



LEVANTAMENTO DE INFORMAÇÕES PARA  
SUBSIDIAR O ESTUDO DE VIABILIDADE DO  
APROVEITAMENTO HIDRELÉTRICO (AHE)  
DO RIO MADEIRA

PROJETO RIO MADEIRA

AHE SANTO ANTÔNIO  
RELATÓRIO FINAL

GEOLOGIA  
RECURSOS MINERAIS  
GEOMORFOLOGIA  
HIDROGEOLOGIA

CONVÊNIO Nº 15.002  
CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL  
FURNAS CENTRAIS ELÉTRICAS S/A

# MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

## SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

<b>Ministro de Minas e Energia</b>	Silas Rondeau Cavalcante Silva
<b>Secretário de Geologia, Mineração e Transformação Mineral</b>	Cláudio Scliar

### COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS

<b>Diretor - Presidente</b>	Agamenon Sérgio Lucas Dantas
<b>Diretor de Geologia e Recursos Minerais</b>	Manoel Barretto da Rocha Neto
<b>Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial</b>	José Mendes Ribeiro
<b>Chefe da Residência de Porto Velho</b>	Luiz Antônio da Costa Pereira

### PROJETO RIO MADEIRA

<b>Coordenação Técnica</b>	Gilmar José Rizzotto
<b>Responsável Técnico</b>	José Guilherme Ferreira de Oliveira

### EQUIPE EXECUTORA

<b>Geologia</b>	Gilmar José Rizzotto, José Guilherme Ferreira de Oliveira, Marcos Luiz do Espírito Santo Quadros e João Marcelo Rodrigues de Castro
<b>Recursos Minerais</b>	Antônio Cordeiro, Gilmar José Rizzotto e Marcos Luiz do Espírito Santo Quadros
<b>Geomorfologia</b>	Amílcar Adamy e Marcelo Eduardo Dantas
<b>Hidrogeologia</b>	Homero Reis de Melo Junior
<b>Geoprocessamento</b>	Marcos Luiz do Espírito Santo Quadros

### CRÉDITO DE AUTORIA

<b>Capítulo 1</b>	Gilmar José Rizzotto, José Guilherme Ferreira de Oliveira, Marcos Luiz do Espírito Santo Quadros, João Marcelo Rodrigues de Castro e Antônio Cordeiro.
<b>Capítulo 2</b>	Amílcar Adamy e Marcelo Eduardo Dantas
<b>Capítulo 3</b>	Homero Reis de Melo Junior
<b>Capa e Editoração Eletrônica</b>	Alclemar Lopes Noé

**LEVANTAMENTO DE INFORMAÇÕES PARA SUBSIDIAR O  
ESTUDO DE VIABILIDADE DO APROVEITAMENTO  
HIDRELÉTRICO (AHE) DO RIO MADEIRA**

**APROVEITAMENTO HIDRELÉTRICO DE SANTO ANTÔNIO  
(AHE) – SANTO ANTÔNIO**

**CAPITULO I – GEOLOGIA, RECURSOS MINERAIS E  
ATIVIDADE GARIMPEIRA**

**CAPITULO II – GEOMORFOLOGIA**

**CAPITULO III – HIDROGEOLOGIA**

## LEVANTAMENTO DE INFORMAÇÕES PARA SUBSIDIAR O ESTUDO DE VIABILIDADE DO APROVEITAMENTO HIDRELÉTRICO (AHE) DO RIO MADEIRA

*Executado pela CPRM – Serviço Geológico do Brasil  
Residência de Porto Velho*

R627p

RIZZOTTO, G.J.

Projeto Rio Madeira. Levantamento de informações para subsidiar o estudo de viabilidade do aproveitamento hidrelétrico (AHE) do Rio Madeira. AHE Santo Antônio: relatório final / Coordenado por Gilmar José Rizzotto e José Guilherme Ferreira de Oliveira, organizado por Marcos Luiz E. S. Quadros, João Marcelo R. de Castro, Antônio Cordeiro, Amílcar Adamy, Homero Reis de Melo Junior e Marcelo Eduardo Dantas – Porto Velho: CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 2005.

235p.; il.; tab.; mapas.

Executado pela CPRM – Serviço Geológico do Brasil.  
Residência de Porto Velho.

1. Geologia Regional - Rondônia. 2. Hidrogeologia. 3. Geomorfologia. 4. Recursos Minerais. I. CPRM – Serviço Geológico do Brasil. II. Furnas Centrais Elétricas. III. Título.

CDD 333.7098175

## APRESENTAÇÃO

O presente relatório tem o objetivo precípua de cumprir o que preceitua o Convênio nº 15.002 de 2004, firmado entre FURNAS CENTRAIS ELÉTRICAS S.A. e a COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS - CPRM, cujo objeto é a realização do levantamento de informações geológicas e de recursos minerais, geomorfológicas e hidrogeológicas, visando subsidiar o Estudo de Viabilidade dos Aproveitamentos Hidrelétricos de Jirau e Santo Antônio, os quais abrangem as áreas de Influência Indireta (AII) e Direta (AID) dos referidos empreendimentos, localizados no rio Madeira, à montante da cidade de Porto Velho-Rondônia.

Os resultados deste relatório final, foram construídos a partir da integração de dados obtidos pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM), realizados desde a década de setenta, juntamente com os dados obtidos durante etapas de campo desenvolvidas nos meses de setembro a novembro de 2004, que resultaram no Relatório Parcial de dezembro/2004, e em maio a julho de 2005 (Relatório de Progresso de julho/2005), assim como com os resultados de análises de laboratórios (Petrografia, Geoquímica de rocha e Geocronologia), já como parte do convênio em epígrafe.

O relatório abrange três capítulos temáticos, assim distribuídos: Capítulo I - Geologia, Recursos Minerais, Atividade Garimpeira e Direitos Minerários; Capítulo II - Geomorfologia e Capítulo III - Hidrogeologia.

Os trabalhos resultaram na elaboração de relatórios, mapas digitais em PDF e em ambiente SIG, que são apresentados em três CD's ROM que acompanham este relatório como anexos.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	9
2. METODOLOGIA.....	10
2.1. Aquisição de Documentação Técnica.....	11
2.2. Compilação e Análise Bibliográfica.....	11
2.3. Levantamentos de Campo.....	13
2.4. Geologia Estrutural.....	14
2.5. Geoquímica.....	15
2.6. Petrografia.....	15
2.7. Geocronologia.....	16
3. GEOLOGIA.....	17
3.1. Área de Influência Indireta – Descrições de Unidades Litoestratigráficas.....	17
3.1.1. Complexo Jamari.....	17
3.1.2. Suíte Intrusiva Serra da Providência.....	18
3.1.3. Suíte Metamórfica Rio Crespo.....	19
3.1.4. Suíte Intrusiva Santo Antônio.....	19
3.1.5. Suíte Intrusiva Teotônio.....	21
3.1.6. Suíte Metamórfica Nova Mamoré.....	22
3.1.7. Suíte Laje.....	27
3.1.8. Suíte Intrusiva Alto Candeias.....	29
3.1.9. Suíte Intrusiva São Lourenço-Caripunas.....	32
3.1.10. Suíte Intrusiva Rondônia.....	33
3.1.11. Formação Palmeiral.....	34
3.1.12. Formação Nova Floresta.....	37
3.1.13. Formação Jaci-Paraná.....	38
3.1.14. Cobertura Detrito-Laterítica.....	39
3.1.15. Sedimentos Aluvionares Indiscriminados.....	39
3.1.16. Depósitos Pantanosos.....	40
3.2. Área de Influência Direta – Descrições das Unidades Litoestratigráficas.....	40
3.2.1. Suíte Intrusiva Serra da Providência.....	41
3.2.2. Suíte Intrusiva Santo Antônio.....	43
3.2.3. Suíte Intrusiva Teotônio.....	50
3.2.4. Suíte Intrusiva São Lourenço-Caripunas.....	55

3.2.5. Formação Palmeiral.....	56
3.2.6. Suíte Intrusiva Rondônia.....	57
3.2.7. Coberturas.....	65
3.2.7.1. Formação Rio Madeira.....	65
3.2.7.2. Formação Jaci-Paraná.....	68
3.2.7.3. Cobertura Detrito-Laterítica.....	70
3.2.7.4. Sedimentos Aluvionares Argilosos.....	70
3.2.7.5. Sedimentos Aluvionares Arenosos.....	70
3.2.7.6. Sedimentos Aluvionares Indiscriminados.....	71
3.2.7.7. Depósitos Pantanosos.....	71
3.3. Análise Estrutural Preliminar.....	71
3.3.1. Maciço Santo Antônio.....	72
3.3.2. Granitos da Suíte Intrusiva Rondônia.....	77
3.3.3. Resumo da Análise de Fraturas.....	80
3.3.4. Análise Preliminar de Falhamentos.....	80
3.3.5. Suíte Intrusiva Teotônio.....	81
3.3.6. Análise Geral dos Falhamentos.....	83
3.3.7. Suíte Intrusiva Teotônio.....	86
3.4. Geoquímica.....	87
3.4.1. Maciço Caracol (Suíte Intrusiva Rondônia).....	87
3.4.2. Suíte Intrusiva Teotônio.....	92
3.4.3. Suíte Intrusiva Santo Antônio.....	97
3.5. Petrografia.....	101
3.6. Geocronologia.....	102
3.6.1. Suíte Intrusiva Santo Antônio.....	102
4. ESTRUTURAS E TECTÔNICA REGIONAL.....	104
5. DINÂMICA FLUVIAL E PROCESSOS ASSOCIADOS.....	108
5.1. Erosão natural do rio Madeira, atingindo principalmente os seguintes sedimentos:.....	110
5.1.1. Sedimentos arenosos, argilosos e siltico argilosos da Formação Jaci- Paraná e Formação Rio Madeira.....	110
5.1.2. Sedimentos finos (argila e silte), associados com matéria orgânica e restos de troncos de árvores.....	113

5.1.3. Sedimentos arenosos e siltico-argilosos depositados em barra de canal e em barra de pontal.....	115
5.2. Erosão causada pela conjugação do sistema natural do rio Madeira e a atuação de dragagem garimpeira no leito do rio.....	115
5.3. Voçorocamento nas margens do rio Madeira causada pela presença de fontes naturais (aqüíferos livres) e igarapés.....	117
5.4. Erosão causada pelo rio, mas acelerada pela ação antropica desmatamento nas margens e distribuição das matas ciliares.....	117
5.5. Erosão e deposição nas ilhas fluviais (barras de canal).....	119
6. RECURSOS MINERAIS.....	124
6.1. Direitos Minerários.....	127
7. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÃO.....	128
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	129

## **ANEXOS**

I.1	MAPA GEOLÓGICO DA ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA DO SANTO ANTÔNIO (escala 1:100.000).
I.2	MAPA GEOLÓGICO DA ÁREA DE INFLUÊNCIA INDIRETA DO SANTO ANTÔNIO (escala 1:250.000).
I.3	MAPA DE PONTOS DE AFLORAMENTOS DESCRITOS NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA DO SANTO ANTÔNIO (escala de 1:100.000).
I.4	MAPA DE PONTOS DE AFLORAMENTOS DESCRITOS NA ÁREA DE INFLUÊNCIA INDIRETA DO SANTO ANTÔNIO (escala de 1:250.000).
I.5	MAPA DE ATIVIDADE GARIMPEIRA ATUAL NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA DO SANTO ANTÔNIO (escala 1:100.000).
I.6	MAPA DE DIREITOS MINERÁRIOS DA ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA DO SANTO ANTÔNIO (escala 1:100.000).
I.7	MAPA DE DIREITOS MINERÁRIOS DA ÁREA DE INFLUÊNCIA INDIRETA DO SANTO ANTÔNIO (escala 1:250.000).
I.8	MAPA DE RECURSOS MINERAIS DA ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA DO SANTO ANTÔNIO (escala 1:100.000).

## 1. INTRODUÇÃO

O presente relatório é resultado dos estudos executados nas áreas de influência indireta (AII) e influência direta (AID) do Empreendimento Hidrelétrico do Santo Antônio (figura 1), no qual está integrada a atualização do conhecimento geológico regional e local, que somarão, juntamente com outros temas, tais como: recursos minerais, solos, geomorfologia, paleontologia e recursos hídricos para a compreensão do meio físico do referido AHE. Além disso, o detalhamento dos levantamentos geológicos contribuirá, sobremaneira, para a elaboração das cartas geotécnicas que permitirão uma orientação dirigida na realização de sondagens, fundações e edificações nos locais do aproveitamento hidrelétrico. Este produto foi elaborado e desenvolvido segundo parâmetros coerentes com a moderna geologia de levantamentos, tratamento e expressão cartográfica de dados em ambiente SIG, com base em informações geológicas coletadas em campanhas de campo e na revisão do acervo de dados preexistentes, acumulados ao longo das últimas três décadas.

Desde a descoberta de cassiterita na bacia do rio Machadinho em 1952, a produção deste bem mineral teve seu foco na garimpagem até que no ano de 1970, o governo federal, através de decreto lei e Portarias Ministeriais normatizou a produção e o controle da compra do minério, fomentando a implantação de Empresas de Mineração, que passaram a beneficiar a cassiterita por meio de lavra industrial. *Pari passu* a esta atividade foram realizados vários Levantamentos geológicos e de pesquisa mineral, por instituições do Ministério de Minas e Energia (DNPM, CPRM e Projeto RADAM) nas décadas de setenta e oitenta e, ao nível de detalhe, por várias empresas de mineração, destacando-se a C.R. Almeida Mineração S/A, Mineração Oriente Novo Ltda, Mineração da Amazônia, Comércio e Indústria S.A (MACISA) e Ceriumbrás S.A. Estes levantamentos cobriram toda a área da bacia do rio Madeira na região, ou parte desta, foram realizados em escala regional (figura 2).

