<10	16	7	<10	<10	129	59
DEMANDA BIOQUÍMICA DO OXIGÊNIO	mg/L	<5,0	0,9	**	0,7	1,4	**	**		
COLIFORMES FECIAIS	NMP/100ml	123	2419,2	128	67	37	80	5	27,23	*
CLOROFILA a	µg/L	52,0	226	246	114	135	120	11	156	59
ALCALINIDADE DE BICARBONATO	mg/L CaCO ₃	18,80	30	277	38,70	38,70	33,90	2,39	2,22	22,69
CÁLCIO	mg/L	1,07	0,837		0,05	0,11	2,55	0,24	0,61	0,22
FERRO	mg/L	0,05	0,44		<0,20	<0,20	0,22	<0,02	<0,02	<0,02
MANGANÊS	mg/L	2,50	8,76		10,00	10,30	7,30	0,33	0,087	1,47
MAGNÉSIO	mg/L	1,80	<0,1		<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	0,27	<0,2
ALUMÍNIO	mg/L	3,9	12,4	7,3	6,8	6,8	4,4	4,4	11,3	5,7
CLORETO	mg/L Cl	9,8	19,3	8,0	3,1	3,6	8,5	6,2	35,1	4,4
SULFATO	mg/L SO ₄	0,160	<0,05	<0,100	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,230	<0,1
FOSFORO TOTAL	mg/L	0,24	0,58	0,28	0,60	0,60	<0,20	0,35	0,39	<0,2
NITRATO	mg/L	0,073	0,021	0,007	0,010	0,010	0,019	0,012	0,055	0,007
NITRITO	mg/L	0,564	0,13	0,619	0,322	0,284	0,527	0,177	0,416	0,072
NITROGÊNIO AMONIACAL	mg/L	0,8	<0,02	0,7	0,8	1,3	0,6	0,6	1,2	0,5
NITROGÊNIO TOTAL	mg/L									
SULFETO	mg/L									

Os espaços em branco indicam que a amostra não foi analisada

* Amostra insuficiente nível de detecção

** Perda de amostra

mostra se encontra fora dos padrões para Oxigênio Dissolvido e Fe. Já no Ponto 16, a amostra se apresentou fora dos padrões para os parâmetros Oxigênio Dissolvido e Fe. Neste último ponto registra-se, ainda, uma anomalia de Fe para a amostra coletada em agosto/03.

Com relação aos limites para Coliformes Fecais estabelecidos pelo CONAMA 20, observa-se que, com exceção do Ponto 16 (Vargem Grande), todas as demais amostras coletadas no período seco (agosto/03) apresentam condições **impróprias** para balneabilidade, extrapolando os limites estabelecidos nesta resolução.

Na **Tabela 9.4.3.2.** são apresentados os resultados das análises químicas efetuadas para as águas subterrâneas de algumas nascentes situadas no Vale dos Sonhos, dentro do Compartimento Carstificado, e de um poço de abastecimento situado na localidade de Fabião II. Nas nascentes amostradas verifica-se que os teores de cálcio são similares ao teores obtidos para as águas superficiais dentro do Compartimento Carstificado, entretanto, os teores de Magnésio e Alcalinidade de Bicarbonato tendem a ser mais elevados nas nascentes do que os teores verificados para as águas superficiais dentro deste compartimento. Esta situação aponta que as águas das nascentes se apresentam mais saturadas do que as águas superficiais, situação típica de águas subterrâneas com tempo de residência maior.

Os resultados analíticos da amostra coletada no poço de abastecimento situado no Bairro do Fabião II apresentam-se dentro dos limites estabelecidos pela Portaria nº1.469, contudo, comparando-se com os padrões estabelecidos pela resolução CONAMA 20/86, a amostra apresenta uma anomalia para o parâmetro Oxigênio Dissolvido. Apesar do valor elevado para a Condutividade Elétrica, medido na amostra coletada, observa-se que os valores de Cálcio, Magnésio e Alcalinidade de Bicarbonato são inferiores aos valores registrados nas nascentes.

9.4.3.1. Medidas de Condutividade

A **Tabela 1** do **Anexo 6** apresenta a localização, profundidade, nível d'água e Condutividade Elétrica para todos os poços encontrados na área. Estes dados demonstram que as águas subterrâneas do aquífero do arenito Urucuia apresentam Condutividades Elétricas variando entre 31,5 e 297 $\mu\text{S}/\text{cm}$, enquanto no cárstico as águas subterrâneas apresentam valores de

Tabela 9.4.3.2. Resultados das Análises das Águas Subterrâneas Coletadas na Área da Bacia Hidrográfica do Rio Peruaçu

PARÂMETROS/PONTOS		27	24	30	89
COORDENADAS	X	581095	581257	582540	587267
	Y	8322597	8323305	8324172	8322279
TOPONÍMIA		Nascente 1	Nascente 2	Nascente 3	Poço 13
DATA/COLETA		4/8/2003	4/8/2003	4/8/2003	4/8/2003
HORA/COLETA		08:40	09:15	10:00	11:10
TEMPERATURA DA ÁGUA	°C	25.5	23.5	23.1	26.5
CONDUTIVIDADE ELÉTRICA	µS/cm	547	643	559	856
OXIGÊNIO DISSOLVIDO	mg/L				4.5
SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS	mg/L				1
SÓLIDOS SEDIMENTÁVEIS	ml/L				<0,1
SÓLIDOS TOTAIS	mg/L				521
DEMANDA QUÍMICA DO OXIGÊNIO	mg/L				4.8
DEMANDA BIOQUÍMICA DO OXIGÊNIO	mg/L				0.7
COLIFORMES FECAIS	NMP/100ml				0
ALCALINIDADE DE BICARBONATO	mg/LCaCO ₃	286	368	317	216
CÁLCIO	mg/L	30	30	30	19.8
FERRO	mg/L				0.08
MANGANÊS	mg/L				<0,02
MAGNÉSIO	mg/L	5.2	22.32	15.12	6.93
ALUMÍNIO	mg/L				<0,2
CLORETO	mg/L Cl				50.4
FÓSFORO TOTAL	mg/L				<0,05
NITRATO	mg/L				0.8
NITRITO	mg/L				0.006
NITROGÊNIO AMONÍACAL	mg/L				0.14
SULFETO	mg/L				<0,02

Os espaços em branco indicam que a amostra não foi analisada

Condutividade Elétrica sempre superiores a 348 $\mu\text{S}/\text{cm}$, ilustrando a presença de íons em solução, decorrente da dissolução da rocha calcária. A água do poço instalado no granito alterado do embasamento, também apresentou um valor elevado para a Condutividade Elétrica (638 $\mu\text{S}/\text{cm}$).

A **Tabela 2** do **Anexo 6** apresenta a localização e valores obtidos para a Condutividade Elétrica nos sumidouros mapeados no campo, e a **Tabela 3** do **Anexo 6** apresenta uma listagem de todas as ressurgências e nascentes cársticas encontradas no campo, juntamente com os valores de Condutividade Elétrica. Os valores apresentados em ambas tabelas para este parâmetro confirmam a tendência observada nas águas superficiais, de maneira que os altos valores obtidos para a Condutividade Elétrica nas águas que drenam o Compartimento Carstificado, sejam elas subterrâneas ou superficiais, indicam a concentração maior de íons em solução, em função da dissolução da rocha carbonática.

9.4.4. Legislação Ambiental

Em 15 de setembro de 1965 foi decretada a Lei Federal Nº 4.771, que determina as Áreas de Preservação Permanente (APP) no entorno de rios e nascentes. De acordo com o Artigo 2º desta lei, consideram-se Áreas de Preservação Permanente as florestas e demais formas de vegetação natural situadas a uma distância de 30 metros ao longo dos rios ou de qualquer curso d'água com menos de 10 metros de largura, e de 50 metros para cursos d'água que tenham de 10 a 50 metros de largura. Nas nascentes, mesmo que intermitentes, e qualquer que seja sua posição topográfica, a área de preservação permanente é de 50 metros de largura.

Na bacia do rio Peruaçu foi identificado que o entorno dos cursos d'água não estão protegidos, já que as APP's em vários locais não estão sendo respeitados. Ao longo do rio, são verificados diversos trechos onde as construções avançam até as suas margens (Ex: Bar Só Triscando), além de áreas desmatadas para agricultura (localidade de Vargem Grande). Na comunidade Olhos D'água e no Vale dos Sonhos observaram-se nascentes cársticas perenes dentro de propriedades particulares, com barramentos e desvio do curso natural.

10. INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

10.1. Modelo Hidrogeológico Conceitual

A bacia do rio Peruaçu, é composta por 4 sistemas aquíferos, que se organizam de maneira superposta e integrada com as seguintes características:

Em situação topográfica mais elevada, abrigando as cabeceiras da bacia, domina um aquífero poroso (porosidade intergranular), homogêneo, isótropo e de recarga livre, correspondente aos arenitos Urucuia e seus produtos intempéricos. Com gradientes hidráulicos baixos a médios e uma espessura estimada de 50 a 70 m, possui linhas de fluxo das águas subterrâneas convergindo para o leito da principal drenagem (rio Peruaçu). O nível da água neste sistema é sub-aflorante nos vales e vertentes suavemente inclinadas, atingindo profundidades maiores, até cerca de uma dezena de metros, nos amplos interflúvios do Compartimento do Planalto dos Gerais.

O segundo sistema aquífero corresponde ao cárstico, associado às rochas carbonáticas do Bambuí. Trata-se de um aquífero heterogêneo e anisótropo, com alta porosidade secundária formada por uma rede de condutos integrados com um aquífero de fraturas. Sua espessura é estimada entre 50 m no setor Oeste e cerca de 200 m no setor Leste.