Na AII foram desenvolvidos em décadas passadas vários projetos de pesquisa e de exploração mineral, tendo na cassiterita e no ouro os principais alvos de empresas de mineração (lavra industrial) e de garimpeiros. Além destes minerais metálicos, destaca-se, atualmente, a exploração de materiais utilizados na construção civil, tais como brita, areia, e de argilas para a fabricação de tijolos.

A avaliação da produção do ouro do rio Madeira e do potencial mineral da área realizado no âmbito do Projeto homônimo foi fundamental para a obtenção de um retrato dos locais de ocupações e das atividades garimpeiras da AID e da AII, além de dar suporte ao possível processo de desapropriação de terras e recomendação aos órgãos competentes para a suspensão

de atividades que possam comprometer o funcionamento das futuras usinas. Ressalta-se, no entanto, que os pontos de ocupações e das atividades garimpeiras são dinâmicos, de maneira que há necessidade de uma constante atualização dos levantamentos das áreas garimpadas, assim como no que se refere ao número de pessoas envolvidas neste processo.

Esses estudos apresentaram o objetivo precípuo de levantar e integrar as informações geológicas em escalas compatíveis com as demandas do planejamento do Aproveitamento Hidrelétrico de Santo Antônio, fornecendo dados técnico-científicos que permitirão diagnosticar a influência do empreendimento sobre o meio ambiente. Nesse aspecto, os estudos contemplarão a descrição das unidades litoestratigráficas; a relação direta das rochas que serviram de substrato para a instalação e evolução do rio Madeira; a dinâmica do rio vinculada diretamente com a neotectônica e aos processos erosivos e deposicionais relacionados. Da mesma forma, descreveremos a atividade garimpeira concentrada, principalmente, na AID com os indicativos de produção de ouro e demais aspectos que envolvem essa atividade.

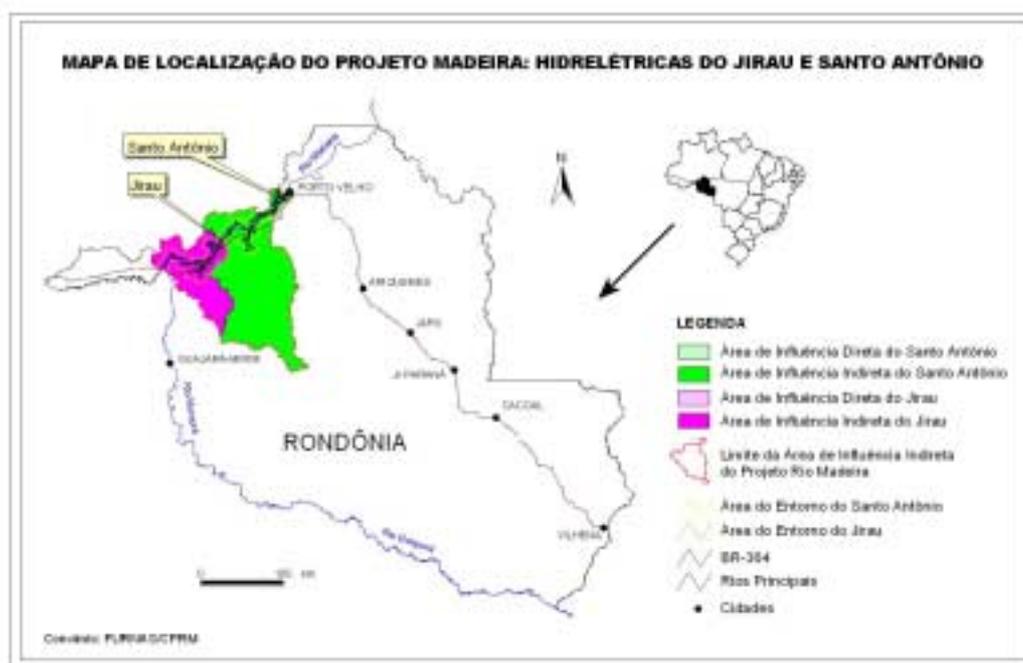


Figura 1 - Mapa de localização dos empreendimentos hidrelétricos no rio Madeira

## 2. METODOLOGIA

Os procedimentos metodológicos utilizados na execução do projeto, tanto na AII como para a AID, foram agrupados nas seguintes atividades:

## **2.1. Aquisição de Documentação Técnica**

Esta etapa constou da aquisição de imagens de satélite (LANDSAT - TM 7, resolução de 15 m), imagens de radar interferométrico (SRTM) com geração de Modelo Digital de Elevação com resolução de 90 metros e fotografias aéreas (escala 1:110.000). As bases planialtimétricas utilizadas foram aquelas da SEDAM, na escala 1:100.000, onde os dados altimétricos e de drenagem foram restituídos para a AID por FURNAS e LEME Engenharia. A rede de drenagem constitui-se de uma montagem digital da drenagem obtida na restituição, na escala de 1:10.000, complementada pela drenagem digital das bases cartográficas produzidas pela DSG, na escala de 1:100.000, e disponibilizadas pela SEDAM. O grau de precisão da base cartográfica disponível foi aferido através de medidas realizadas com GPS, obtidas durante as atividades de campo, onde se constatou pequenas imprecisões com erro de no máximo de 15 a 20 metros.

Utilizou-se, também, as imagens georeferenciadas dos aerolevantamentos geofísicos na escala 1:100.000, cintilometria na Área Rio Madeira (1974); assim como a cintilometria e magnetometria das áreas dos Pacaás-Novos e Serra dos Parecis (1983), ambos executados pela CPRM.

## **2.2. Compilação e Análise Bibliográfica**

Os dados geológicos de trabalhos anteriores foram compilados, analisados e consistidos, os quais permitiram a confecção do mapa geológico preliminar utilizado em trabalho de campo. O material consultado refere-se aos projetos desenvolvidos pela CPRM em anos anteriores que envolvem a AII e AID, assim constituídos: Projeto Rio Madeira/cintilometria (1974); Projeto Noroeste de Rondônia (1975); Projeto Sulfetos de Abunã (1977); Projeto Província Estanífera de Rondônia (1978); Projeto Guajaré-Mirim (1980); Projeto Porto Velho-Abunã (1990); Mapa Geológico de Rondônia (1999). Além destes projetos, foram consultados: Mapa Geológico de Rondônia (versões 1998 e SIG CPRM, Folha Porto Velho, SC.20-V-B-V, Escala 1:1.000.000, no prelo), artigos científicos, relatórios de empresas de mineração e teses desenvolvidas na região. Esta atividade compreendeu:

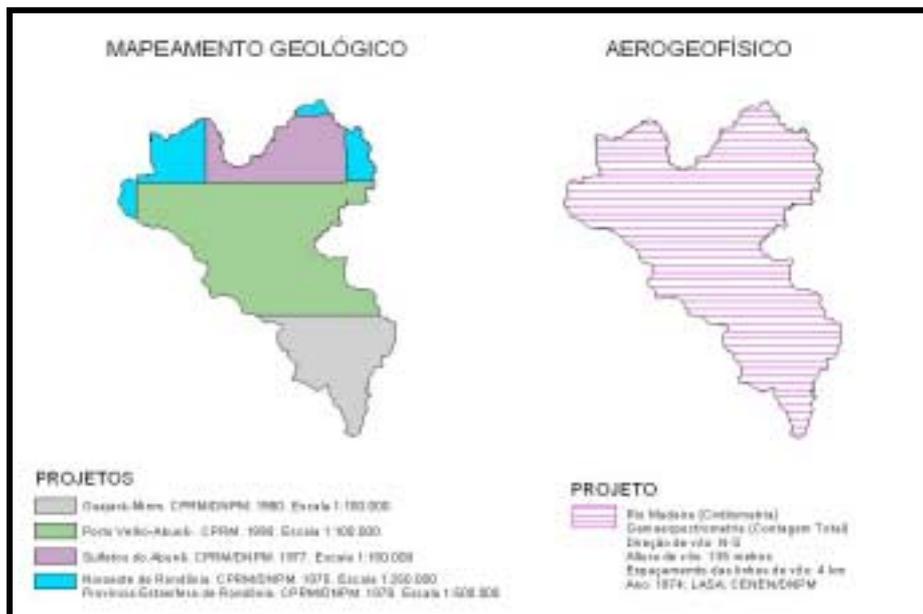


Figura 2 - Mapa de localização dos projetos consultados.

- 1) Atualização da base cartográfica no que diz respeito às vias de acesso, nome dos rios e igarapés e outros detalhes da ação antrópica, com auxílio de imagens de satélite recentes, tarefa que foi desenvolvida paralelamente com as equipes de cartografia da CPRM e de FURNAS;
- 2) Elaboração do Mapa de Compilação Geológica, obtido a partir de elementos colhidos em relatórios técnicos, trabalhos publicados, teses de doutorado e dissertações de mestrado. Com isto, foi possível montar a estratigrafia regional, traços estruturais maiores (dobras e falhas), comportamento das principais feições estruturais e distribuição espacial dos depósitos minerais, resultando no Mapa Geológico Final, na escala de 1:250.000; Dados adicionais de trabalhos de campo desenvolvidos em 2005, assim como a realização de análise geocronológica, permitiram acrescentar, neste relatório, nova proposta para o empilhamento litoestratigráfico da AII, com redefinição de unidades geológicas (CD ROM anexo);
- 3) Início da construção de seções estratigráficas em áreas do canal do rio Madeira, identificando-se, ainda que provisoriamente, os níveis estratigráficos de referência que possam ser utilizados para correlações regionais;
- 4) Construção de um banco de dados envolvendo a AII e AID, reunindo os dados de interesse existentes em bases de dados do Serviço Geológico do Brasil tais como AFLO, PETRO,

PALEO, CRON, LÉXICO, e também no Banco de Dados do Projeto GIS Brasil (GEOBANK) que reúne dados de Litoestratigrafia (polígonos), Estruturais (linhas) e de Recursos Minerais (pontos).

Em relação aos recursos minerais e à atividade garimpeira, inicialmente, foram coletados, selecionados e analisados os dados relacionados a essa atividade ao longo do rio Madeira, disponíveis em trabalhos anteriores, notadamente àqueles desenvolvidos pela CPRM desde a década de 80, que consubstanciaram uma primeira avaliação desta atividade, favorecendo a otimização dos trabalhos de campo posteriores. Além disso, foram obtidos junto ao DNPM, todos os processos referentes aos direitos minerários (tabela 9). Estas informações, aliadas aos dados adquiridos nas etapas de campo, recentemente realizadas, permitiram realizar um diagnóstico da garimpagem ao longo dos anos, comparando-as com o momento atual da atividade. Os produtos obtidos por outras instituições públicas ou privadas, também foram submetidos a uma apreciação, de forma a consolidar o conhecimento mais amplo possível da atividade garimpeira.

### **2.3. Levantamentos de Campo**

A obtenção de dados em campo restringiu-se, num primeiro momento, a Área de Influência Direta (AID) e quando necessário, realizou-se alguns perfis na AII para melhor caracterizar a geologia regional e avaliar a continuidade das unidades geológicas e estruturais. Entretanto, realizou-se trabalhos de campo, concomitantemente com a interpretação dos dados obtidos em projetos anteriores. A obtenção de dados secundários na AID valeu-se dos trabalhos executados pelo Projeto Porto Velho-Abunã (1990), na escala de 1:100.000 e do Projeto Ouro-Gemas, executado pelo convênio CPRM/DNPM, no período de 1981 a 1991.

Nas áreas de influência direta e indireta do Santo Antônio foram descritos 523 afloramentos, que são citados na tabela 8 anexa. O levantamento de campo, assim como a amostragem das rochas, foi executado na escala 1:100.000 na AID (anexo I.3) e na escala 1:250.000 na AII (anexo I.4).

O levantamento da atividade garimpeira, fundamentou-se em entrevista com os garimpeiros que atuavam na área, com os quais se obteve os dados de produção de ouro, quantidades de dragas e balsas em atividade, equipamento utilizado, número de pessoas envolvidas com a atividade, além de outros dados especificados nas tabelas 6 e 7 anexas.

## 2.4. Geologia Estrutural

A metodologia adotada visando a análise estatística dos dados estruturais consistiu, preliminarmente, na uniformização e adequação das medidas de atitudes obtidas em campo ao padrão aceito pelo programa *StereoNet for Windows*, no tratamento estatístico das atitudes de fraturas, e na plotagem de falhamentos, utilizando-se a rede estereográfica de equiárea de Schmidt-Lambert, considerando o hemisfério inferior da esfera, com o objetivo de compreender os aspectos geométricos e cinemáticos dos fraturamentos e falhamentos dos maciços rochosos graníticos e demais unidades que constituem o quadro litoestratigráfico da AHE do Santo Antônio, apenas com o objetivo de se tentar estabelecer algumas considerações sobre quadro geométrico e cinemático das estruturas tectônicas de natureza rúptil.

A análise do fraturamento consistiu na definição das principais famílias de fraturas, analisando-se os dados separadamente por unidade litoestratigráfica, e por maciço rochoso; neste último caso, individualizando-se o maciço de Santo Antônio. Preliminarmente, este estudo teve a finalidade de estabelecer a geometria dos fraturamentos e no caso dos maciços de Santo Antônio, o estabelecimento de uma possível cronologia dos eventos de natureza rúptil e os campos de tensões tectônicas que os originaram.

Os dados das atitudes de fraturas, oriundos de outras unidades litoestratigráficas, foram extraídos de afloramentos rochosos que compõem as unidades, dispersas por toda as áreas de influências direta e indireta de Santo Antônio, portanto, não são oriundos de um único afloramento.

O maciço de Santo Antônio foi analisado separadamente em função de sua importância na construção do empreendimento, utilizando-se dos diagramas de pólos e de contorno de densidade de pólos, definindo um triângulo de interseção pelas famílias geneticamente relacionadas, a partir do qual podem ser deduzidos os eixos de tensão finita ou eixos dinâmicos  $\sigma_1$ ,  $\sigma_2$  e  $\sigma_3$ , sendo  $\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3$ , onde  $\sigma_1$  é o eixo de maior encurtamento (eixo z),  $\sigma_2$  é o eixo intermediário entre o estiramento máximo e o encurtamento máximo (eixo y) e  $\sigma_3$  é o eixo de estiramento máximo (eixo x).

Para tratamento estatístico e automático dos dados estruturais e para a elaboração dos estereogramas, utilizou-se o aplicativo *StereoNet for Windows* (Versão 2.06).

Os diagramas resultantes da análise estrutural, assim como as respectivas análises estão inseridas no item 3.3 deste relatório.

## 2.5. Geoquímica

Foram selecionadas trinta e sete (37) amostras, representativas da geologia das AHEs Jirau e Santo Antônio, compreendendo litotipos tais como granitos, calcissilicáticas, anfíbolitos e metatufos, visando a realização de análises geoquímicas de óxidos de elementos maiores e traços, inclusive dos terras raras (ETR), objetivando caracterizar as composições químicas das referidas rochas, assim como a elaboração de diagramas, definição de suas classificações petrológica e geotectônica, além de classificá-las na ambiência metalogenética e a integração destes dados para subsidiar o relatório e a arte final do Sistema de Informações Geográficas (SIG) do Projeto Rio Madeira, 15 amostras das quais representam litotipos da AHE do Santo Antônio.

Visando a realização das análises geoquímicas, realizou-se, preliminarmente, a preparação das amostras de rochas obedecendo ao seguinte procedimento: Pesagem de 2 Kg de cada amostra; Britagem, moagem, peneiramento em malha de 200 *mesh* e quarteamento das amostras para obtenção de uma alíquota de 50 gramas de cada amostra, as quais foram encaminhadas para o laboratório da “*Analytical Laboratories LTD-ACME*” de Vancouver-Canadá, através da Filial de Goiânia-Goiás, visando a realização das referidas análises.

Os Elementos Maiores foram analisados pelo Método de Fusão-ICP, enquanto os elementos menores (Traços, inclusive os Terra Raras-Lantanídeos) foram analisados por Fusão-ICP/MS.

As amostras analisadas referentes a AHE - Santo Antônio foram as seguintes: JG-104, JG -117, JG- 118, JG-186, (Suíte Intrusiva Rondônia / Maciço Caracol); JG-123A e JG-190 (Suíte Intrusiva Serra da Providência); JG-108, JG-113A, JG-129, JG-134A, JM-116, JM-196 (Suíte Intrusiva Teotônio); JG-127, JG-128 e JG-139 (Suíte Intrusiva Santo Antônio).

Os resultados analíticos foram tratados no *software NewPet* © 1987-1994 desenvolvido pela *Memorial University of Newfoundland, Department of Earth Sciences (Centre Earth Resources Research)*, e os diagramas obtidos, assim como análises dos dados são apresentados no item 3.4 sobre Geoquímica.

## 2.6. Petrografia

Visando a realização de Análises Petrográficas das amostras de rochas do Projeto Rio Madeira (AHE do Santo Antônio) foram confeccionadas 39 seções delgadas nos laboratórios da

CPRM (Porto Velho, Manaus, Goiânia), sendo as descrições petrográficas executadas pelo Geólogo Gilmar Rizzotto (CPRM/REPO).

A realização das descrições petrográficas, permitiu uma análise pormenorizada das litologias aflorantes na área do projeto e envolvem as seguintes características: Feições texturais, intensidade de fraturamento, foliações metamórficas, constituição mineralógica, grau de alteração e caracterização litoestratigráfica.

Destas 39 lâminas delgadas, três receberam descrição detalhada (JM-1, JM-4 e JG-1), enquanto as demais foram analisadas parcialmente, visando subsidiar a descrição das unidades geológicas presentes na AHE Santo Antônio.

## **2.7. Geocronologia.**

Uma amostra de Hornblenda-biotita monzogranito (JG-139), pertencente a Suite Intrusiva Santo Antonio, foi coletada na Cachoeira do Santo Antônio, margem direita do rio Madeira, e selecionada para análise geocronológica pelo método Pb-Pb por evaporação em Zircão.

A preparação preliminar da amostra foi realizada no laboratório da CPRM/REPO em Porto Velho-RO. Consistindo inicialmente na britagem, pulverização e bateamento, visando obtenção de concentrado de minerais pesados. Posteriormente este concentrado foi tratado no separador magnético *Isodynamic Frantz* e em líquidos pesados.

Os cristais de zircão foram encaminhados para o Laboratório de Geologia Isotópica (Pará-iso) do Centro de Geociências da UFPA, onde foram analisados em um espectrômetro de massa MAT 262 com multicoletor. Essa metodologia segue as adaptações desenvolvidas a partir de *Kolber* (1987), e o tratamento dos dados, como apresentado por *Gaudette et al.* (1998).

As análises isotópicas de Pb foram realizadas em um espectrômetro de massa *VG Isomass 54E* com monocoletor. As composições isotópicas de Pb foram corrigidas do efeito de discriminação de massa utilizando um fator de  $0,12 \pm 0,03$  % por u.m.a. Os cálculos de regressão e idade foram feitos segundo o algoritmo de *York* (1969) e *Ludwid* (1980) com base no programa *Isoplot* (v.2.70) de *Ludwid* (1993).

Os resultados da técnica Pb-Pb (evaporação de zircão) são apresentados com desvios a  $2\sigma$  e as correções de Pb comum foram feitas mediante uso do modelo do Pb em estágio duplo suposto por *Stacey & Kramers* (1975), utilizando a razão  $^{204}\text{Pb} / ^{206}\text{Pb}$ .

A análise dos resultados obtidos desta datação é apresentada no item 3.6 deste relatório.

### 3. GEOLOGIA

A área dos estudos abrange a porção noroeste de Rondônia, setor sudoeste do Cráton Amazônico, o qual mostra uma evolução geológica policíclica iniciada no paleoproterozóico, há aproximadamente 1750 milhões de anos. Reativações posteriores efetivadas por eventos tectono-magmáticos superimpostos perduraram até 970 milhões de anos atrás, quando então essa parte do cráton estabilizou-se. A partir daí, os movimentos tectônicos restringiram-se a reativações de falhas pré-existentes, com maior intensidade durante o período Terciário, quando do soerguimento da Cordilheira Andina, tendo esse processo refletindo na região sul da Amazônia. Salienta-se que esta área do futuro empreendimento do Santo Antônio difere daquela do Jirau, por constituir um terreno bastante arrasado topograficamente, em função de estar localizado as margens da imensa Bacia Amazônica.

O mapeamento geológico teve como finalidade caracterizar a natureza e forma de ocorrência das unidades litoestratigráficas da região e os principais eventos estruturais a que foram submetidas, com ênfase naquelas com as quais estão associadas as principais ocorrências minerais, além da análise da evolução tectônica da área, objetivando uma melhor definição da dinâmica do rio Madeira, haja vista a ação de fenômenos geológicos recentes (neotectônica) que condicionaram toda a evolução desse rio, desde o período terciário.

Para abranger os mais variados aspectos do meio físico, a descrição da geologia como um todo, foi executada a partir da subdivisão em duas áreas, a saber: Área de Influência Indireta (AII) e Área de Influência Direta (AID), conforme será descrito a seguir:

#### **3.1. Área de Influência Indireta – Descrições de Unidades Litoestratigráficas**

A geologia da AII do Santo Antônio, representada no mapa de escala 1:250.000 (anexo I.2), encontra-se constituída pelas seguintes unidades litoestratigráficas, iniciando-se da unidade mais antiga para a mais recente:

##### **3.1.1. Complexo Jamari**

O Complexo Jamari está representado predominantemente por metatonalitos, quartzo metadioritos e metagranodioritos, com ocorrências subordinadas de enderbitos, metamonzogranitos e anfibolitos. Gnaisses calcissilicáticos são raros e ocorrem intercalados aos anfibolitos, assim como constituindo megaxenólitos encaixados em metamonzogranitos. Essas

rochas ocorrem, preferencialmente, em forma de lajeados, em relevo topograficamente arrasado, nas porções centro-sul da AII, principalmente nos altos cursos dos rios Jaci-Paraná, Formoso, Branco e das Onças. As rochas do Complexo Jamari foram superimpostas por metamorfismo em condições de pressão e temperatura compatíveis com a fácies anfíbolito superior, cuja petrotrama mostra variação na granulção e uma considerável variabilidade nas taxas de deformação, materializada por diferentes intensidades de anisotropia estrutural e um conspícuo bandamento gnáissico.

Foram identificadas, de forma subordinada, rochas de composição básica, deformadas e recristalizadas, sob a forma de xenólitos ou enclaves de formas e dimensões variadas, apresentando-se em diferentes graus de assimilação com relação às encaixantes granitóides e tonalitóides. Igualmente, com caráter muito restrito, ocorrem pequenas exposições de rochas de paraderivação (biotita gnaisses e biotita-granada gnaisses).

Em zonas de maior deformação, os litotipos metaígneos desenvolvem um bandamento gnáissico característico, sendo então caracterizados como ortognaisses. São predominantemente de composição tonalítica e quartzo-diorítica, que exibem um bandamento máfico/félsico bem definido, com espessuras centimétricas e freqüentes mobilizados quartzo-feldspáticos granadíferos dobrados e boudinados. Apresentam estrutura milonítica dominante caracterizada por porfiroclastos de plagioclásio envoltos por faixas estreitas e irregulares de minerais máficos e esteiras de agregados de quartzo e feldspatos.

### **3.1.2. Suíte Intrusiva Serra da Providência**

As rochas graníticas da referida suíte encontram-se expostas na porção central da AII e são invariavelmente anisotrópicas, granulção média a grossa que variam de equigranulares a inequigranulares, leucocráticas e de coloração rosada a acinzentada. Mostram com freqüência um sistema de fraturas conjugadas, predominantemente fechadas e preenchidas por quartzo leitoso. Deformação superimposta no estágio sólido produziu uma trama protomilonítica pervarsiva, principalmente no maciço situado às cabeceira do rio Pardo.

A maioria das rochas é classificada como hornblenda-biotita monzogranito, o qual contém fenocristais euédricos a ovalados de microclínio de até 5 cm de diâmetro e freqüentemente encontram-se manteados por uma fina auréola cinza-esbranquiçada de plagioclásio, caracterizando a textura rapakivi. Essa textura é mais facilmente observada quando a rocha encontra-se parcialmente intemperizada, onde o manto de plagioclásio que envolvia o feldspato alcalino mostra-se totalmente destruído pela erosão diferencial.

A presença de enclaves máficos quartzo-dioríticos é freqüente nestas rochas, assim como feições de mistura mecânica de magmas (*mingling*), também, são comuns. Outras rochas que ocorrem com freqüência são os sienogranitos, os quais mostram textura granofírica, com cavidades miarolíticas preenchidas por quartzo e fluorita. O magmatismo Serra da Providência foi episódico e manifestou-se, possivelmente, por um período superior a 50 Ma onde a fase intrusiva mais antiga, representada por biotita sienogranito porfirítico, tem idade U-Pb de  $1606 \pm 24$  Ma, seguido por um hornblenda-biotita monzogranito de idade U-Pb de  $1573 \pm 15$  Ma (Bettencourt *et al.* 1999). Outra fase magmática posterior representada por biotita sienogranito pórfiro tem idade de  $1554 \pm 47$  Ma, enquanto que as fases finais do magmatismo, representadas por quartzo-sienito do maciço União, forneceram idade de  $1532 \pm 5$  Ma (Bettencourt *et al.* 1999).

O *stock* granítico representado pelas amostras JG-123 e JG-129, localizado na margem direita do Rio Madeira, mostra composição correlacionável aos litotipos da Suíte Intrusiva Providência e será tratado neste relatório como tal (Anexo I.1).

### **3.1.3. Suíte Metamórfica Rio Crespo**

As rochas desta suíte ocorrem no setor leste da AII, sendo representadas por um corpo alongado de aproximadamente 400 km<sup>2</sup>, aflorando a partir da confluência do rio Branco, Pardo e Igarapé Bom Futuro para montante. Payolla *et al.*, (2001) designaram de Suíte Intrusiva Rio Crespo para a associação de gnaisses graníticos finos e granulitos charnockíticos. Essas rochas são rosadas a esverdeadas, de granulação fina a média, compostas por bandas félsicas quartzo-feldspáticas e bandas máficas de hornblenda, magnetita, granada e titanita.

Xenólitos de metacharnockito e granulitos máficos ocorrem esparsamente encaixados nos gnaisses graníticos finos. Esses, por sua vez, exibem uma monótona homogeneidade textural.

Dados geocronológicos dos granulitos charnockíticos indicam idade de  $1424 \pm 10$  Ma, enquanto que o gnaisse granítico possui idade de  $1433 \pm 11$  Ma.

A distribuição geográfica desta unidade ocorre com predominância na porção leste da AII do Santo Antônio e pode ser observada, cartograficamente, no Mapa Geológico (anexo I.2).