Este sistema possui dois compartimentos: o setor Oeste, abrangendo a área do Grupo Bambuí coberto pelos arenitos, tanto no Planalto dos Gerais como na Zona de Transição, onde o aquífero cárstico ocorre em ambiente interestratal (evidenciado pela ocorrência de dolinas e uvalas sobre os arenitos Urucuia), com características semi-confinadas e recarga difusa através dos arenitos subjacentes. Neste setor a rede de condutos se desenvolve em ambiente plenamente freático, sendo que a zona vadosa (acima do NA) é praticamente ausente, assim como não ocorrem ressurgências ou nascentes. As linhas de fluxo acompanham a rede de condutos com direção principal NW-SE (N30-40W) e as conexões secundárias, segundo NE-SW (N20-30E), com sentidos de fluxo convergindo para SE, conforme a interpretação do condicionamento estrutural do aquífero, apresentada anteriormente.

O sistema cárstico interestratal passa para a zona do aquífero cárstico livre no Compartimento Carstificado, aqui denominado de setor Leste, onde as rochas carbonáticas estão expostas, permitindo recarga meteórica direta do sistema. Esta transição é marcada por brusco aumento da zona vadosa, com entalhamento subterrâneo de *canyons* fluviais e ocorrência de nascentes cársticas nas proximidades do talvegue do rio Peruaçu. Apesar da zona vadosa desenvolvida, com testemunhos de antigos condutos freáticos, atualmente modificados por processos de colapso e entalhamento de córregos subterrâneos, como é observado ao longo das cavernas do Peruaçu, o aquífero neste setor mantém o padrão da rede de condutos freáticos em profundidades variáveis, desde alguns metros a dezenas de metros abaixo do NA, conforme a posição em relação ao afloramento do NA no curso do rio Peruaçu. Estes condutos provavelmente se estendem pela zona freática, além da escarpa de erosão remontante, nos calcários abaixo da cobertura detrítica da planície associada à Depressão do São Francisco, formando uma zona de descarga subterrânea difusa junto a calha do rio São Francisco. A incidência de dolinas nos materiais da cobertura sedimentar da planície evidenciam os processos cársticos ativos nos calcários subjacentes.

O terceiro sistema aquífero corresponde aos sedimentos coluvionares e aluvionares da planície do rio São Francisco, caracterizados por alta porosidade primária (predominância de areias), constituindo um aquífero homogêneo e isótropo, localmente anisótropo, junto a intercalações de material argiloso, o que condiciona trechos de aquíferos suspensos. Sua recarga é tanto direta por precipitação meteórica como por injeções subterrâneas de água descarregada diretamente do aquífero de condutos subjacente.

O quarto sistema corresponde ao aquífero fraturado associado às rochas granitóides (granitos e granodioritos) do embasamento cristalino, que ocorre abaixo das rochas carbonáticas e aflora localmente no vale do rio Peruaçu. Trata-se de um aquífero heterogêneo, pois nas zonas com baixa incidência de fraturas representa um aquífugo e nas zonas fraturadas, torna-se um aquífero com permeabilidade secundária alta, como é atestado pela presença de um poço produtivo nesta unidade (localidade de Vargem Grande, com 60m³/hora). Sua recarga é indireta e ocorre principalmente através do aquífero cárstico que cobre estas rochas em quase a totalidade da área da bacia do Peruaçu.

10.2. Recursos Hídricos

O balanço hídrico mostra uma vazão média anual da bacia do rio Peruaçu de $1,64 \text{ m}^3/\text{s}$ e um déficit nos meses de fevereiro a outubro. Comparando-se a vazão média anual da bacia com as medidas de vazão realizadas nos períodos úmido e seco, nota-se um desbalanceamento hídrico, ou seja, há uma tendência de falta de água no leito do rio Peruaçu em relação à recarga pluviométrica coletada pela área de captação da bacia.

O desbalanceamento hídrico acima leva a concluir que a área de descarga da bacia é maior do que a seção do leito do rio Peruaçu. No sentido de compensar esta área, uma parte das águas infiltradas é descarregada diretamente pelos aquíferos para a zona de descarga regional, representada pelo Compartimento da Depressão do rio São Francisco.

Segundo informações dos moradores, confirmado através da comparação das observações de campo e análise das imagens de satélite, registra-se um avanço da nascente do rio Peruaçu para jusante. Os moradores afirmam ainda que está havendo um rebaixamento do nível médio da água nas lagoas, e que a vazão do rio Peruaçu está diminuindo ao longo dos três últimos anos devido à falta de chuvas na região. No entanto, se observa no gráfico de precipitações totais mensais (vide **Figura 9.4.1.1.**) que o volume médio das chuvas está se mantendo ao longo dos anos, indicando não ser esta a principal razão da diminuição do volume do rio. Este fato pode estar relacionado a diversos fatores, como a captação de suas águas sem planejamento (**Foto 19** do **Anexo 2**), queimadas e desmatamento da floresta nativa, o que ocasionaria o assoreamento das suas margens. Soma-se ainda a estes processos antrópicos, as principais características das rochas cársticas, de hierarquização do fluxo de água, captura de sistemas fluviais de superfície e o desenvolvimento de drenagens subterrâneas.

Em relação à qualidade das águas superficiais utilizadas pela população da bacia do rio Peruaçu, os resultados mostraram-se fora dos padrões de referência nacionais (Portaria MS nº 1.469 e Resolução CONAMA 20) para consumo humano e balneabilidade. Nestas amostras, os teores de coliformes fecais (até 130 vezes acima do permitido) inclusive aumentam de montante para jusante. No entanto, as amostras analisadas de águas subterrâneas (nascentes e poço profundo) apresentaram-se com boa qualidade.

Os sistemas aquíferos da bacia do rio Peruaçu apresentam armazenamento e permeabilidade favoráveis para uma boa produtividade, as nascentes cársticas mostram vazões importantes mesmo no período seco e os poços de abastecimento parecem ficar com os níveis d'água

estáveis. O pequeno volume de água subterrânea utilizado para consumo dos moradores e para a agricultura, aliada à sua boa qualidade (filtram bactérias e outros vetores de endemias, ex: xistose), mostram que os aquíferos constituem recursos hídricos importantes, e podem ser mais utilizados. Entretanto, a fim de controlar a perfuração indiscriminada de poços na bacia do rio Peruaçu, é necessário um estudo quantitativo das reservas do aquífero, visando o manejo mais eficiente dos recursos hídricos.

A **Tabela 10.2.1.** apresenta uma síntese dos resultados obtidos neste estudo. Esta análise integrada, através da comparação entre litologias, aquíferos e geomorfologia, permite a visualização das susceptibilidades e potencialidades inerentes de cada compartimento.

11. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os trabalhos aqui desenvolvidos, sobre a área de amostragem da bacia hidrográfica do rio Peruaçu (1.474 Km²), permitiram obter uma visão geral, sob o ponto de vista hidrogeológico, das condições atuais de circulação das águas inseridas no quadro geológico e geomorfológico do Cráton do São Francisco.

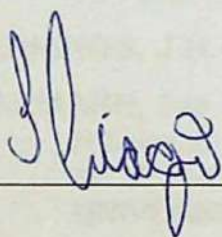
Os estudos permitiram compartimentar a bacia do Peruaçu em quatro sistemas aquíferos: o sistema correspondente aos arenitos Urucuia, o sistema cárstico associado às rochas carbonáticas do Bambuí, o sistema relacionado aos sedimentos da planície do rio São Francisco e o sistema associado às rochas granitóides do embasamento cristalino.

O sistema aquífero dominante na bacia do rio Peruaçu é o cárstico, com condutos desenvolvidos, o que torna a bacia, como um todo, vulnerável à contaminação decorrente da alta permeabilidade secundária deste sistema, onde a água subterrânea flui no interior de condutos facilitando a infiltração e limitando o retardamento e a degradação de contaminantes.

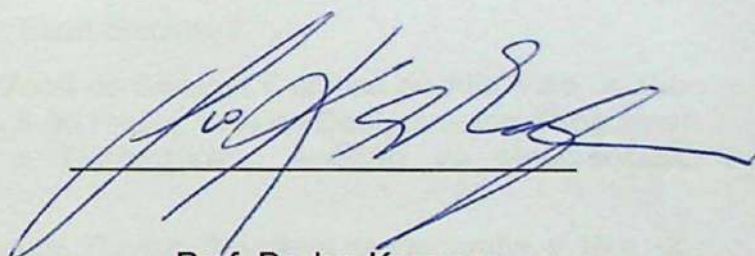
A área da APA Cavernas do Peruaçu, mostra-se como uma Unidade de Conservação de grande importância, uma vez que abriga locais de grande beleza natural (Cavernas, Veredas), sítios arqueológicos, além de constituir uma área de preservação de várias espécies da fauna e vegetais. Somado a isto, a área tem uma importância relevante no abastecimento hidrológico do rio São Francisco, reiterando a necessidade de sua preservação.