### **3.1.4. Suíte Intrusiva Santo Antônio**

O trabalho pioneiro nas rochas granitóides na região da cachoeira Santo Antônio foi realizado por Souza & Marques (1974), que as denominaram de Granito Porfiroblástico Santo Antônio. Seguiram-se os trabalhos de Isotta *et al.* (1978) e Adamy & Romanini (1990). Estes

autores descrevem na localidade de Jaci-Paraná, granitos rapakivi (viborgitos e piterlitos), além de tipos porfíricos, equigranulares e pórfiros denominando-os de Granitos tipo Serra da Providência. As rochas da suíte ocorrem restritamente ao longo do rio Madeira, na cachoeira Santo Antônio e imediações. Na porção nordeste do batólito Santo Antônio, nas proximidades da cidade de Porto Velho, Payolla (1994) denominou de Suíte Intrusiva Santo Antônio três variedades de granitóides com evidências de interação com magmas máficos, sendo constituídos por: a) biotita monzogranito de granulação grossa, equigranular a porfírico e sienogranito com esparsas texturas rapakivi e anti-rapakivi; b) biotita monzogranito equigranular de granulação média; c) quartzo monzonito equigranular. Diques pegmatíticos e aplíticos, rochas híbridas e diques de diabásio sin-plutônicos são outros litotipos associados a suíte.

Os granitóides são predominantemente maciços, com exceção dos granitos porfíricos que exibem cristais de feldspatos orientados por fluxo magmático. Nas demais rochas da suíte as estruturas planares são esparsas e definidas pelo alinhamento dos cristais de feldspatos e *schlieren* biotíticos.

As rochas graníticas exibem contatos nitidamente intrusivos com as suas encaixantes, caracterizados pela presença, no seu interior, de xenólitos de rochas do embasamento, tais como ortognaisses quartzo-dioríticos e rochas calciossilicatadas. Os granitos de granulação grossa são temporalmente anteriores aos de granulação média e das rochas híbridas. Estas exibem matrizes constituídas de plagioclásio, feldspato alcalino, intercrescimento de quartzo e feldspato, simplectitos de anfibólio e biotita e agulhas de apatita. Megacristais ovóides de plagioclásio com inclusões de quartzo, xenocristais de quartzo com coroas de anfibólio e enclaves monzodioríticos são evidências de magmas *mixing*.

Os dados geoquímicos indicam que os granitóides são subsolvus, subalcalinos e de caráter metaluminosos a peraluminosos. Possuem alto conteúdo de K, F, Rb, Zr, Ga, Nb, ETR e Fe/Mg. Contrariamente, são empobrecidos em Ca, Mg, P e Sr. Os teores de SiO<sub>2</sub> variam entre 68-74 %, Na<sub>2</sub>O + K<sub>2</sub>O (7,43-8,46 %), Fe<sub>t</sub>/Fe<sub>t</sub> + MgO (0,86-0,94), A/CNK (0,96-1,08), K/Rb (109-225).

Os dados isotópicos U-Pb em zircão forneceram uma idade de 1406 ± 32 Ma para o biotita-monzogranito (Tosdal & Bettencourt, 1994).

Uma datação inédita de uma litotipo granítico aflorante na Cachoeira Santo Antônio (JG-139), foi realizada no âmbito do Projeto Rio Madeira e será divulgada, convenientemente, neste relatório no item 3.6, que versa sobre Geocronologia. Da mesma forma as distribuições dos litotipos desta unidade são observados no anexo I.1.

### 3.1.5. Suíte Intrusiva Teotônio

A primeira individualização destas rochas foi feita por Leal *et al.* (1978), os quais caracterizaram rochas alcalinas na cachoeira de Teotônio e as denominaram de Alcalinas Teotônio. Trabalhos posteriores como da Eletronorte & CNEC (1987), estenderam a área de ocorrência destas rochas até as proximidades da ilha São Patrício, à montante da cachoeira de Teotônio. Entretanto, Adamy & Romanini (1990), denominaram de Complexo Morrinhos os granitos e sienitos que ocorrem entre a ilha de São Patrício e a cachoeira de Morrinhos.

A Suíte Intrusiva Teotônio (Payolla, 1994) inclui rochas granitóides e sienitóides que foram divididas em três tipos nesta ordem de predominância: a) microclínio granitos de granulação grossa; b) microclínio granitos bandados de granulação média; c) microclínio-quartzo sienitos e sienogranitos de granulação média a grossa. As rochas desta suíte ocupam uma pequena porção no noroeste de Rondônia, aflorando, principalmente, ao longo das margens e no canal do rio Madeira (cachoeira Teotônio), numa topografia suave dominada por terraços fluviais. Nas áreas aflorantes não foram observadas relações de contato com os litotipos do Complexo Jamari e nem com aqueles da Suíte Santo Antônio.

Os microclínio granitos são cortados por corpos tabulares de microclínio sienitos e também por diques sin-plutônicos de rochas intermediárias (dioritos, monzodioritos e monzonitos). O arranjo paralelo dos corpos tabulares e diques define um bandamento em larga escala nos afloramentos da cachoeira de Teotônio. Monzogranitos tardios subsolvus, rosados e de granulação fina, ocorrem como diques de direção NE-SW intrusivos nos microclínio granitos.

As estruturas encontradas nos granitóides são predominantemente originadas por fluxo magmático. A estrutura bandada no microclínio granito de granulação média é definida por leitos milimétricos descontínuos ricos em máficos e pela disposição planar dos enclaves microgranulares alongados.

Os minerais dos granitos e sienitos hipersolvus foram parcialmente alterados para fases anidras. A faialita está parcialmente alterada para grunerita, óxido de ferro e iddingsita. O clinopiroxênio transformado para anfibólio verde exibindo intercrescimento simplectito com quartzo. Xenocristais de plagioclásio cálcico mostram-se fortemente corroídos pelo feldspato alcalino nos granitos e sienitos de granulação média, que associados aos enclaves monzodioríticos microgranulares, indicam misturas de magmas.

Os dados geoquímicos mostram uma variação no conteúdo de sílica entre 60 a 76%, Na<sub>2</sub>O + K<sub>2</sub>O (8,16-10,64 %), FeO<sub>t</sub>/FeO<sub>t</sub> + MgO (0,82 -0,99), A/CNK (0,83-1,04), K/Rb (221-782), La/Yb (5,39-38,40), Eu/Eu\*(0,16-0,91). Os granitos metaluminosos dessa associação

caracterizam-se, ainda, por elevados teores de álcalis em relação à alumina e enriquecimento em Nb, Zr e Ga. Seus padrões de terras raras mostram-se geralmente enriquecidos, com baixo grau de fracionamento e forte anomalia negativa de Eu.

Os dados isotópicos U-Pb em zircão do microclínio-granito forneceu idade de  $1387 \pm 16$  Ma (Tosdal *et al.* 1995). Levando-se em conta a margem de erro, a idade de cristalização dessa unidade e àquela da Suíte Santo Antônio não diferem significativamente, não permitindo assim, um posicionamento estratigráfico definitivo entre estas unidades.

A distribuição desta unidade litoestratigráfica pode se observada nos Mapas Geológicos (anexo I.1 e I.2), presentes neste relatório.

### **3.1.6. Suíte Metamórfica Nova Mamoré**

A associação de rochas polideformadas, gnaissificadas e migmatitizadas que ocorrem bem expostas na região central de Rondônia, entre as cidades de Ariquemes e Presidente Médici, e na região oeste-noroeste entre as cidades de Guajará-Mirim, Nova Mamoré e Nova Califórnia, foram agrupadas no Complexo Gnáissico-migmatítico Jaru por Scandolara *et al.*, (1999). Esses autores, em trabalhos de mapeamento geológico desenvolvido em escala regional reconheceram uma íntima associação de rochas gnáissicas, migmatitos, granitos de anatexia e anfíbolitos, inicialmente reunidos no Complexo Xingu (Leal *et al.*, 1978) e, logo em seguida, no Complexo Jamari (Isotta *et al.*, 1978).

No presente projeto, foi executado o mapeamento geológico na área de influência indireta do empreendimento do Jirau e Santo Antônio, numa ampla região que se estende ao oeste-noroeste de Rondônia. Mais precisamente, a região estudada abrange domínios do município de Nova Mamoré, que compreende o rio Madeira à oeste, o rio Formoso à leste, a serra dos Pacaás Novos à sul e as cabeceiras do rio Azul à norte ( AII do Jirau), e sudeste da AII do Santo Antônio (Municípios de Buritis e Campo Novo de Rondônia). Partes destas regiões apresentam uma geologia baseada fundamentalmente em uma seqüência de rochas paraderivadas (figuras de 3 a 7), as quais envolvem biotita paragnaisse quartzo-feldspáticos, granada-biotita-quartzo paragnaisse com bandamento regular e uniforme, granofels quartzo-feldspáticos, gnaisses calcissilicáticos bandados, granofels calcissilicáticos e sillimanita-granada-biotita-quartzo xistos. Esses litotipos foram agrupados, no presente trabalho, numa nova unidade litoestratigráfica, sob a denominação de Suíte Metamórfica Nova Mamoré, que será tratada, também, no relatório da AHE de Jirau devido a sua abrangência nas duas áreas do projeto.

A alternância repetitiva e homogênea de litotipos desta seqüência de metamorfitos sugere como protólito turbiditos de plataforma continental.

O grau metamórfico nessa unidade é de fácies anfibolito superior (zona da sillimanita), de pressão intermediária a alta, fato esse evidenciado pela paragênese metamórfica com sill + gd + bt + qzo + fk (figura 7). Zonas de fusão penetrativas ocorrem de forma generalizada, gerando feições migmatíticas, as quais são muito freqüentes ao longo da área. Nesse sentido, as porções neossomáticas dos paragnaisses são constituídas por veios pegmatóides (leucossoma) representado pela associação de FK (porfiroblastos) + quartzo + biotita, que ocorrem desde a escala macroscópica até mesoscópica, formando lentes alongadas segundo o fluxo metamórfico. Da mesma forma, mostram-se intercaladas ao longo do bandamento gnáissico e também formando bolsões, e, em zonas de maiores concentrações de fluidos metamórficos, chegam até gerar morrotes isolados de granito “S”. Estes corpos são muito comuns na região de Nova Mamoré, (linha 72), porção sudeste do AHE Jirau (anexo I.2) e sudoeste da AHE Santo Antônio, Linha 5 (anexo I.2).



Figura 3 - Paragneisse (1) apresentando concentração de restitos máficos (2)



Figura 4 - Sapolito de Paragnaisse (JG-239) mostrado dobramento e bandamento metamórfico rítmico.



Figura 5 - Paragnaisse mostrando bolsões de quartzo envolvidos pela foliação metamórfica de atitude N 80° E/47° NW.



Figura 6 - Paraderivada da Suíte Metamórfica Nova Mamoré como xenólito (1) no Granito Alto Candeias (2).

As rochas paraderivadas pertencentes a Suíte Metamórfica Nova Mamoré presentes na região do Município de Buritis, principalmente ao longo da Linha 5, são via-de-regra muito intemperizadas e formam um relevo com superfície de aplainamento levemente ondulado e somente estão expostos em cortes de estradas recentes.

Os afloramentos de xistos, observados em perfis geológicos realizados na região da AII do Jirau (Nova Mamoré), são mais restritos na região de Buritis pelo fato de serem mais facilmente susceptíveis à alteração intempérica nas condições de clima equatorial, e afloram somente ao longo dos canais de drenagem e mais raramente, em corte de estradas em relevo arrasado. Composicionalmente, são constituídos por biotita, quartzo, sillimanita e raramente com granada. Os mobilizados quartzo-feldspáticos intercalados na xistosidade exibem dobras ptigmáticas e intrafoliais que podem evoluir para dobras em bainha.



Figura 7 - Detalhe mesoscópico de Paragneisse dobrado (1) e intrudido por granito leucocrático tipo S (2). Observa-se, também, a presença de cristais de granada (3) e de sillimanita (4) semi-intemperizados.

Os estudos realizados na região de Nova Mamoré, a sudoeste das ocorrências dos litotipos da Suíte Metamórfica homônima aqui citada, mostram que a tectônica que afetou essa unidade é predominantemente representada por empurrão frontal a oblíquo, onde na porção sul da área de Nova Mamoré, predomina rampas frontais de baixo ângulo de mergulho das camadas (35 a 50°), mergulhando para sudeste, sugerindo transporte de massa de SE para NW. O bandamento gnáissico é repetitivo, de direção N50E a N70E, com inflexões para N60W, em zonas de dobramento. Talvez, o bandamento NW represente a superfície  $S_n$  regional, enquanto que o bandamento/xistosidade NE represente a superfície  $S_{n+1}$ . A paragênese metamórfica na porção sul da área é com abundância de granada, tanto nos paragneisses como nos granito S, sugerindo zona de maior pressão.

Seguindo-se para a região mais ao norte, no sudoeste da AII do Jirau, o bandamento torna-se mais empinado, tendendo à verticalidade, mas com a lineação mantendo-se ainda frontal a oblíqua. A pressão da deformação/metamorfismo é pouco mais baixa, evidenciada pela paragênese com pouca ou nenhuma granada, e sim com sillimanita.

Já ao norte da área (linha 72) predomina o dobramento, onde se observam padrões de interferência de dobras domo-e-bacia e dobras em bainha. O forte paralelismo das estruturas

comum ao centro-sul da área, ao norte, quase que desaparece e passa a predominar as estruturas dobradas. Isso pode indicar o distanciamento do *front* tectônico em direção ao norte (Linha 72).

Na região de Buritis, mais particularmente na linha 5, e proximidades, os litotipos da Suíte Metamórfica Nova Mamoré apresentam foliação entre N 65°E e E-W e mergulhos variáveis, por exemplo, 47° NW, 70° SW e 55° N. Este comportamento diferente, daqueles observados na região de Nova Mamoré, prende-se ao fato de que as referidas litologias situam-se na borda norte do batólito Alto Candeias, que é sin - a tardi-tectônico em relação à unidade metamórfica em referência, onde seu posicionamento intrusivo, possivelmente, desloca parcialmente as estruturas.