Tabela 10.2.1. Síntese dos Resultados Obtidos no Estudo Hidrogeológico e dos Recursos Hídricos da Bacia do Rio Peruauçu						
Unidade Litoestratigráfica	Litologia	Compartimento Geomorfológico	Relevo	Hidrogeologia	Susceptibilidades	Potencialidades
Coberturas Cenozóicas Indiferenciadas	Cascalheiras polimíticas com matriz areno-siltosa	Depressão do São Francisco	Planície com ondulações suaves e morros testemunhos.	Aquífero livre com boa permeabilidade e porosidade, sobrejacente a um aquífero cársico encoberto.	Necessidade de preservação das matas ciliares do rio São Francisco e seus afluentes.	Áreas favoráveis ao uso agropecuário, com menores restrições quanto ao risco geológico- geomorfológico.
Formação Unucua	Arenito, Siltito e Crostas Detrítico - Lateríticas.	Compartimento do Planalto dos Gerais	Aplainado com ondulações suaves, evoluindo para uma chapada a partir da cota de 800 m.	Aquífero raso de caráter livre com boa permeabilidade e porosidade	Presença de uma espessa cobertura arenosa inconsolidada suscetível a erosão e favorável à contaminação do aquífero raso.	Abundância de água superficial passível de utilização, mediante uso dimensionado e controlado.
		Compartimento da Zona de Transição	Aplainado com ocorrência de morros tabulares residuais e dolinas de subsidência.	Rocha com extensão localizada, sem importância para a hidrogeologia local	Nas áreas de ocorrência dos argilitos ocorre um incremento no escoamento superficial favorecendo a erosão do material inconsolidado de superfície e a formação de ravinaamentos. Também foi observado a instalação de dolinas de subsidência nas imediações do sítio arqueológico Guarapari.	Os locais de relevo aplainado com cobertura silteosa residual e ausência das camadas de argilitos são favoráveis à atividades agropecuárias mediante planejamento prévio, para minimizar os efeitos da erosão.
Grupo Bambuí	Argilito	Compartimento da Zona de Transição	Aplainado com ocorrência de morros tabulares residuais e dolinas de subsidência.	Rocha com baixa permeabilidade e extensão localizada provocando o escoamento superficial nas zonas de afloramento.		
		Compartimento Carstificado	Cársico acidentado.	Aquífero cársico bem desenvolvido.	Relevo acidentado e vulnerabilidade em relação à contaminação das águas subterrâneas	Aquífero apresenta armazenamento e permeabilidade favoráveis para uma boa produtividade.
Embasamento Cristalino	Granitos ou granodioritos	Compartimento Carstificado	Blocos de rocha com extensão localizada sem implicações na configuração da paisagem local.	Rocha pouco permeável, no entanto zonas fraturadas ou alteradas podem representar aquífero.	-	Um poço situado no Distrito de Várzea Grande apresenta uma vazão de 60 m³/h.

São Paulo, 12 de Novembro de 2003

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Thiago', written over a horizontal line.

Thiago D'Ambrosio Ferreira

A complex handwritten signature in blue ink, written over a horizontal line.

Prof. Dr. Ivo Karmann

12. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, F.F.M de – 1977. O Cráton do São Francisco. *Revista Brasileira de Geociências*, 7(4): 349-364.
- ALMEIDA, F.F.M. de & HASUI, Y. – 1984. *O Pré-Cambriano do Brasil*. Ed. Edgard Blücher Ltda., São Paulo, 378p.
- ALMEIDA, Antônio Modesto; UCHIGASAKI, Kotaro –2003. Mapeamento geológico em área dos municípios de Cônego Marinho e Januária – MG. Trabalho geológico de graduação, UFMG – Instituto de Geociências.
- BRAUN, O.P.G –1971. Contribuição à Geomorfologia do Brasil Central. *Revista Brasileira de Geografia*, 32(3):39, Rio de Janeiro
- COMPANHIA MINERADORA DE MINAS GERAIS - COMIG - 1994. *Nota explicativa dos mapas Geológico, Metalogenético e de Ocorrências Minerais do Estado de Minas Gerais - Escala 1:1.000.000*. Pedrosa-Soares, A. C.; Dardenne, M. A.; Hasui, Y; Castro, F. D. C.; Carvalho, M. V. A. Belo Horizonte. 97p.
- EUCLYDES, Humberto Paulo; FERREIRA, Paulo Afonso 2002. *Recursos hídricos e suporte tecnológico a projetos hidroagrícolas (HIDROTEC): Bacia do Alto São Francisco – Viçosa* : UFV; Belo Horizonte : RURALMINAS; Brasília : ANA, 2002.
- FORD, D.C. & WILLIAMS, P. –1989 – *Karst geomorphology and hydrogeology* . Unwin Hyman, London.
- GRUPO BAMBUÍ DE PESQUISAS ESPELEOLÓGICAS – GBPE; PROJETO FNMA/MMA – 1999. Levantamento Espeleológico da Área de Proteção Ambiental – APA – Cavernas do Peruaçu: Subsídios para o Plano de Manejo.
- JENNINGS, J.N.-1985 – *Karst geomorphology*. Basil Blackwell.
- KARMANN, Ivo – 1994. Evolução e Dinâmica Atual do Sistema Cárstico do Alto Vale do Rio Ribeira de Iguape, Sudeste do Estado de São Paulo, Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Geoquímica e Geotectônica, Instituto de Geociências, UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
- KING, L.C. –1956. A geomorfologia do Brasil Oriental. *Revista Brasileira de Geografia*, v.18,n -2.
- KOHLER, H.C.; PILÓ, L.B.; MOURA, M.T.T.-1989. *Aspectos Geomorfológicos do Sítio Arqueológico Lapa do Boquete: Januária/ MG*. Anais do 3º Congresso da ABEQUA. RJ.
- Lopes, Omar Ferreira –1981. Evolução paleogeográfica e estrutural da porção central da Bacia Bambuí, no norte do Estado de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Geociências* . V. 11, Número 2, Junho de 1981. p.115 -127.
- MOURA, Maria Teresa Teixeira -1997. A Evolução do Sítio Arqueológico Lapa do Boquete na Paisagem Cárstica do Vale do rio Peruaçu: Januária (MG); Dissertação para obtenção do título de Mestre em Geografia Física; Departamento de Geografia; Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas; UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO.
- MOREIRA, P. H. R., OLIVEIRA, N. A., 1998. *Diagnóstico dos aspectos físicos e sócio-econômicos “Parque Nacional do Peruaçu”*.
- PILÓ, Luís Beethoven –1989. A Morfologia Cárstica do baixo curso do rio Peruaçu, Januária, Itacarambi-MG,1989. Trabalho apresentado na disciplina Geografia Aplicada B, do curso de Geografia da UFMG.
- RADAMBRASIL –1982. *Folha SD. 23 Brasília; geologia geomorfologia, pedologia, vegetação e*

uso potencial da terra. Rio de Janeiro. Ministério das Minas e Energia. 660p.

ROBERTSON, Jacques F. –1963. Geology of the Lead-Zinc Deposits in the Município de Januária State of Minas Gerais Brazil. Contributions to Brazilian Geology – Nonferrous Metals.

Schobbenhaus, Carlos e Coelho, Carlos Eduardo Silva. –1988. Principais Depósitos Minerais do Brasil, volume III; Metais Básicos não-ferrosos, Ouro e Alumínio; **DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL.**

Schobbenhaus, Carlos; Campos, Diógenes de Almeida; Derze, Gilberto Ruy; Asmus, Haroldo Erwin. -1984. Geologia do Brasil; Texto explicativo do mapa geológico do Brasil e da área oceânica adjacente incluindo depósitos minerais, escala 1:2.500.000. Brasília, Departamento nacional da produção mineral, 1984.

Spix e Martius –1828. Viagem Pelo Brasil 1817 – 1820, volume II, EDIÇÕES MELHORAMENTOS, 3ª edição –1976.

ANEXO 1

Pontos Visitados na Área da Bacia Hidrográfica do Rio Peruaçu

Pontos Visitados na Área da Bacia Hidrográfica do Rio Peruaçu

PONTO	DESCRIÇÃO	COORDENADAS UTM	
		X	Y
1	Vale dos Sonhos	581549	8323866
2	Afloramento de Argilito à Beira da Estrada	582022	8337984
3	Mirante do Itacarambí	588538	8335589
4	Afloramento de Arenito com Vesículas	559073	8335639
5	Afloramento de Blocos em Ravina	558769	8336533
6	Casinha LIASA	582395	8324893
7	Boqueirão	581317	8325551
8	Caminho da Lapa dos Desenhos	581587	8329171
9	Entrada da Lapa do Janelão	581611	8328669
9 A	Seção Estrutural na Área da Dolina do Minotauro	581919	8328353
9 B	Seção Estrutural na Área da Dolina dos Macacos	581800	8328214
10	Dolina dos Macacos	581576	8327885
11	Saída da Lapa do Janelão	581372	8326638
12	Caverna dos Desenhos	582350	8329590
13	Lapa do Carlúcio	577944	8333293
14	Entrada da Lapa do Brejal	579402	8332067
15	Ressurgência da Caverna do Brejal	580529	8331889
16	Bar Só Triscando	570849	8339927
17	Pivôs Abandonados	546486	8348394
18	Lapa do Caboclo	-	-
19	Afloramento de Arenito na Estrada	547338	8335357
20	Afloramento das Couraças Ferruginosas	544419	8338393
21	Início da estrada Faz. Terra Brava - Fabião	579081	8327501
22	Boqueirão	581365	8325748
23	Entrada do Vale dos Sonhos	581930	8324886
24	Nascente cárstica no Vale dos Sonhos	581257	8323305
25	Tufa no Vale do Sonhos	581268	8323035
26	Caverna no Vale dos Sonhos	581234	8322865
27	Nascente cárstica no Vale dos Sonhos	581095	8322597

Pontos Visitados na Área da Bacia Hidrográfica do Rio Peruaçu

PONTO	DESCRIÇÃO	COORDENADAS UTM	
		X	Y
28	Torre no Vale dos Sonhos	581098	8322504
29	Pequena caverna no Vale dos Sonhos	581343	8323163
30	Nascente na estrada Faz. Terra Brava - Fabião (Próx. ao Vale dos Sonhos)	582540	8324172
31	Caverna Olhos d'água	589357	8328974
32	Mirante da Dolina dos Macacos	581606	8327857
33	Estrada para o sítio arqueológico Guarapari	582615	8327487
34	Estrada para o sítio arqueológico Guarapari	582825	8328025
35	Sítio arqueológico Guarapari	583081	8328101
35 A	Couça laterítica no sítio arqueológico Guarapari	583072	8328112
35 B	Argilite do Bambuí no sítio arqueológico Guarapari	583082	8328090
35 C	Dolina no sítio arqueológico Guarapari	583071	8328053
35 D	Blocos de arenito no sítio arqueológico Guarapari	583114	8328091
36	Sítio arqueológico Judas	584631	8327292
36 A	Argilite do Bambuí no sítio arqueológico Judas	584671	8327224
36 B	Barragem de água no sítio arqueológico Judas	584717	8326918
37	Argilite do Bambuí na estrada Vargem Grande - Mirante do Itacarambi	581966	8338060
38	Mineração de rocha carbonática em Brejo do Amparo	563118	8290126
39	Rocha do embasamento em Brejo do Amparo	562597	8289844
39 A	Afloramento de rocha carbonática próxima ao embasamento	562572	8289962
40	Rocha carbonática ruiforme no perfil do riacho Mocambo	572909	8319626
41	Blocos de arenito e couça laterítica no perfil do riacho Mocambo	573079	8319741
42	Perfil Faz. Terra Brava - Janelão	577883	8327994
43	Perfil Faz. Terra Brava - Janelão	578234	8328316
44	Perfil Faz. Terra Brava - Janelão	578539	8328677
45	Perfil Faz. Terra Brava - Janelão	578768	8328934
46	Trilha para Desenos	581696	8329385
47	Caverna Bonita	581589	8329648
48	Trilha Caverna Bonita - Caverna do Janelão	581498	8328891
49	Dobra tipo kink na estrada Faz. Terra Brava - Fabião	582865	8323502

Pontos Visitados na Área da Bacia Hidrográfica do Rio Peruaçu

PONTO	DESCRIÇÃO	COORDENADAS UTM	
		X	Y
50	Calhau na estrada Fabião - Itacarambí	585853	8322166
51	Início dos blocos abatidos do sumidouro da caverna do Brejal	579445	8332132
52	Caverna do Brejal	579916	8332212
53	Cachoeira (barragem no rio Peruaçu)	590706	8321393
54	Barranco na margem do rio São Francisco	593448	8315542
55	Estrada para as veredas	574839	8332999
56	Pequena colina na estrada para as veredas	574260	8334239
57	Estrada para as veredas	571265	8338536
58	Zona de contato entre o arenito Urucuia e rocha carbonática do bambuí	570209	8340979
59	Vereda no caminho para o parque do IEF	563526	8343799
60	Minério de Manganês à beira da estrada nas veredas	559909	8343514
61	Ponte sobre o rio Peruaçu nas Veredas	559832	8344152
62	Blocos de rocha carbonática no piso da estrada	559704	8343885
63	Morrote de arenito silicificado	556920	8345351
64	Dolina sobre o arenito	556804	8345580
65	Afloramento de rocha carbonática nas Veredas	553483	8346379
66	Poço na Comunidade de Pedras (residência do Sr. Manoel Moura)	567399	8343582
67	Poço na Comunidade de Pedras (residência do Sr. Geraldo)	568649	8342539
68	Rocha carbonática recém exposta	568534	8342372
69	Sumidouro do rio Peruaçu (residência do sr. Deusdêtio)	573276	8335701
70	Nascente cárstica na residência do sr. Jaime	572704	8336067
71	Poço na Comunidade do Araçá (mineração)	571835	8337439
72	Afloramento de rochas do embasamento na Comunidade Vargem Grande	571465	8339626
73	Poço na Comunidade Vargem Grande	571140	8340557
73 A	Afloramento de rochas do embasamento na Comunidade Vargem Grande	571181	8340593
74	Afloramento de rochas carbonáticas e do embasamento na Comunidade Vargem Grande	571266	8339760
75	Mineração de Manganês	571558	8337017
76	Poço na Comunidade Olhos D'Água (residência do sr. Dirço)	573398	8335440
76 A	Poço na Comunidade Olhos D'Água (residência do sr. Dirço)	573430	8335486

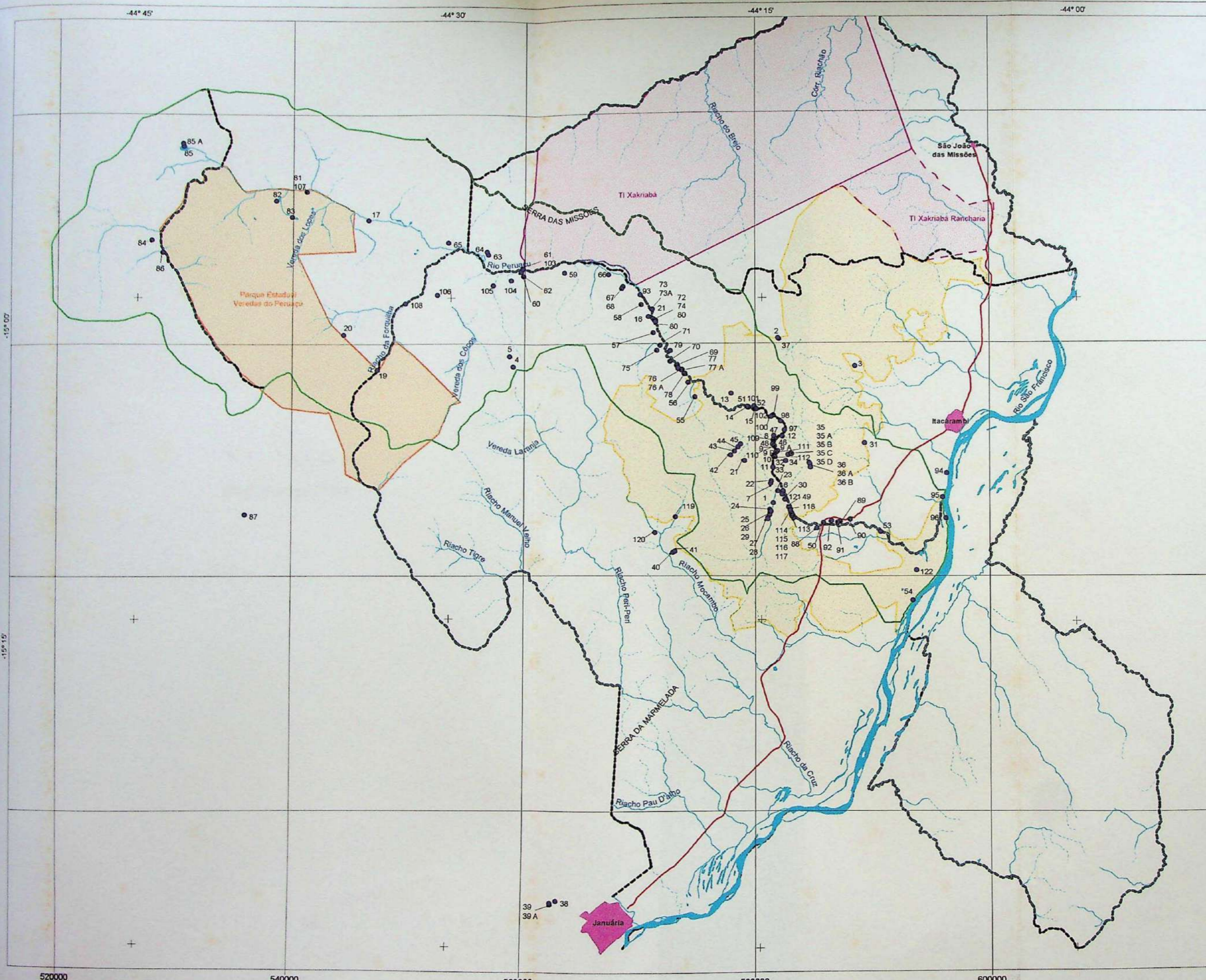
Pontos Visitados na Área da Bacia Hidrográfica do Rio Peruaçu

PONTO	DESCRIÇÃO	COORDENADAS UTM	
		X	Y
77	Poço na Comunidade Boa Esperança - Vargem Grande	573760	8335366
77 A	Nascente cárstica na Comunidade Boa Esperança - Vargem Grande	573691	8335295
78	Caverna na Comunidade Olhos D'Água (fazenda do sr. Edvaldo)	573926	8334972
79	Fazenda na Comunidade Vargem Grande	572726	8336969
80	Comunidade Vargem Grande (residência do sr. João Batista)	571462	8339467
81	Medida de vazão no rio Peruaçu, próximo à sede do IEF	541159	8350882
82	Lagoa Azul	538537	8350092
83	Poço na sede do IEF	539921	8348655
84	Poço na Comunidade do Buriti	527986	8346622
85	Lagoa Formosa	530629	8354813
85 A	Poço próximo à Lagoa Formosa	530592	8355081
86	Nascente do rio Peruaçu	528933	8345578
87	Afloramento de rocha do embasamento no Córrego dos Borrachudos	536039	8322872
88	Poço na sede do IBAMA	585275	8321702
89	Poço no Fabião 2	587267	8322279
90	Poço no Fabião 2	588103	8322447
91	Poço no Fabião 2	587053	8322202
92	Poço no Fabião 2, próximo ao Cemitério Vila Bonita	586522	8322311
93	Cava aberta no rio Peruaçu pelos moradores da Vargem Grande	570151	8341805
94	Medida de condutividade no rio São Francisco	596326	8326384
95	Foz do rio Peruaçu	595992	8324318
96	Medida de condutividade no rio São Francisco	596264	8322522
97	Medida de condutividade no rio Peruaçu (caminho para a caverna de Troncos)	582504	8330130
98	Caverna de Troncos	582260	8330877
99	Caverna de Cascudos	581434	8331569
100	Arco do André	581035	8331702
101	Medida de vazão no rio Peruaçu, antes dos blocos abatidos do sumidouro da caverna do Brejal	579350	8332150
102	Medida de vazão no rio Peruaçu, na ressurgência da caverna do Brejal	580529	8331889

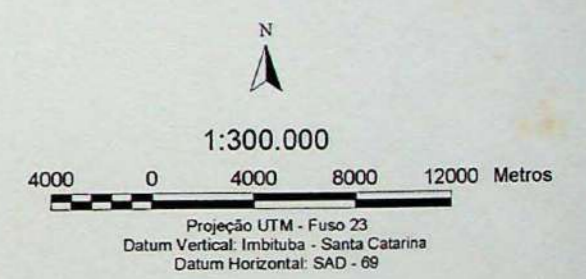
Pontos Visitados na Área da Bacia Hidrográfica do Rio Peruaçu