### **3.1.7. Suíte Laje**

Vários corpos de granitos leucocráticos ocorrem de forma intrusiva nos paragneisses e xistos, os quais derivam destes litotipos por fusão parcial ou anatexia. Distribuem-se amplamente no interior do domínio da Suíte Metamórfica Nova Mamoré, tendo como área-tipo, as cabeceiras do rio Laje, próximo do limite sul da área de influência indireta do Jirau. Esses corpos graníticos foram cartografados e individualizados no presente trabalho, constituindo uma nova unidade litostratigráfica, os quais doravante serão enquadrados na Suíte Laje.

Esses granitos são leucocráticos, invariavelmente foliados, sintectônicos, com mineralogia à base de Feldspato Potássico + Quartzo + Granada + Biotita ± Plagioclásio, podendo ser considerados como granitos de anatexia, os quais são derivados da fusão dos metamorfitos da Suíte Metamórfica Nova Mamoré. A granulação é média, equigranulares, de textura granoblástica e porfiroblástica. A coloração varia de acinzentada-clara até esbranquiçada, com pontuações pretas definidas por aglomerados de biotita ou avermelhadas, definidas por porfiroblastos de granada. A característica principal dos granitos da suíte é a persistente homogeneidade textural.

A maioria dos corpos graníticos apresenta foliação de fluxo magmático representada pelo alinhamento de k-feldspato, de forma prismática, além de restitos alinhados de biotita.

Nos corpos graníticos é relativamente comum a presença de xenólitos subarredondados a angulosos de paragneisses e gnaisses calcissilicáticos, além de restitos de aglomerados de biotita. Em alguns corpos graníticos da suíte ocorrem grande quantidade de sulfetos.

Dados isotópicos inéditos de U-Pb em zircão da amostra MQ-23, conseguidos pela metodologia Shrimp (Santos, J.O. 2005, inf. verbal), forneceram idade de  $1340 \pm 5$  Ma. Essa idade é interpretada como sendo a idade do clímax metamórfico regional e também como a idade

de cristalização dos granitos anatóticos da Suíte Laje. Nesse sentido, é aqui considerado que o pico metamórfico da Orogenia Rondoniana-San Ignácio é fornecido pela idade acima referida.

Na porção sudoeste da AII do Santo Antônio, limites com a porção sudeste da AII Jirau, a Suíte Laje é representada por um corpo que mostra dimensões de 12 x 5 quilômetros (figuras 8 e 9), cuja representação cartográfica é mostrada no mapa anexo I.2.



Figura 8 - Afloramento de granito leucocrático (MQ-40) pertencente a Suíte Laje.



Figura 9 - Detalhe do granito Laje (1) apresentando xenólito de sillimanita - xisto (2) da Suíte Metamórfica Nova Mamoré.

### 3.1.8. Suíte Intrusiva Alto Candeias

A denominação de Suíte Intrusiva Alto Candeias foi dada por Bettencourt *et al.* (1997) baseado em dados geocronológicos. As rochas da respectiva suíte distribuem-se predominantemente no médio a alto curso dos rios Jaci-Paraná, Candeias, Jamari, Formoso e Capivari.

O maciço Alto Candeias, na sua área-tipo, exibe uma forma alongada de direção WNW-ESE, sendo constituído predominantemente por granitos porfiríticos de granulação média a grossa e em menor quantidade, equigranulares de granulação fina a média, aplitos, sienitos equigranulares de grão fino a médio e charnockitos.

O contato com as rochas do Complexo Jamari é marcado por uma zona de cisalhamento transcorrente no seu limite norte. Os charnockitos apresentam contato transicional com os granitos. A principal característica morfoestrutural é a sua ocorrência em campo na forma de matacões subarredondados, que afloram na porção sul da área.

Predominam os hornblenda-biotita monzogranitos, biotita-monzogranitos e quartzo-monzonitos os quais possuem cristais ovóides e tabulares centimétricos de feldspato alcalino perítico, esporadicamente manteados por plagioclásio. Constituem a fase mais precoce do magmatismo granítico evidenciado pelos contatos retos com os granitos equigranulares finos intrusivos nos primeiros. Nas porções centrais do maciço, zonas discretas de cisalhamento dúctil também ocorrem, mas, em geral, mostram-se afetados apenas por uma tectônica rúptil.

Os dados U-Pb (método convencional) em zircão de biotita monzogranito forneceram idade de  $1346 \pm 5$  Ma e  $1338 \pm 4$  Ma (Bettencourt *et al.* 1999). Dados U-Pb em *SHRIMP* de um biotita-hornblenda monzogranito resultou numa idade de  $1339 \pm 7$  Ma (Santos *et al.* 2002).

O batólito Alto Candeias ocorre predominantemente na porção sudeste da AII do Santo Antônio, onde perfaz cerca de 270 Km<sup>2</sup> de área. Apresenta via-de-regra granulação grossa, mostrando estrutura de fluxo magmático e frequentes xenólitos de rochas paraderivadas (figuras 10 a 13). A borda deste corpo é marcada por forte estiramento dos minerais caracterizando tipos protomilonítico.



Figura 10 - Granito Porfíritico Alto Candeias apresentando estrutura de fluxo magmático e xenólitos de paraderivadas da Suíte Metamórfica Nova Mamoré (JM-339).



Figura 11: Detalhe mesoscópico da textura do Granito porfíritico pertencente a Suíte Intrusiva Alto Candeias.



Figura 12 - Paisagem do leito do alto curso do rio Jaci-Paraná, mostrado corredeira instalada em terrenos graníticos (borda sudoeste do batólito) da Suíte Intrusiva Alto Candeias (afloramento JM-290). Vilarejo de Jacilândia.



Figura 13 - Paisagem mostrando pequenos morros de constituição granítica localizados na borda sudoeste do batólito Alto Candeias (JM-283). No fundo, observa-se a presença das escarpas da borda norte da Serra dos Pacaás Novos.

### 3.1.9. Suíte Intrusiva São Lourenço-Caripunas

A unidade ocorre no extremo noroeste da AII, sendo representada por uma variedade de granitos rapakivi, tais como, piterlitos e raros wiborgitos, junto com granitos equigranulares a porfiríticos, granitos pórfiros subvulcânicos, aplitos e raros quartzo-sienitos na forma de diques.

As rochas da suíte afloram predominantemente na margem esquerda do rio Madeira, na região de Mutum-Paraná, São Lourenço, Jirau, Caripunas e Fortaleza do Abunã, onde as mesmas encontram-se parcialmente encobertas pelos arenitos e conglomerados da Formação Palmeiral e por sedimentos detrítico-lateríticos holocênicos. O maciço principal é o da região de São Lourenço, o qual possui dimensões de 60 x 20 km, mostrando características de posicionamento epizonal. Entretanto, vários *stocks*, como da Cachoeira do Caldeirão (figura 14) ocorrem de forma aleatória na bacia hidrográfica do rio Madeira, Caripunas e São Lourenço.

As fácies mais evoluídas dos granitos são hipersolvus e representadas por biotita-sienogranitos e biotita-ortoclásio granitos equigranulares. As variedades porfiríticas são dominantes com a presença esporádica de enclaves microgranulares de composição diorítica. Apresentam como mineralogia principal o ortoclásio micropertítico, hornblenda ferro-titanífera (hastingsita) e biotita. Possuem como acessórios o zircão, ilmenita, magnetita e titanita. Já os granitos de Caripunas apresentam caráter subsolvus e estão fortemente afetados por processos de alteração pós-magmática nas quais ocorrem associadas mineralização de cassiterita.

Estruturas deformacionais são pouco expressivas, predominando um sistema de cisalhamento rúptil, de caráter regional, com direção predominante N70°E e rúptil-dúctil E-W/NW-SE.

Os granitos rapakivi são predominantemente metaluminosos a levemente peraluminosos, enquanto que os ortoclásio granitos são de natureza peralcalina. Tratam-se de rochas subalcalinas com conteúdo de SiO<sub>2</sub> entre 67 a 76 %, Na<sub>2</sub>O + K<sub>2</sub>O (7,9-9,8 %), FeO<sub>t</sub>/FeO<sub>t</sub> + MgO (0,88-0,99), A/CNK (0,88-1,05), K/Rb (39-213), La/Yb (2,18-15,6) e Eu/Eu\* (0,11-0,60).

Os dados isotópicos U-Pb em zircão das rochas da suíte indicaram as seguintes idades: 1314 ± 13 Ma para o Biotita sienogranito equigranular; 1312 ± 3 Ma no granito porfirítico e 1309 ± 13 Ma para o hornblenda-biotita sienogranito (Bettencourt *et al.* 1999).

Mineralizações de cassiterita e wolframita em *greisen* e veios de quartzo, além de depósitos secundários em paleoplacer estão relacionadas espacialmente aos biotita-sienogranitos equigranulares e aos ortoclásio granitos.



Figura 14 - Afloramento de granito pertencente a Suíte Intrusiva São Lourenço Caripunas localizado rio Madeira (cachoeira do Caldeirão).

### **3.1.10. Suíte Intrusiva Rondônia**

Essa unidade foi originalmente descrita por Kloosterman (1968) como “*Younger Granites of Rondônia*”, sendo sua localidade-tipo nas cabeceiras do rio Candeias. Posteriormente, Bizzi *et al.* (2002) englobaram na Suíte Intrusiva Rondônia os granitos e rochas afins amplamente distribuídos na porção centro-norte de Rondônia.

Os granitos dessa unidade litoestratigráfica estão representados, na AII do empreendimento Santo Antônio, predominantemente pelo maciço Caracol e maciço Jaci-Paraná e outros pequenos corpos (*stocks*) que ocorrem no médio curso do Rio Branco. O maciço principal ocorre ao longo da bacia hidrográfica do rio Caracol e nos limites geográficos do distrito de Jaci-Paraná.

As rochas da Suíte Rondônia, regionalmente, são separadas em dois tipos principais conforme as características petrográficas e químicas: subsolvus subalcalinas e hipersolvus alcalinas. As relações de campo sugerem que as rochas alcalinas são mais jovens que as subalcalinas adjacentes. Dentro da Área de Entorno do Santo Antônio, no entanto, somente foi caracterizada a fácies subsolvus subalcalina (Maciço Caracol, representado pelas amostras JG-104, JG-117, JG- 18 e JG-186). A geoquímica destas amostras serão tratadas oportunamente no item 3.4 deste relatório.

De um modo geral, as rochas subsolvus subalcalinas são representadas por sienogranitos equigranulares, monzogranitos porfiríticos e ortoclásio granitos dominantes, além de topázio-albita granitos e topázio-quartzo-feldspato pórfiros subordinados.

Ortoclásio sienitos, microssienitos, ortoclásio microgranitos e feldspato-quartzo pórfiros caracterizam as rochas hipersolvus alcalinas. Os sienogranitos e monzogranitos são as fases mais precoces, as quais apresentam feições rapakivíticas. Possuem megacristais de feldspato alcalino pertítico, por vezes manteados por um agregado policristalino de oligoclásio-albita.

O maciço Caracol exhibe granulação mais grossa nas suas porções mais centrais e, contrariamente, nas bordas mostrando granulação mais fina.

Os acessórios mais típicos são magnetita, zircão, apatita, allanita, esfeno e fluorita. Os microgranitos mostram intercrescimento granofírico na matriz juntamente com raros fenocristais de feldspato alcalino e biotita. Fluorita é o acessório mais abundante, além de allanita e zircão. Os minerais máficos do tipo augita e/ou hornblenda são comuns nos sienitos e microssienitos enquanto a biotita e anfibólio sódico estão presentes nos granitos alcalinos. Nos primeiros, os cristais ocelares de quartzo encontram-se manteados por piroxênios e/ou anfibólios. Fluorita, zircão, allanita e opacos são os acessórios principais.

Os dados geocronológicos em maciços graníticos de áreas distintas forneceram idades que variam de  $998 \pm 5$  Ma a  $974 \pm 6$  Ma. As mineralizações primárias de Sn, W, Nb-Ta, Be, F e sulfetos estão espacialmente associadas com os protolitionita-albita leucogranitos. O minério encontra-se nos pegmatitos com topázio e berílio, corpos de greisen com quartzo, mica litinífera e topázio, topázio-protolitionita-albita riolitos com cassiterita e veios de quartzo com cassiterita, wolframita, berílio e sulfetos de Cu-Pb-Zn e Fe.

### **3.1.11. Formação Palmeiral**

A Formação Palmeiral foi definida, inicialmente, por Lobato *et al.* (1966), tendo como área-tipo os afloramentos nas redondezas da vila de Palmeiral, margem esquerda do rio Madeira. Os litotipos da Formação Palmeiral encontram-se distribuídos amplamente na AII, principalmente na estrada que liga a BR-364 ao distrito de União Bandeirante, na Vila do Jirau e, com excelentes exposições, na Serra dos Pacaás Novos, no extremo sul da AII.

Regionalmente, a Formação Palmeiral é constituída essencialmente de ortoconglomerados, arenitos arcóianos e quartzo-arenitos. Esta unidade foi estudada por Bahia (1997), na borda oeste da Serra Pacaás Novos, o qual individualizou seis litofácies que compreendem ortoconglomerado maciço ou com estratificação incipiente, arenito com

estratificação horizontal, arenito com estratificação cruzada acanalada, arenito com estratificação cruzada tabular, arenito com estratificação cruzada sigmoidal e arenito maciço.