PONTO	DESCRIÇÃO	COORDENADAS UTM	
		X	Y
103	Medida de vazão no rio Peruaçu, na área das veredas	559846	8344159
104	Comunidade do Areião	558855	8343139
105	Poço na comunidade do Areião	557348	8342666
106	Poço na Fazenda J. Alves	552549	8341829
107	Medida de vazão no rio Peruaçu, próximo à sede do IEF	541153	8350883
108	Medida de condutividade no riacho da Forquilha	549754	8341130
109	Medida de vazão no rio Peruaçu, no caminho para a caverna dos Desenhos	581539	8329283
110	Medida de vazão no rio Peruaçu, no início da caverna do Janelão	581660	8328774
111	Medida de vazão no rio Peruaçu, na caverna do Janelão (Dolina dos Macacos)	581800	8328214
112	Parte escura da caverna do Janelão (150 m depois da Dolina dos Macacos)	581691	8327798
113	Estrada Fabião - Faz. Terra Brava	583286	8322570
114	Estrada Fabião - Faz. Terra Brava	583161	8322731
115	Estrada Fabião - Faz. Terra Brava	583135	8322792
116	Estrada Fabião - Faz. Terra Brava	583122	8322918
117	Estrada Fabião - Faz. Terra Brava	583048	8323085
118	Estrada Fabião - Faz. Terra Brava	583008	8323228
119	Poço na Fazenda Terra Brava	573150	8322672
120	Poço na divisa da fazenda do Ílton com a fazenda Terra Brava	571375	8321337
121	Rezar	582369	8324898
122	Lagoa Bonita	593668	8318108


- GPS não Funciona (Caverna)



- Pontos visitados
- Rios perenes
- - - Rios intermitentes
- Limites municipais
- Estrada pavimentada
- APA
- TI Xakriabá
- TI Xakriabá Rancharia
- PNCP
- PE Veredas do Peruaçu



Fonte:
- Base Cartográfica digitalizada a partir da Carta do Brasil, 1:100.000.
Ministério do Exército-DSG, 1970.

Apoio:
 CSD-GEOKLOCK
Geologia e Engenharia Ambiental Ltda.

Projeto
Estudo Hidrogeológico e dos Recursos Hídricos
da Bacia do Rio Peruaçu

Título
Mapa dos Pontos Visitados na Bacia Hidrográfica
do Rio Peruaçu

ANEXO 2
Documentação Fotográfica



Foto 1 – Coberturas Detríticas



Foto 2 – Tufas Carbonáticas



Foto 3 – Crostas Detrítico-Lateríticas

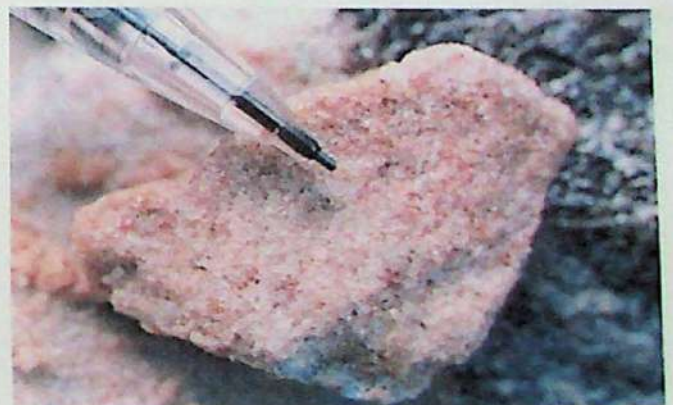


Foto 4 – Arenito Urucuia



Foto 5 – Siltito



Foto 6 – Brechas Intraformacionais

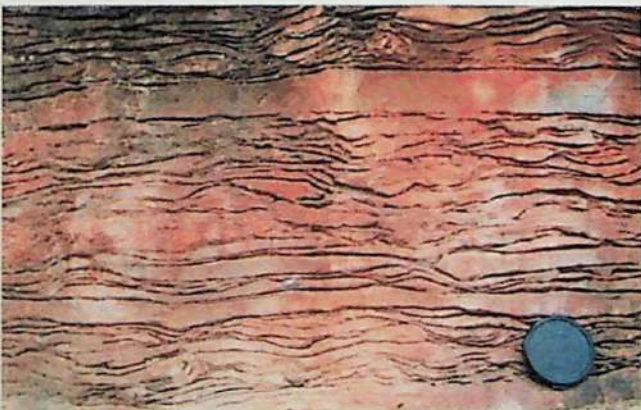


Foto 7 – Brechas Lamelares



**Foto 8 – Granitóide do Embasamento
Cristalino**

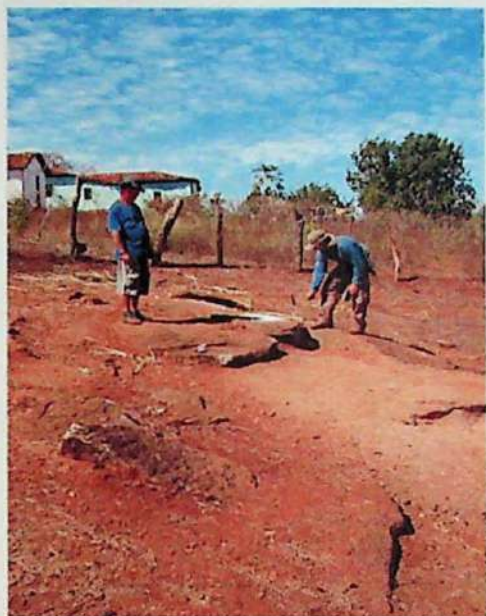


Foto 9 – Embasamento Cristalino
no Distrito de Várzea Grande



Foto 10 – Compartimento do Planalto dos Gerais



Foto 11 – Lagoa Azul, Compartimento
do Planalto dos Gerais



Foto 12 – Dolina no Compartimento da
Zona de Transição



Foto 13 – Compartimento Carstificado,
Caverna do Janelão



Foto 14 – Compartimento da Depressão
do São Francisco

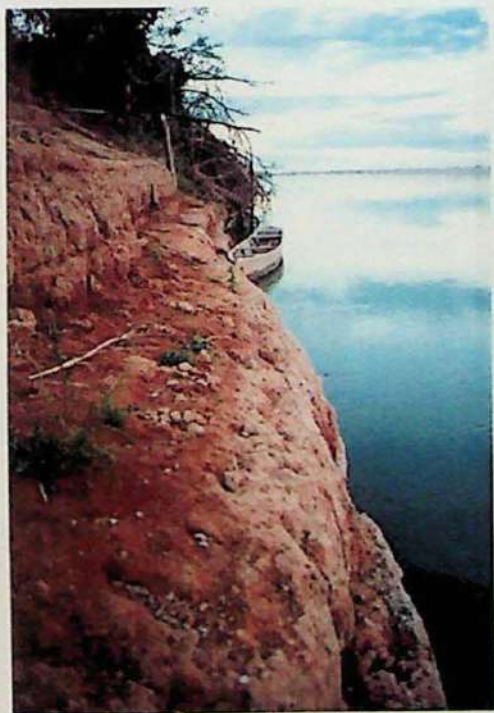


Foto 15 – Coberturas detriticas na margem
do rio São Francisco



Foto 16 - Veredas



Foto 17 – Testemunho de conduto freático com direção N30W desenvolvido na intersecção entre fratura e plano de estratificação, Gruta Olhos d'Água

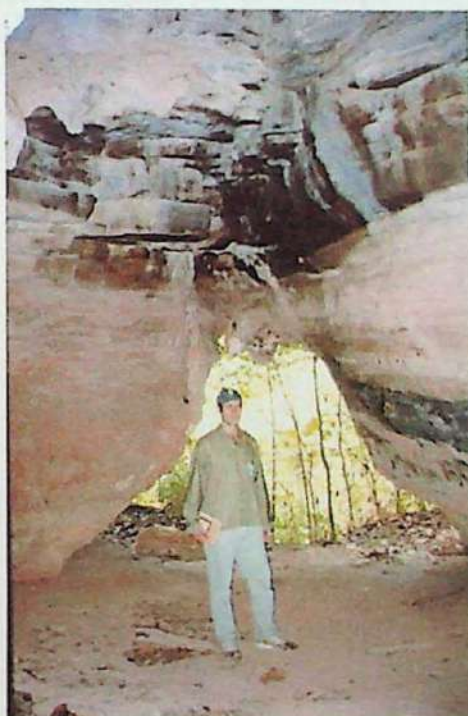
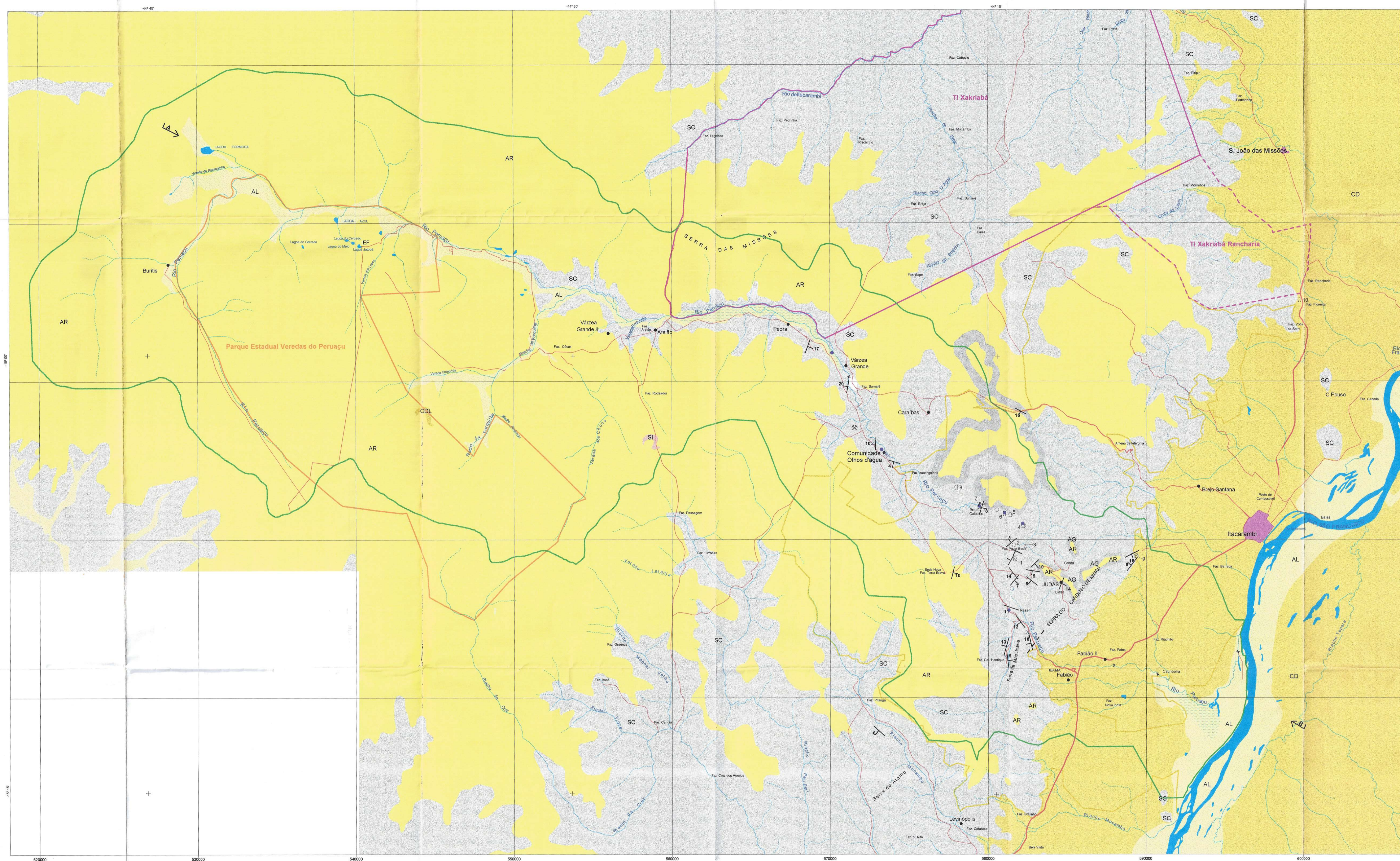


Foto 18 – Testemunho de conduto freático preservado em teto de caverna no Vale dos Sonhos, desenvolvido sobre plano de fratura e iniciado na intersecção entre fratura e estratificação.



Foto 19 – Captação de água no rio Peruaçu sem planejamento

ANEXO 3
Mapa Geológico

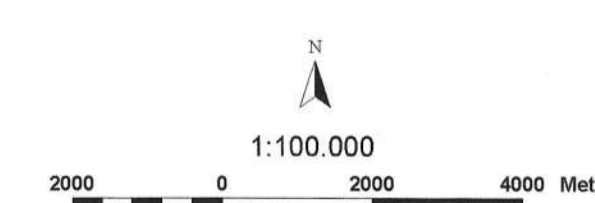


COLUNA ESTRATIGRÁFICA			
ERA	PERÍODO	UNIDADE ESTRATIGRÁFICA	LITOLOGIA
CENOZOICO	QUATERNÁRIO	-	ALUVIÕES RECENTES
	QUATERNÁRIO ATENCIONÁRIO	-	COBERTURAS DETRÍCTICAS TUFA CARBONÍFICA BRECHAS DE COLAPSO
MESOZOICO	CRITÁCIO	-	CRISTA DETRÍCTICA LATERÍTICA
		Fls. URUCUÁ	ARENITOS SLTITOS
PRÉ-CAMBRIANO	NEOPROTEROZOICO A ARCHAICO	GRUPO BANDEJÁ	ARGILITOS CALCÁRIOS E DOLOMITOS NO T
		INDIVISO	GRANÁDITOS

- Ω₁ Caverna do Janelão
- Ω₂ Caverna Bonita
- Ω₃ Caverna dos Desenhos
- Ω₄ Caverna dos Troncos
- Ω₅ Caverna de Cascudos
- Ω₆ Arco do André
- Ω₇ Caverna do Brejal
- Ω₈ Caverna do Carlúcio
- Ω₉ Caverna Olhos d'água
- Ω₁₀ Caverna Olhos do Bríoco

- × Nascente Cárstica
- Ressurgência
- Sumidouro
- 8/ Atitude de camada
- Falha normal

- Mineração Peruau
 Distritos
 Limites municipais
 Estrada pavimentada
 Estrada não pavimentada
 Rios perenes
 Rios intermitentes
 Terreno sujeito a inundação
- APA
 TI Xakriabá
 TI Xakriabá Rancharia
 PNCP
 PE Veredas do Peruau

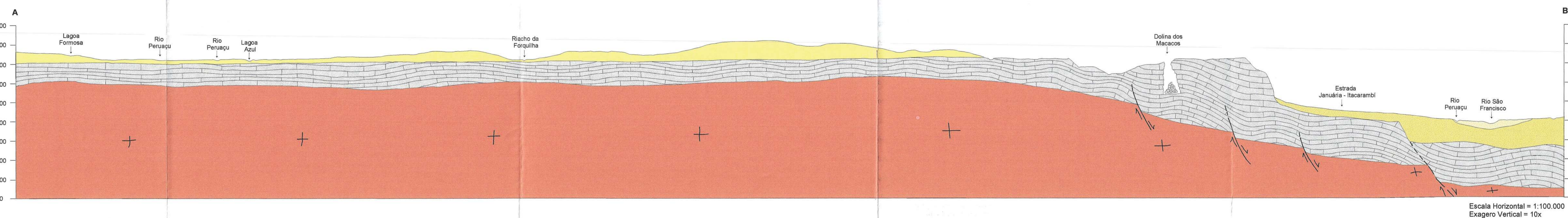


Fonte:
- Base Cartográfica digitalizada a partir da Carta do Brasil, 1:100.000
Ministério do Exército-DSG, 1970.

Projeto
Estudo Hidrogeológico e dos Recursos Hídricos
da Bacia do Rio Peruacu

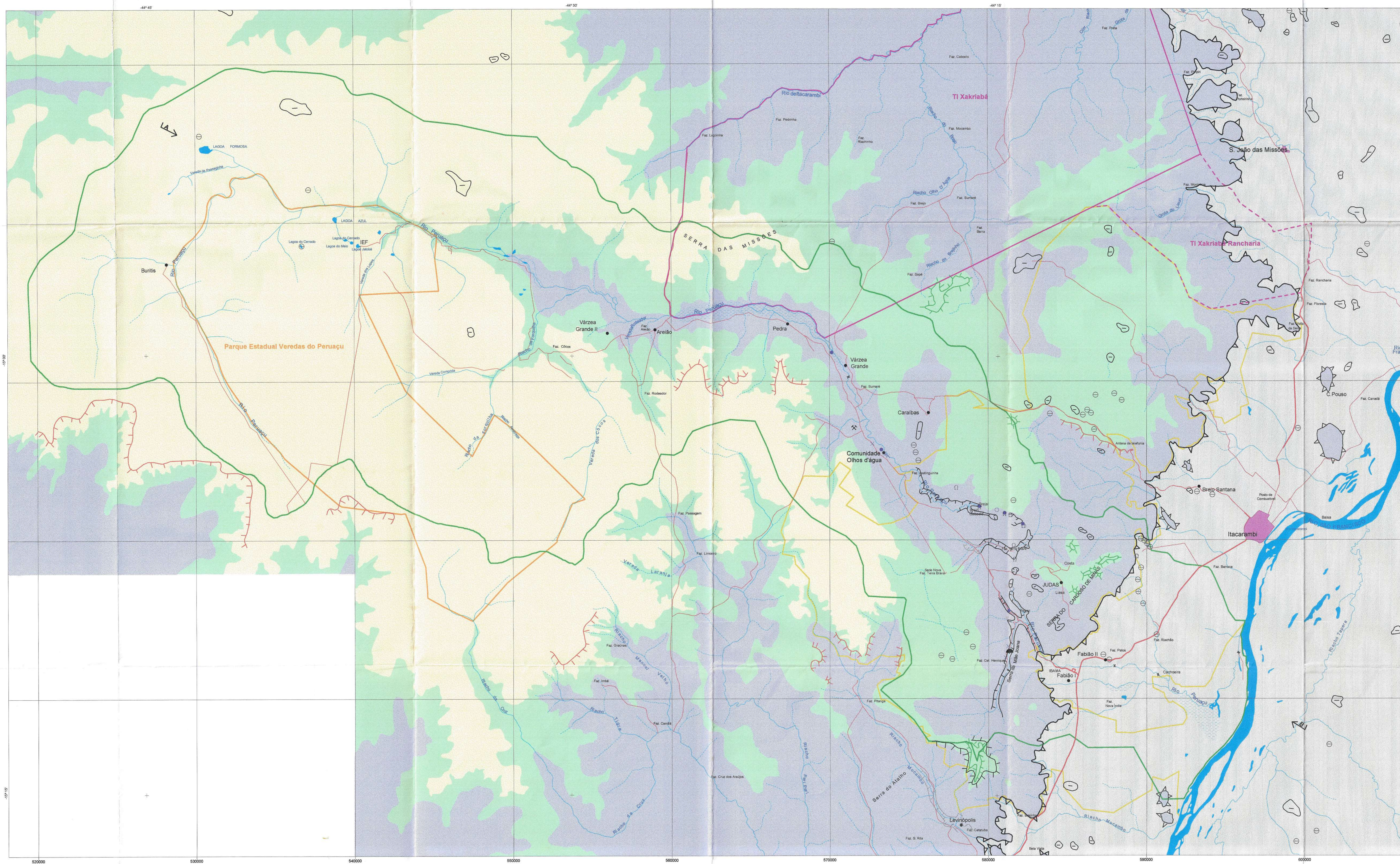
Mapa Geológico da Bacia Hidrográfica
do Rio Peruaçu - MG