Os conglomerados são do tipo oligomíticos, constituídos essencialmente de seixos e calhaus arredondados e achatados de quartzo-arenito, quartzo leitoso e subordinadamente de sílex, quartzito e granito pórfiro. Os seixos ocorrem estratificados e imbricados. Entre o Jirau e a vila Palmeiral observa-se com relativa frequência a interdigitação lateral de ortoconglomerados e arenitos arcossianos.

Os arenitos variam de finos a médios, ocorrendo subordinadamente frações grossas, com grau de seleção moderado a bem selecionado. O arcabouço dos arenitos é geralmente fechado, com porções de arcabouço aberto devido a presença abundante de matriz. São compostos por grãos de quartzo, sílex e, eventualmente, feldspatos e filossilicatos (caulinita e illita).

A análise das paleocorrentes nos diversos compartimentos de ocorrência da Formação Palmeiral, utilizando-se das medidas de atitudes de *foresets* da estratificação cruzada 2D, dos eixos de estratos curvados da estratificação 3D, de imbricação dos seixos oblatos nos conglomerados e da orientação do eixo maior de seixos prolatos, mostram um sentido de paleofluxo de NNE para SSW (Bahia, 1997). A idade das rochas sedimentares da Formação Palmeiral foi atribuída inicialmente a interface Meso/Neoproterozóico, baseada na relação de intrusão das rochas máficas da Formação Nova Floresta, datadas em torno de 1000 Ma. Dados recentes obtidos pelo método U-Pb (*shrimp*) em zircões detriticos, forneceram idade máxima da sedimentação em 1030 Ma. Na área-tipo (vila Palmeiral) o zircão mais jovem tem 1154 Ma.

Litotipos desta unidade são abundantes ao longo do rio Jaci-Paraná e rio Branco, destacando-se a presença de conglomerados com matriz suportada, frequentemente muito endurecidos, e de arenitos arcossianos, via de regra cortados por fraturas preenchidas com material caulínico.

Os afloramentos que margeiam os rios Jaci-Paraná e Branco, geralmente se encontram encobertos ou por colúvios derivados do desmantelamento dos litotipos da própria formação Palmeiral, ou estão encobertos por sedimentos inconsolidados do Quaternário, podendo serem observados somente na época de seca dos referidos rios.

A distribuição desta unidade, assim como os pontos de afloramentos observados no campo (figura 15 a 17) estão cartografados no Mapa Geológico das Áreas de Influência Indireta (anexo I.2), e no Mapa de Pontos de Afloramento Descritos na Área de Influência Indireta do Santo Antônio (Anexo I.4), que se encontram como anexos neste relatório.



Figura 15 - Afloramento de Conglomerado Palmeiral (JM-315) no leito do rio Jaci-Paraná.



Figura 16 - Aspecto textural do Conglomerado Palmeiral mostrando seixos e blocos de variados tamanhos e matriz suportada (JM-315), rio Jaci-Paraná (AID).



Figura 17 - Afloramento de Arenito Arcosiano da Formação Palmeiral (JM-316) apresentando fraturas preenchidas por material caulínico, localizado na margem do rio Jaci-Paraná (AID).

### **3.1.12. Formação Nova Floresta**

A unidade foi descrita primeiramente por Souza *et al.* (1975) como uma associação de rochas básicas com posicionamento cronoestratigráfico mais jovem do que outras unidades pré-cambrianas da região. Posteriormente, Leal *et al.* (1978) denominou de Formação Nova Floresta, a qual constitui uma associação de rochas basálticas que ocorre na forma de *sill*, aflorando no igarapé homônimo com aproximadamente 120 metros de espessura, intercaladas com arenitos arcosianos da Formação Palmeiral. Torres *et al.* (1979) destacam que os contatos das básicas são discordantes com os arenitos da Formação Palmeiral, sugerindo que as mesmas seriam mais antigas do que as rochas sedimentares. As rochas máficas da Formação Nova Floresta ocorrem na região central de Rondônia, com suas principais exposições na borda leste da Serra dos Pacaás Novos, estendendo-se desde as cabeceiras do rio João Câmara, Jaci-Paraná e do Igarapé Nova Floresta.

A Formação Nova Floresta, segundo Romanini (2000), inclui basaltos, diabásios, gabros, olivina-gabros e gabros anortosíticos. Na borda norte da serra Pacaás Novos, os basaltos mostram-se estruturalmente maciços, às vezes exibindo disjunção colunar, granulção fina a afanítica, com freqüentes amígdalas preenchidas por epidoto e carbonato. Os olivina-gabros,

contemporâneos a eles, exibem uma discreta orientação de fluxo magmático definida, principalmente, por cristais tabulares de plagioclásio. A granulação é média a grossa e cumulos de piroxênio e olivina são raros. Mostram-se entrecortados em direção aleatória por vênulas centimétricas de epidoto, as quais fornecem uma coloração esverdeada à rocha. Os tipos gabróicos são similares texturalmente e composicionalmente aos olivina-gabros, diferindo apenas no conteúdo de olivina.

Os dados geoquímicos demonstraram que as rochas desta formação são subalcalinas e apresentam filiação tholeiítica. Datações radiométricas K-Ar em basaltos forneceram idades que variam entre  $967 \pm 17$  a  $1098 \pm 17$  Ma (Leal *et al.* 1978). Os basaltos da borda norte da Serra Pacaás Novos têm idade Ar-Ar de  $1062 \pm 3$  Ma (Tohver *et al.* 2002). Os gabros desta mesma localidade, que são considerados por esse último autor, como equivalentes plutônicos dos basaltos forneceram idade Ar-Ar de  $1198 \pm 3$  a  $1201 \pm 2$  Ma.

### **3.1.13. Formação Jaci-Paraná**

Os sedimentos arenosos, siltico-argilosos e argilosos que recobrem rochas magmáticas, metamórficas e sedimentares proterozóicas eram até então associados à Formação Solimões. Adamy *et al.*, (1990) denominaram de Formação Jaci-Paraná para os depósitos arenosos, siltosos e argilosos eminentemente de origem fluvial que tem como área-tipo o baixo curso do rio Jaci-Paraná. Esses depósitos ocorrem, preferencialmente, na porção norte da AII.

Na grande maioria dos afloramentos, os sedimentos dessa unidade repousam discordantemente por sobre rochas da Suíte Santo Antônio, Teotônio e dos granitos da Suíte Rondônia.

Os depósitos sedimentares (terraços arenosos) são predominantemente inconsolidados. As areias são normalmente imaturas, por vezes conglomeráticas, quartzosas, mal selecionadas, possuindo grãos angulosos a subarredondados. Também ocorrem areias feldspáticas de matriz argilosa e friáveis. As estruturas sedimentares são bastante variáveis ocorrendo estratificação cruzada de pequeno porte, plano-paralela horizontal, cruzada acanalada e pacotes maciços. Camadas pouco espessas (10 a 60 cm) de silte-argiloso e argila, de cor cinza-amarelada, ocorrem intercaladas as areias, exibindo granodecrescência ascendente na granulometria. Além disso, em alguns locais (pediplanos), observam-se areias finas em pequenas camadas intercaladas com sedimentos siltico-argilosos.

Fazendo parte desta formação ocorrem lateritos imaturos em pacotes espessos capeando as mais variadas rochas da região. Constituem horizontes bem definidos distribuídos na seguinte

forma: horizonte concrecionário, horizonte mosqueado, horizonte pálido e rocha-mãe na parte basal. O horizonte concrecionário ou ferruginoso não chega a formar crosta e as estruturas primárias são raras. Na sua parte superior ocorre uma zona esferulítica constituída por concreções e nódulos de óxi-hidróxidos de ferro e zona colunar na parte inferior constituída por estruturas alongadas colunares.

No horizonte mosqueado (plintito) que está posicionado abaixo do horizonte concrecionário em contato gradacional, constitui-se de argila variegada com pequenos nódulos esbranquiçados a rosados de gibbsita. O horizonte pálido é de espessura variável e ocorre entre o mosqueado e rocha-mãe. Apresenta estruturas primárias preservadas, coloração branca-amarelada caracterizada pela quase ausência de óxi-hidróxidos de ferro.

#### **3.1.14. Cobertura Detrito-Laterítica**

Os sedimentos detrito-lateríticos ocorrem preferencialmente na porção central da AII, nas regiões de relevo arrasado, além dos interflúvios tabulares e associados a pequenas elevações dominadas pelo horizonte concrecionário do perfil laterítico. Constituem-se, em grande parte, de depósitos colúvio-aluvionares areno-argilosos. Esses depósitos, na sua base, são constituídos por seixos provenientes dos próprios lateritos concrecionários, formando corpos do tipo *stone-layer* e, no topo, por material argiloso proveniente do horizonte mosqueado. As superfícies aplainadas são constituídas predominantemente por solos argilo-arenosos, de baixa maturidade textural e mineralógica, de tonalidade avermelhada, ricos em concreções ferruginosas, além de níveis de argilas coloridas e areias inconsolidadas provenientes, em grande parte, do desmantelamento dos arenitos da Formação Palmeiral.

Os lateritos imaturos, quando desmantelados, também passam a constituir parte das coberturas detrito-lateríticas modelando grande parte do relevo atual. Em certas áreas, onde a parte superior está mais espessa e endurecida e houve maior entalhamento da drenagem, observa-se a formação de um relevo tendendo a platôs.

#### **3.1.15. Sedimentos Aluvionares Indiscriminados**

Ocorre predominantemente associado às margens dos principais cursos d'água de maior porte, como os rios Madeira, São Francisco, Jaci-Paraná e Igarapé do Contra. O padrão de sedimentação fluvial holocênico do Sistema Fluvial Guaporé-Mamoré-Alto Madeira é caracterizado por depósitos de acreção lateral e de carga de fundo, que incluem barras em

pontal, barras de meio de canal e depósitos de carga de fundo. Associado ao ambiente fluvial ocorre o ambiente lacustre, representado por lagos residuais, formados pela migração das cristas de acreção lateral das barras, além de lagos represados.

Os depósitos de barra de meandro ou barra em pontal são constituídos por sedimentos arenosos, siltico-argilosos e raramente conglomeráticos, interestratificados e com baixa a média seleção granulométrica, apresentando-se sobrejacentes aos depósitos residuais de canal. De maneira geral, as barras de meandro caracterizam-se por materiais que estão dispostos segundo uma granodecrescência vertical, iniciando com camadas arenosas que apresentam estratificação cruzada acanalada e tangencial, estratos horizontalizados nas zonas medianas e camadas de sedimentos finos, siltico-argilosos, no topo.

Os depósitos de barras de canal são acumulações arenosas aflorantes em épocas de estiagem. Os sedimentos gradam na fração areia a seixo, com baixa seleção dos grãos, podendo evoluir até areia fina mais selecionada. Apresentam estratificação cruzada de médio porte, em geral com sedimentação granodecrescente.

Os depósitos de diques marginais constituem-se em cordões sinuosos, cuja altura maior desenvolve-se perto da margem do canal, onde formam bancos íngremes e estreitados em direção às bacias de inundação marginais. Desenvolvem-se sobre as barras e formam-se quando a corrente transborda sobre os bancos. Caracterizam-se pela alternância de camadas de areias finas com sedimentos siltico-argilosos, estes últimos em maior proporção do que aquela encontrada nas barras de meandro.

### **3.1.16. Depósitos Pantanosos**

Depósitos sedimentares recentes, de origem fluvio-lacustre, constituído por areias, siltes, argila e matéria orgânica. Ocorrem tanto a jusante, como a montante nas proximidades da cachoeira de Santo Antônio. São áreas sujeita a inundações nos períodos chuvosos, sendo localmente conhecida como lagoas.

## **3.2. Área de Influência Direta – Descrições das Unidades Litoestratigráficas**

As unidades litoestratigráficas cartografadas no domínio da Área de Influência Direta (AID) do Aproveitamento Hidrelétrico do Santo Antônio, estão representadas no mapa geológico de escala 1:100.000 presente neste relatório como anexo I.1. Este produto foi obtido através da re-interpretação de mapeamentos geológicos executados pela CPRM desde a década de 1970,

com acréscimos de dados das campanhas de campo desenvolvidas durante o período de outubro a novembro de 2004, e de maio a julho de 2005, já na fase do convênio desta instituição com FURNAS, visando com isto refinar os dados geológicos referentes aos temas de estrutural, contatos litoestratigráficos, descrição analítica de afloramentos, entre outros, com o fim precípua de acrescentar mais informações ao conhecimento do meio físico da área.

Os Pontos de Afloramentos Descritos na Área de Influência direta (escala 1:100.000), estão representado no Anexo I.3.

As unidades referidas em epígrafe, as quais estão presentes no domínio da AID de Santo Antônio, estão descritas de forma sucinta e objetiva como segue:

### **3.2.1. Suíte Intrusiva Serra da Providência**

Um pequeno *stock* com dimensões de 3 x 4 km, representado pelos afloramentos JG-123 e JG-190 (figura 18), localizado a nordeste da cidade de Jaci-Paraná, foi enquadrado como pertencente à Suíte Intrusiva Serra da Providência. As análises geoquímicas e petrográficas realizadas nas referidas amostras, permitiram estabelecer que este corpo, fosse classificado como pertencente a referida Suíte.

Petrograficamente trata-se de um Titanita-biotita-hornblenda monzogranito, róseo, inequigranular, de granulação grossa, isotrópico, apresentando fraturamento rúptil, segundo as atitudes: N35-65W / 65NE a subvertical, e mais raramente segundo N-S/65E e N10-20E/60SE a subvertical.

Localmente ocorrem autólitos de rocha híbrida associados aos litotipos desta unidade (figura 19).

Pormenores das características geoquímicas deste corpo serão apresentadas no item 3.4 do relatório referente ao AHE do Jirau, onde as amostras JG-123A e JG-190 serão analisadas conjuntamente com as amostra JG-85, JM-42, JM-45A, JM-51, JM-60 e JM-61A, todas elas enquadradas, geoquimicamente, como pertencentes a Suíte em epígrafe.



Figura 18 - Granito Serra da Providência (JG-123) recoberto por sedimentos quaternários.



Figura 19 - Feição textural do Titanita-biotita-hornblenda monzogranito Serra da Providência (1) apresentando associação com rocha híbrida (2).

### 3.2.2. Suíte Intrusiva Santo Antônio

O corpo principal que engloba os litotipos graníticos que constituem esta suíte, possui dimensões de cerca de 8 x 9 km, caracterizando-se como um *stock* de contornos irregulares, que aflora de forma mais contínua e proeminente, na margem direita do rio Madeira ao longo de oito quilômetros, a montante-sudoeste da cachoeira homônima, com algumas porções estando recobertas por sedimentos atuais a sub-atuais. Datação geocronológica realizada pelo método U-Pb indica uma idade de 1406 M.a. para esta unidade (Tosdal & Bettencourt, 1994).

Estão enquadradas nesta suíte, rochas classificadas como biotita monzogranito, de coloração cinza claro, isotrópicos, e biotita sienogranito, róseo, porfírico. As referidas litologias ocorrem com mais frequência no leito do rio Madeira, principalmente na margem direita, ao longo do trecho entre os pontos JG-137 e 138, na cachoeira de Santo Antônio e arredores, assim como nas pedreiras da Rondomar (figuras 25, 26 e 27) e 5º BEC.

Estas rochas estão afetadas por intenso processo de fraturamento, predominantemente rúptil, obedecendo às atitudes principais: N40 -75E /90° e N75W / 45 NE (JG-125); N 40-60 E / 90 (JG-126); N10-30E /90° e N15-25W / 90 (JG-128). Análise estrutural preliminar do maciço Santo Antônio e apresentada no item 3.3.1 deste relatório

O Biotita monzogranito do afloramento JG-125 apresenta raros pórfiros de feldspato, e mostram intrusões de bolsões e veios pegmatóides, assim como veios de quartzo preenchendo fraturas com atitude N70E / 75 SE.

A figura 20, a seguir, representa uma feição textural típica do hornblenda-biotita monzogranito, de granulação grossa, inequigranular, porfírico, referente ao afloramento JG-139. Nesta porção do corpo, observa-se a presença de veios aplíticos e um baixo grau de fraturamento, com predomínio de fraturas segundo N-S /90°, e secundariamente, com atitude N45-60E/90°. São comuns fraturas fechadas preenchidas por veios de quartzo com espessuras milimétricas, que ocorrem, tanto na atitude N-S / 90°, quanto na atitude N 75E / 75 SE.



Figura 20 - Textura do Hornblenda-biotita monzogranito, de granulação grossa, aflorante na margem direita da cachoeira do Santo Antônio (Afloramento JG-139).

A porção sudoeste deste corpo, aflorante na margem direita rio Madeira, estende-se por cerca de 5 km à montante do ponto JG-139, sendo, via-de-regra, recoberto por sedimentos atuais a sub-atuais nas encostas do barranco do rio. No entanto, o trecho margeando o rio, compreendido entre os afloramentos JG-137 e 138, destaca-se pela continuidade da exposição ao longo de 1500 metros. Esta região é contígua às pedreiras da Rondonmar e 5° BEC. Neste trecho, as fraturas predominam são também na direção N 45-60 E / 90°, com raras atitudes segundo N 80 W / 90° (JG-137) e N 45W / 90° (JG-138).

Na pedreira da Rondonmar (afloramento JG-224), o corpo granítico apresenta enclaves e também é comum a presença de rochas híbridas resultantes da mistura de magmas contrastantes, ou seja, granítico com magma máfico (figura 21). Além deste fato, neste local, o corpo se encontra afetado por uma falha transcorrente, de movimentação dextral (figura 22) com atitude segundo N45E/90°, paralela ao grande Lineamento Transtensivo Dextral Madre de Dios / Itacoatiara localizado a noroeste da área.



Figura 21 - Parede da cava da Pedreira da Rondomar (JG-224), mostrando rochas híbridas (1) derivadas de mistura de magma granítico com magma máfico. Hornblenda - biotita - monzogranito (2).

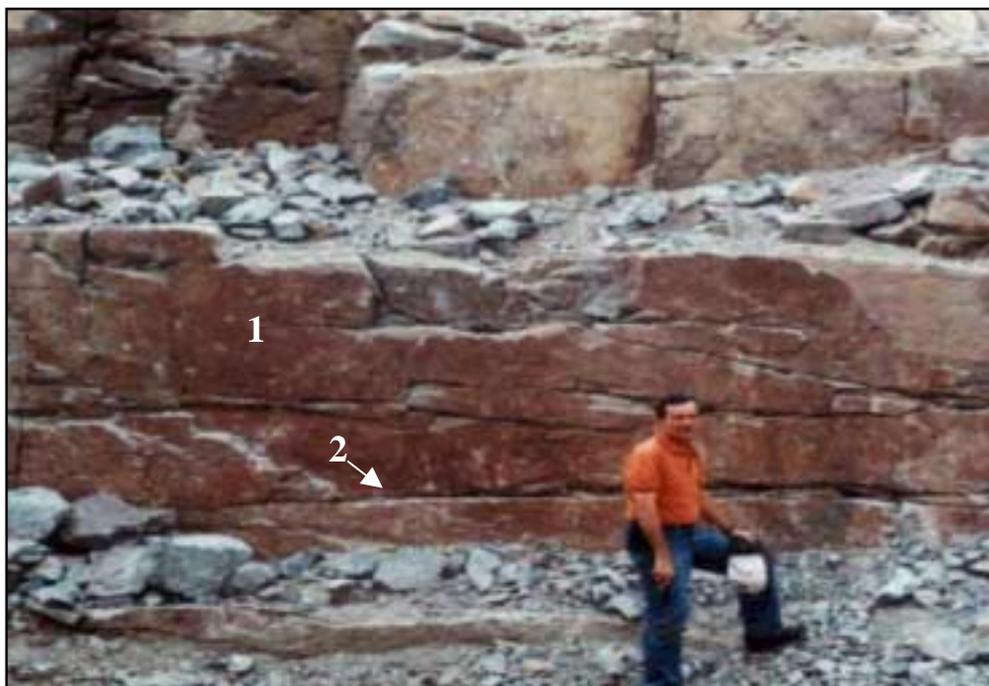


Figura 22 - Exposição no interior da cava da Pedreira da Rondomar, onde se observa plano de falha (1) com atitude segundo N 45 E /90° e fraturas subhorizontais (2) correspondentes ao alívio de pressão litostática.

Estes falhamentos são ilustrados no Mapa Geológico na escala de 1:100.000 (anexo I.1), na forma de lineamentos paralelos ao grande Lineamento Madre de Dios-Itacoatiara, que por sua vez são representados no item 4 - Estruturas e Tectônica Regional (figuras 97 e 98).

Observa-se, porém, que a rocha predominante nesta porção do maciço granítico (JG-224), ilustrada na figura 22, é o hornblenda-biotita monzogranito de coloração rosa-claro, grosso, com presença de uma fácies de matriz de granulação fina a média, porfirítica, subordinada e correlacionável ao litotipo observado no ponto JG-128.

As ilustrações fotográficas a seguir visam mostrar alguns aspectos texturais e estruturais deste *stock*, tão bem expostos nesta região.



Figura 23 - Feição mesoscópica mostrando detalhe da rocha híbrida da figura 21.

A delimitação cartográfica desta unidade litoestratigráfica que se encontra no mapa (anexo I.1), mostra-se irregular em função do intenso processo geoquímico, supergênico, que se desenvolveu nas partes superiores deste corpo, sendo por isto seus terrenos cobertos por uma extensa carapaça laterítica em superfície, que inclusive pode ser observada, principalmente ao longo dos cortes da estrada BR-364, nas proximidades da UNIR e estrada vicinal da BR-364 em direção à cachoeira Santo Antônio.

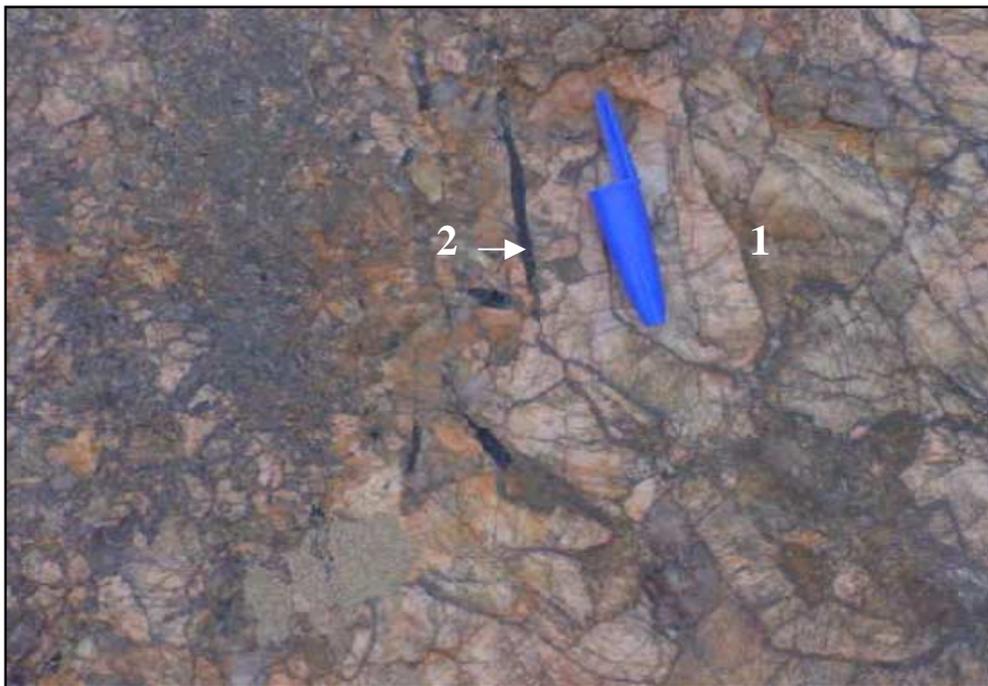


Figura 24 - Pegmatito (1) com turmalina preta (2), associado ao hornblenda-biotita monzogranito Santo Antônio. Afloramento (JG-128).



Figura 25 - Contato entre hornblenda-biotita monzogranito porfírico de granulação grossa (1) com hornblenda-biotita monzogranito de granulação fina a média (2), também porfírico, mas com fenocristais distribuídos de forma mais esparsa. (Afloramento JG-128).



Figura 26 - Detalhe da figura 29. Feição mesoscópica do hornblenda-biotita monzogranito porfírico de granulação fina a média.



Figura 27 - Afloramento de hornblenda-biotita monzogranito intensamente fraturado, localizado na cachoeira do Santo Antônio.



Figura 28 - Textura rapakivi observada no granito de natureza subvulcânica, aflorante no ponto JG-128.

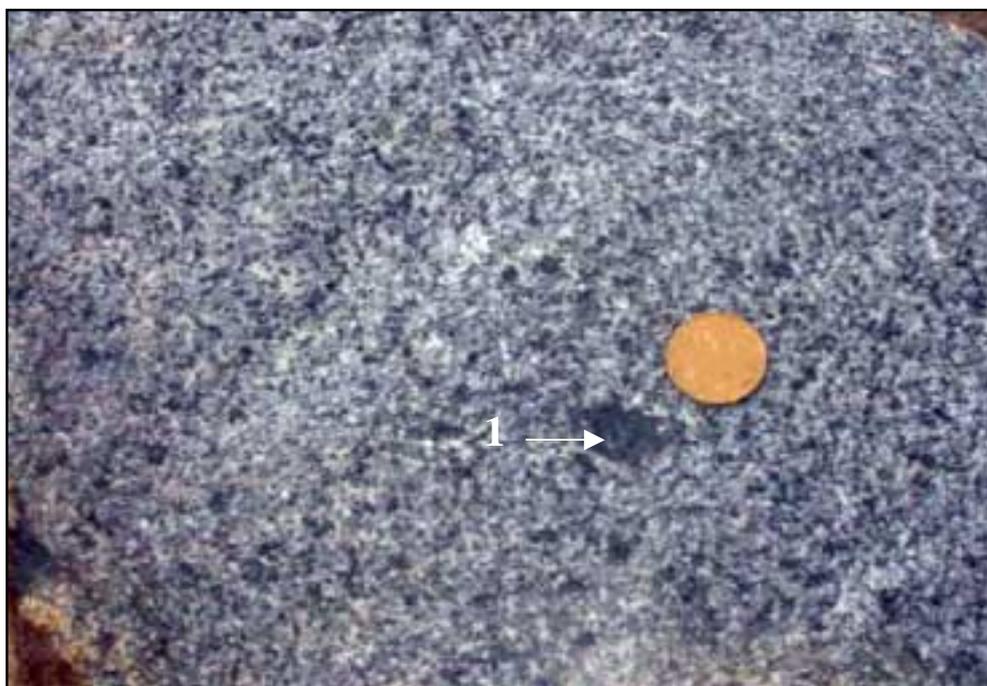


Figura 29 - Feição mesoscópica do litotipo do afloramento JG-127, apresentando aglomerados de máficos (1) e pontuações de pirita (rocha híbrida).

### 3.2.3. Suíte Intrusiva Teotônio

Dois corpos graníticos, o primeiro situado nos arredores e a montante da cachoeira de Morrinhos, e o segundo nos arredores e à montante da cachoeira do Teotônio, foram enquadrados neste relatório na Suíte Intrusiva Teotônio.