November 2006



ANEXO 4

Mapa Geomorfológico



COLUNA ESTRATIGRÁFICA			
ERA	PERÍODO	UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA	LITOLOGIA
QUATERNÁRIO	QUATERNÁRIO	QUATERNÁRIO	ALUVIÕES RECENTES
			COBERTURAS DETRÍTICAS
			TUFA CARBONÍFICA
MESOZOICO	CRETÁCIO	Fm. URUCUBA	BRECHAS DE COLAPSO
			CROSTA DETRÍTICA LATERÍTICA
			ARENITOS
PRÉ-CAMBRIANO	NEOPROTEROZOICO	GRUPO BAMBUI	SILTITOS
			ARGILITOS
			CALCÁRIOS E DOLOMITOS NO TOPO
PRÉ-CAMBRIANO	NEOPROTEROZOICO	GRUPO BAMBUI	GRANITÓIDES

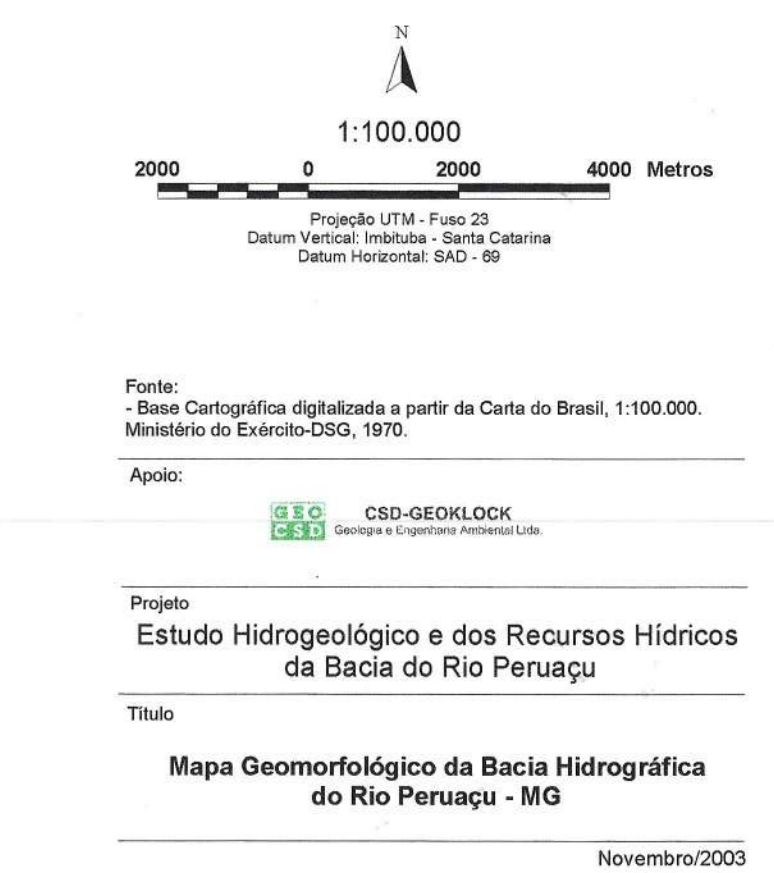
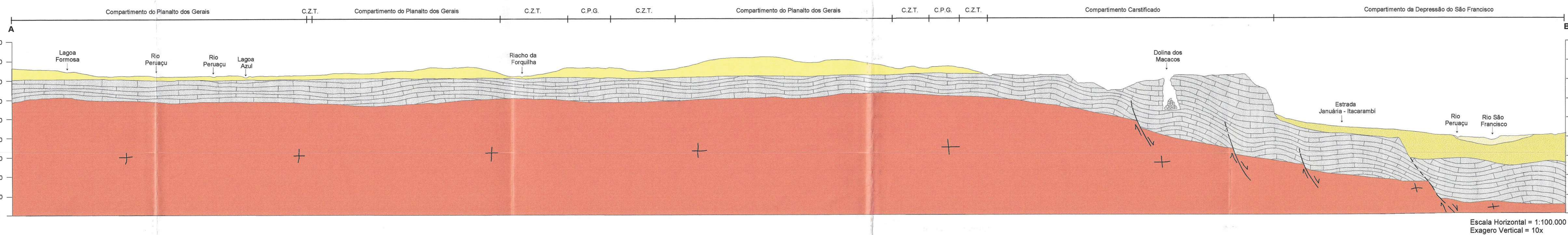
- 11 Caverna do Janelão
12 Caverna Bonita
13 Caverna dos Desenhos
14 Caverna dos Troncos
15 Caverna de Cascudos
16 Arco do André
17 Caverna do Brejal
18 Caverna do Carilício
19 Caverna Olhos d'água
20 Caverna Olhos do Briço

- Morfologias**
- Escarpa de Erosão Remotante
 - Vertente Escarpada de Vale Cársico
 - Vertente de Inclinação Média
 - Vertente de Inclinação Baixa
 - Dolina de Abatimento
 - Uvala
 - Dolina de Subsidência Lenta
 - Morro Testemunho de Calcário
 - Morro Tabular Residual
 - Nascente Cársica
 - Resurgência
 - Sumidouro

- Compartimentos Geomorfológicos**
- C.C. - Compartimento Carstificado
 - C.D.S.F. - Compartimento da Depressão do São Francisco
 - C.P.G. - Compartimento do Planalto dos Gerais
 - C.Z.T. - Compartimento da Zona de Transição

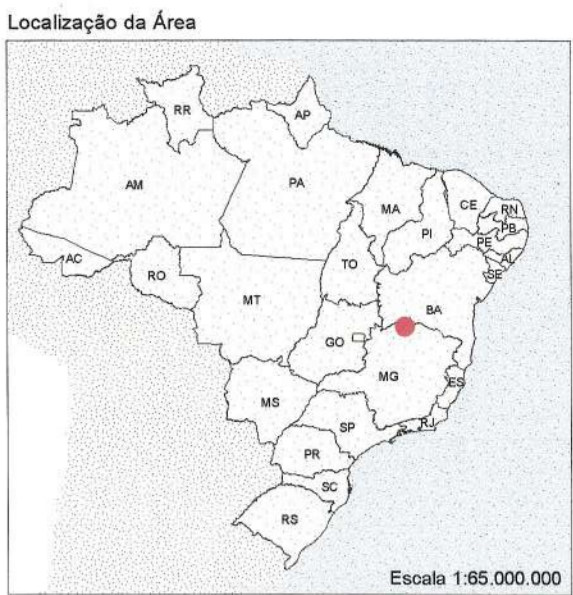
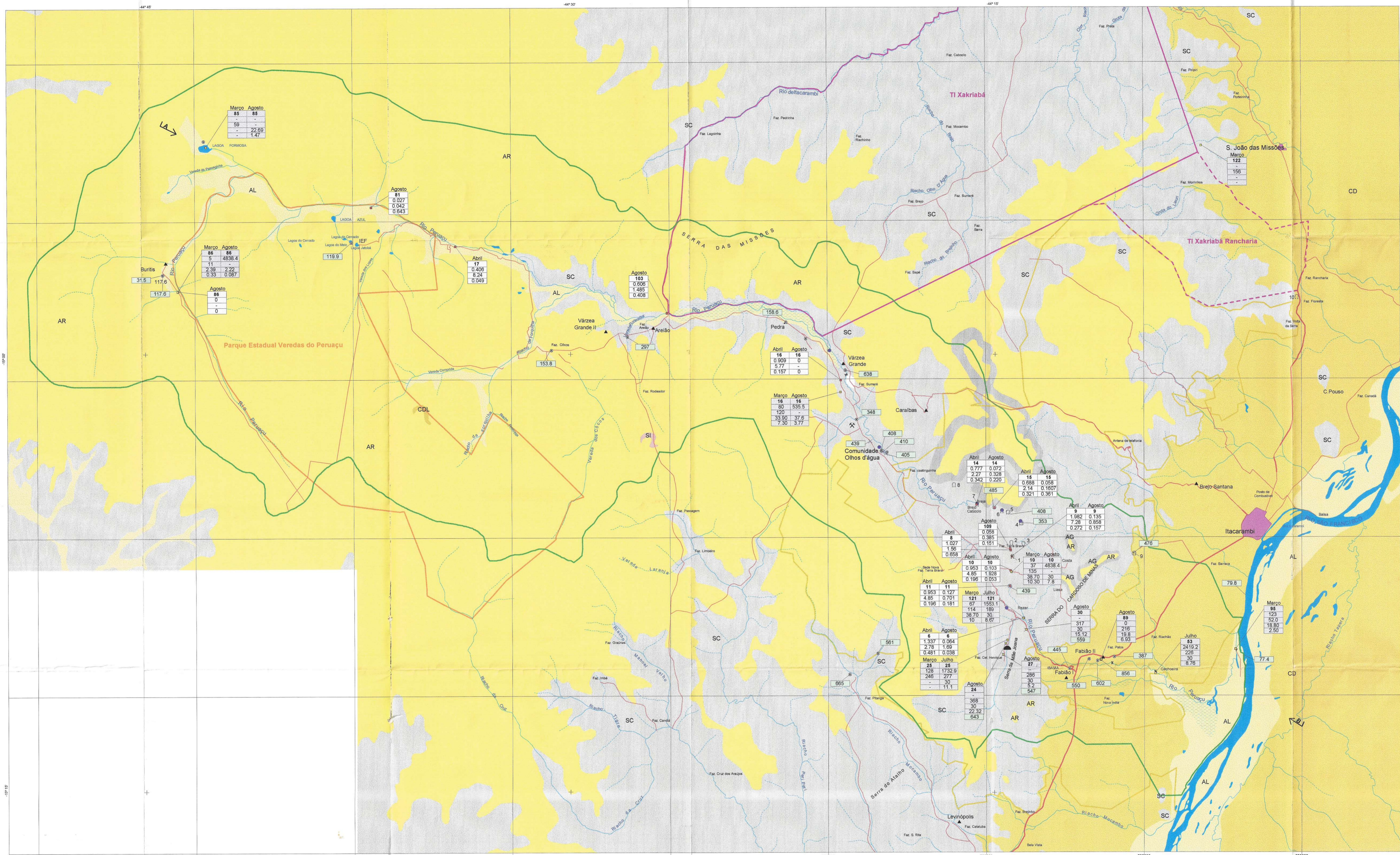
- Mineração Peruaçu**
- Distritos
 - Limites municipais
 - Estrada pavimentada
 - Estrada não pavimentada
 - Rios perenes
 - Rios intermitentes
 - Terreno sujeito a inundação

- APA
- TI Xakriabá
- TI Xakriabá Rancharia
- PNCP
- PE Veredas do Peruaçu



Projeto: Estudo Hidrogeológico e dos Recursos Hídricos da Bacia do Rio Peruaçu
Título: Mapa Geomorfológico da Bacia Hidrográfica do Rio Peruaçu - MG
Novembro/2003

ANEXO 5
Mapa Hidrogeológico

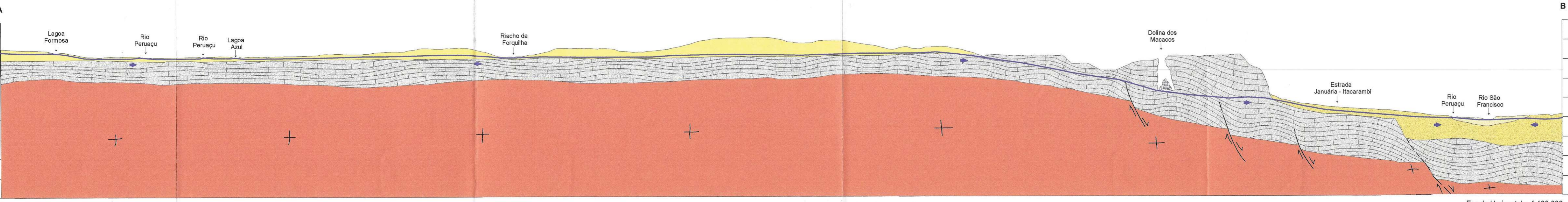


COLUNA ESTRATIGRAFICA			
ERA	PERIODO	UNIDADE LITOSTRATIGRAFICA	LITOLOGIA
CENozoico	QUATERNARIO	-	ALUVIOES RECENTES
	QUATERNARIO A TERCARIO	-	COBERTURAS DETRITICAS
	QUATERNARIO A TERCARIO	-	TUFA CARBONATICA
MESOZOICO	CRETACIO	-	BRECHAS DE COLAPSO
	CRETACIO	-	CHOCOS DETRITICA LATERITICA
PRE-CAMBRIANO	NEOPROTEROZOICO	GRUPO BAMBUI	ARENITOS
	NEOPROTEROZOICO A ARCHAICO	INOVISO	ARGILITOS
MESOZOICO A ARCHAICO	INOVISO	-	CALCAROS E DOLOMITOS DO TORO
	INOVISO	-	GRANITOES

Agosto	10	Ponto de Análise de Água
4838.4	10	Coliformes Fecais (NMP/100ml)
-	30	Alcalinidade de Bicarbonato (mg/LCaCO ₃)
35	30	Cálcio (mg/L)
7.8	30	Magnésio (mg/L)
Agosto	10	Ponto de Medição de Vazão
0.103	10	Vazão (m³/s)
1.628	10	Área de Seção (m²)
0.053	10	Velocidade da água (m/s)
31.5	10	Medida de condutividade (µS/cm)

- 11 Caverna do Janelão
- 12 Caverna Bonita
- 13 Caverna dos Desenhos
- 14 Caverna dos Troncos
- 15 Caverna de Cascudos
- 16 Arco do André
- 17 Caverna do Brejal
- 18 Caverna do Carlião
- 19 Caverna Olhos d'água
- 20 Caverna Olhos do Brilho
- X Nascente Cástica
- O Ressurgência
- Sumidouro
- Poço
- Medida de Vazão
- Análise de Água
- ➔ Direção do Fluxo D'água Subterrâneo
- Nível D'água

- ✱ Mineração Peruçu
- ▲ Distritos
- Limites municipais
- Estrada pavimentada
- Estrada não pavimentada
- Rios perenes
- Rios intermitentes
- Terreno sujeito a inundação
- APA
- TI Xakriabá
- TI Xakriabá Rancharia
- PNCP
- PE Veredas do Peruçu



Fonte: - Base Cartográfica digitalizada a partir de Carta do Brasil, 1:100.000. Ministério do Exército-DEG, 1970.

Apoi: - GEO - CSO-GEOLÓGICO

Projeto: Estudo Hidrogeológico e dos Recursos Hídricos da Bacia do Rio Peruçu

Título: Mapa Hidrogeológico da Bacia Hidrográfica do Rio Peruçu - MG

Novembro/2003

ANEXO 6

**Pontos d'Água Cadastrados e Medidas de Condutividade na Área da Bacia Hidrográfica
do Rio Peruaçu**

Tabela 1 - Características dos Poços Visitados na Área da bacia Hidrográfica do Rio Peruaçu										
Poço	Tipo	Localização	Coordenadas		N.E. (m)	N.D. (m)	Profundidade (m)	Condutividade (µS/cm)	Aquífero	Observações
POÇO 1	Cacimba	Comunidade de Pedras	567399	8343582	10.15	-	11.00	158.6	Arenito	-
POÇO 2	Cacimba	Comunidade de Pedras	568649	8342539	Seco	-	21.00	-	Arenito	-
POÇO 3	Tubular	Comunidade do Araçá	571835	8337439	9.00	12.00	60.00 *	348	Arenito e Calcáreo	Vazão = 13.600 L/h *
POÇO 4	Tubular	Comunidade da Várzea Grande	571140	8340557	4.77	-	80.00 *	638	Granito Alterado	Vazão = 60.000 L/h *
POÇO 5	Tubular	Comunidade Olhos D'Água	573398	8335440	-	-	90.00 *	408	Calcáreo	Vazão = 26.000 L/h *
POÇO 6	Tubular	Comunidade Olhos D'Água	573430	8335486	2.67	-	6.00	-	Calcáreo	-
POÇO 7	Tubular	Comunidade Boa Esperança	573760	8335366	3.45	-	-	-	-	-
POÇO 8	Cacimba	Parque IEF	539921	8348655	6.73	-	-	119.9	Arenito	-
POÇO 9	Cacimba	Comunidade do Buriti	527986	8346622	13.4	-	-	31.5	Arenito	-
POÇO 10	Cacimba	Comunidade do Buriti	527983	8346625	12.68	-	-	117.6	Arenito	-
POÇO 11	Cacimba	Parque IEF	530592	8355081	Seco	-	8.40	-	Arenito	120 m da Lagoa Azul
POÇO 12	Tubular	Sede do IBAMA	585275	8321702	2.47	-	-	445	Calcáreo	-
POÇO 13	Tubular	Fabião 2	587267	8322279	-	-	96.00 *	856	Aluviões e Calcáreo	Coletada Amostra
POÇO 14	Tubular	Fabião 2	588103	8322447	-	-	-	387	Calcáreo	-
POÇO 15	Tubular	Fabião 2	587053	8322202	-	-	70.00 *	602	Aluviões	-
POÇO 16	Tubular	Fabião 2	586522	8322311	-	25.3	46.00 *	550	Aluviões e Calcáreo	Vazão = 4.500 L/h *
POÇO 17	Tubular	Comunidade do Areião	557348	8342666	-	-	48.00 *	297	Arenitos	-
POÇO 18	Cacimba	Fazenda J. Alves	552549	8341829	8.03	-	-	153.8	Arenitos	-
POÇO 19	Tubular	Fazenda Terra Brava	573150	8322672	-	-	70.00 *	561	Calcáreo	-
POÇO 20	Tubular	Fazenda Terra Brava	571375	8321337	-	-	62.00 *	665	Calcáreo	-

- Sem Informação

* Dados Fornecidos por Moradores Locais

Tabela 2 - Características dos Sumidouros Visitados na Área da Bacia Hidrográfica do Rio Peruauçu						
Sumidouro	Coordenadas		Condutividade ($\mu\text{S/cm}$)	Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	Localização	
	x	y				
Sumidouro 1	570151	8341805	-	-	Vargem Grande	
Sumidouro 2	573276	8335701	439	22	Comunidade Olhos D'Água (Residência do Sr. Deusdêtio)	
Sumidouro 3	579402	8332067	476	18.5	Caverna do Brejal	
Sumidouro 4	581035	8331702	485	18.6	Arco do André	
Sumidouro 5	582215	8331028	-	-	Caverna de Troncos	
Sumidouro 6	581317	8325551	475	20.6	Caverna do Janelão	

- Não Medido

Tabela 3 - Características das Nascentes e Ressurgências Cársticas na Área da Bacia Hidrográfica do Rio Peruauçu					
Tipo	Coordenadas		Condutividade	Temperatura	Localização
	x	y	(µS)	(°C)	
Nascente 1	581099	8322597	547	25.4	Vale dos Sonhos
Nascente 2	581257	8323305	643	23.5	Vale dos Sonhos
Nascente 3	582539	8324159	559	23.1	Estrada Terra Brava - Fabião (Próx. ao Vale dos Sonhos)
Ressurgência com Caverna 1	589357	8328974	476	18.9 *	Gruta Olhos d'água
Nascente 4	572704	8336067	430	25	Comunidade Olhos D'Água (Propriedade do Sr. Jaime)
Nascente 5	573474	8335469	410	25	Comunidade Olhos D'Água (Propriedade do Sr. Dirço)
Nascente 6	573503	8335373	405	24.4	Comunidade Olhos D'Água (Propriedade do Sr. Dirço)
Nascente 7	573691	8335295	405	25.4	Comunidade Boa Esperança - Vargem Grande
Ressurgência com Caverna 2	580529	8331889	485	18.6	Ressurgência da Caverna do Brejal
Ressurgência com Caverna 3	581434	8331569	408	19.2	Ressurgência da Caverna Cascudos
Ressurgência com Caverna 4	582260	8330877	353	22.1	Ressurgência da Caverna dos Troncos
Ressurgência com Caverna 5	581523	8326925	439	19.7	Ressurgência da Caverna do Janelão

* Temperatura Indicativa (Medida Realizada Distante da Fonte)