O corpo que ocorre na localidade de Teotônio, nos domínios e nas proximidades da cachoeira homônima, apresenta as melhores exposições nas porções norte e oeste (margem esquerda), e sul (margem direita) da referida cachoeira.

As fácies que constituem esta unidade estão representadas pelos seguintes termos: biotita sienogranito róseo (figura 30) de granulação grossa; monzonito e sienito. Os termos biotita sienogranito de coloração rosa e monzonitos acinzentados predominam. Estes últimos, apresentam-se, às vezes, com pontuações róseas e mostram granulação fina a média, conforme exemplificado no afloramento JG-108. Ocorrem, também, a presença de fenocristais de feldspato alcalino com diâmetro inferior a 4 mm (ponto JG-111).

A fácies de composição sienítica é restrita a diques estreitos, observáveis principalmente nos afloramentos da cachoeira do Teotônio (figura 31).

Outro corpo individualizado neste trabalho, localiza-se na região do Morrinhos (cachoeira e arredores), à montante da cachoeira homônima, onde ocorrem exposições de forma mais freqüente na margem esquerda do rio Madeira ao longo de cerca de 17 Km. Neste trecho localizam-se os afloramentos referentes aos pontos JG-107, 108, 109, 111, 112, 113 e 114. Este trecho constitui a área de maior ocorrência linear desta unidade, ao longo do rio Madeira (trecho Jirau-Santo Antônio), sendo recobertos em alguns locais, como no ponto JG-109, por sedimentos argilo-siltosos quaternários.

A norte e noroeste do ponto JG-107, o relevo é predominantemente colinoso e contrasta com o terreno peneplanizado à jusante, que constitui a cobertura sedimentar quaternária, entretanto, o substrato é constituído pelo granito da referida suíte.

Diversas variedades faciológicas foram observadas nos afloramentos presentes neste segmento do rio, as quais são descritas sucintamente a seguir:

- biotita monzogranito, cinza, de granulação fina a média (JG-107);
- monzogranito cinza, com pontuações rosa-claro, feldspáticas, apresentando duas variedades granulométricas: uma fina e outra média a grossa (JG-108);
- monzogranito, cinza, granulação média, porfirítico (JG-111);
- biotita monzogranito rosa-claro, granulação média a fina, com presença de fenocristais de feldspato menores que 4 mm, além de conter autólitos de composição diorítica (JG-113).



Figura 30 - Feição mesoscópica do sienogranito róseo (1) e dique de leucogranito fino (2).



Figura 31 - Feição mesoscópica do dique de sienito intrudido (1) no sienogranito (2).

Associado ao biotita sienogranito grosso, ocorre, localmente, um granito fino, de coloração rosa-escuro, com pontuações pretas, apresentando fenocristais de feldspato alcalino, euédricos, com diâmetro menores que 10 mm, distribuídos de forma dispersa na rocha.

Por outro lado, os afloramentos rochosos expostos na cachoeira de Morrinhos apresentam excelentes exposições, de valor geológico inestimável, principalmente por trazer o registro de relações estratigráficas importantes, como intrusões de biotita sienogranito em rocha calciossilicática (Complexo Jamari), as quais estão presentes na forma de megaxenólitos, apresentando foliação preservada (figura 32), embora com atitudes não originais, e injeções de material granítico (diques aplíticos) de duas gerações diferentes (figura 34). Observa-se, ainda, neste local a presença de mobilizados félsicos quartzo-feldspáticos, bolsões e veios pegmatóides, (figura 33), e a associação de corpos máficos deformados. Esta miscelânea de rochas ocorre, principalmente na porção noroeste da cachoeira (margem esquerda), enquanto que na margem direita existe a predominância de sienogranito grosso, róseo, inequigranular, isotrópico, mas afetado por fraturamentos segundo atitudes N50-60E/subv., N30-40W/subv e E-W/70S.

As figuras que se seguem, ilustram os principais detalhes da faciologia presente nesta porção do corpo granítico presente na cachoeira de Morrinhos.



Figura 32 - Detalhe do contato entre sienogranito de granulação grossa (1) pertencente a Suíte Intrusiva Teotônio e o megaxenólito de rocha calciossilicática do Complexo Jamari (2). A Bússola indica o norte verdadeiro.



Figura 33 - Bolsões pegmatóides tardios (1) intrudidos em sienogranito (2).



Figura 34 - Diques aplíticos seccionando rocha calcissilicática (1) mostrando duas gerações de intrusões (2 e 3).



Figura 35 - Paisagem mostrando afloramentos de sienogranito na cachoeira de Morrinhos.  
No fundo, relevo colinoso característico de terreno granítico.



Figura 36 - Paisagem mostrando afloramentos de sienogranito no leito do Madeira. Ponto  
de afloramento JM-141 (trecho Morrinhos-Teotônio).



Figura 37 - Feição mesoscópica do sistema de fraturamento do ponto JM-141. Bússola indicando norte geográfico.

#### **3.2.4. Suíte Intrusiva São Lourenço Caripunas**

As rochas graníticas desta unidade mostram-se distribuídas no extremo sudoeste da AID do Santo Antônio. Os principais afloramentos ocorrem ao longo da cachoeira do Jirau e na cachoeira do Caldeirão. Na cachoeira do Jirau afloram granitos pórfiros subvulcânicos de cor vermelho escuro, isotrópicos, intensamente fraturados e falhados por uma tectônica rúptil. Apresentam textura granular porfirítica, representada por pórfiros de feldspato alcalino e quartzo hexagonal dispersos em matriz fanerítica fina constituída por agregado microcristalino de quartzo, feldspato alcalino, plagioclásio e biotita. Os pórfiros de feldspato alcalino, por vezes, apresentam-se manteados por fina auréola de plagioclásio evidenciando a textura rapakivi. Os granitos pórfiros exibem contato retilíneo e intrusivo em metatufos da Formação Mutum-Paraná, como o observado no afloramento JG-19, Vila Palmeiral (AHE do Jirau) e estão sotopostos aos conglomerados da Formação Palmeiral. Nas regiões peneplanizadas os granitos pórfiros encontram-se fortemente intemperizados, aflorando somente o saprólito dos mesmos, porém em alguns locais ocorrem feições estruturais e texturais preservadas. Afloramentos com estas características ocorrem ao longo da estrada que liga a vila do Jirau a União Bandeirantes.

Na cachoeira do Caldeirão (AID Santo Antônio) e adjacências e ao longo do igarapé Baunilha (AII do Jirau), afloram sienogranitos de granulação grossa, isotrópicos, coloração

rosada, feições rapakivíticas frequentes, os quais representam uma fácies da Suíte Intrusiva São Lourenço-Caripunas. Possivelmente, esses granitos são transicionais com os granitos pórfiros conforme pode ser observado em afloramentos próximo de São Lourenço, na AII do Jirau. Os sienogranitos apresentam fenocristais ovalados de feldspato alcalino envoltos por finas auréolas de plagioclásio caracterizando a textura rapakivi. Os minerais máficos estão representados por biotita e, mais raramente, anfibólio. Diques aplíticos, provavelmente sin-plutônicos, são comuns, os quais apresentam dimensões métricas a decamétricas.

Foram realizadas análises de duas amostras do maciço do Caldeirão (JM-106 e JM-112), localizado na porção sudoeste da AID do Santo Antônio, visando a caracterização geoquímica das mesmas em termos de elementos maiores e menores. Os resultados obtidos, juntamente com os resultados de outras cinco amostras (JM 56A, JM-57, JM-73, JM-86, e JM-108), pertencentes a AID do Jirau, são discutidos no item 3.4, referente a geoquímica do relatório do Jirau, tendo em vista que esta unidade é mais representativa naquela área. Ademais existe uma superposição das áreas de Santo Antônio e Jirau na região de abrangência da unidade nesta região, o que não justifica a repetição da mesma análise nos dois relatórios.

### **3.2.5. Formação Palmeiral**

A Formação Palmeiral foi definida, inicialmente, por Lobato *et. Al.* (1966), tendo como área-tipo os afloramentos nas redondezas da vila de Palmeiral, margem esquerda do rio Madeira.

A semelhança do que ocorre regionalmente, a Formação Palmeiral é constituída na AID do Santo Antônio, essencialmente de ortoconglomerados, arenitos arcossianos e quartzo-arenitos. Esta unidade foi estudada por Bahia (1997), na borda oeste da Serra Pacaás Novos, o qual individualizou seis litofácies que compreendem ortoconglomerado maciço ou com estratificação incipiente, arenito com estratificação horizontal, arenito com estratificação cruzada acanalada, arenito com estratificação cruzada tabular, arenito com estratificação cruzada sigmoidal e arenito maciço.

Os conglomerados são do tipo oligomíticos, constituídos essencialmente de seixos e calhaus arredondados e achatados de quartzo-arenito, quartzo leitoso e subordinadamente de sílex, quartzito e granito pórfiro. Os seixos ocorrem estratificados e imbricados. Entre o Jirau e a vila Palmeiral observa-se com relativa freqüência a interdigitação lateral de ortoconglomerados e arenitos arcossianos.

Os arenitos variam de finos a médios, ocorrendo subordinadamente frações grossas, com grau de seleção moderado a bem selecionado. O arcabouço dos arenitos é geralmente fechado,

com porções de arcabouço aberto devido a presença abundante de matriz. São compostos por grãos de quartzo, sílex e, eventualmente, feldspatos e filossilicatos (caulinita e illita).

A análise das paleocorrentes nos diversos compartimentos de ocorrência da Formação Palmeiral, utilizando-se das medidas de atitudes de *foresets* da estratificação cruzada 2D, dos eixos de estratos curvados da estratificação 3D, de imbricação dos seixos oblatos nos conglomerados e da orientação do eixo maior de seixos prolatos, mostram um sentido de paleofluxo de NNE para SSW (Bahia, 1997). A idade das rochas sedimentares da Formação Palmeiral foi atribuída inicialmente a interface Meso/Neoproterozóico, baseada na relação de intrusão das rochas máficas da Formação Nova Floresta, datadas em torno de 1000 Ma. Dados recentes obtidos pelo método U-Pb (*shrimp*) em zircões detriticos, forneceram idade máxima da sedimentação em 1030 Ma. Na área-tipo (vila Palmeiral) o zircão mais jovem tem 1154 Ma.

Na Área de Influência Direta do AHE do Santo Antônio os litotipos desta unidade se encontram distribuídos amplamente no extremo sudoeste, principalmente, ao longo do leito do Rio Madeira à montante da cachoeira do Jirau (Afloramentos JM-03, JM-04); na estrada que liga a BR-364 ao acampamento de FURNAS no Jirau (afloramentos JM-87 A, JM-88, JM-89, JM-90); no leito do rio São Francisco (afloramentos JM-347 a JM-350); no leito do rio Jaci-Paraná ocorrem os afloramentos JM-315 a JM-320 (figura 15, 16 e 17), JM-322, JM-322 A, JM-327 e JM-328 e no leito do rio Branco (afloramentos de JM-313 a JM-326). Observa-se, também, uma ampla distribuição destes litotipos sedimentares ao longo da Linha 101 (afloramentos JG-165, JG-173 e JG-174), que embora estejam fora da AID, se constituem de grande importância pelo fato de auxiliarem na cartografia da distribuição desta unidade em ambas as áreas do empreendimento (AID e AII).

Destaca-se neste contexto a presença de falhamentos observados no ponto JG-174 apresentando atitude de N75° W/ 83° NE, coincidente com o falhamento observado em granito róseo de granulação grossa (ponto JG-335) encontrado no leito do rio Branco e que mostra atitude N70° W/ 72° NE. Os referidos pontos formam um lineamento geológico paralelo a uma grande falha normal observada no Mapa Geológico presente neste relatório (anexo I.1).

### **3.2.6. Suíte Intrusiva Rondônia**

Na Área de Influência Direta do Empreendimento Hidrelétrico do Santo Antônio ocorrem três corpos que estão enquadrados nesta suíte, na região próxima da cidade de Jaci-Paraná, sendo o maciço Caracol o mais expressivo por ter dimensões batolíticas e porção noroeste aflorante no leito e na margem direita do rio Madeira, próximo da foz do rio Jaci-Paraná. A borda noroeste

deste corpo se encontra recoberto por sedimentos da Formação Jaci-Paraná (Quaternário) e Formação Rio Madeira (Pleistocênicos Superior).

Os afloramentos no leito do rio Madeira (JG-99, JG-104, JG-119, JG-120, JG-121, JG-101), localizados nas proximidades da foz do rio Jaci-Paraná, apresentados no Mapa de Afloramentos da AID (anexo I.3), representam a porção noroeste deste corpo batolítico (figura 42). Além destes pontos, este corpo aflora na BR-364, Km 81,2 (trecho Porto Velho / Jaci-Paraná (JG-189) e na cachoeira do rio Caracol (JG-186).

Caracterizam esta suíte, termos tal como o biotita sienogranito grosso, porfirítico, observado no leito do rio Madeira, confluência com rio Jaci-Paraná (JG-104 e JG-99), representado nas figuras a seguir:



Figura 38 - Paisagem mostrando afloramento rochoso referente ao ponto JG-104 (biotita sienogranito), granulação grossa, róseo, porfirítico, com fraturas principais segundo atitude N80E / subvertical, localizado na confluência do rio Madeira com rio Jaci-Paraná.



Figura 39 - Feição mesoscópica do afloramento JG-104 (biotita sienogranito) mostrando sistema de fraturas anastomosadas, com atitude predominante segundo E-W / subvertical.



Figura 40 - Textura de outra Fácies (biotita sienogranito porfirítico) observada no afloramento JG-99, contíguo ao ponto JG-104.



Figura 41 - Textura do sienogranito porfirítico observada no afloramento JG-99.

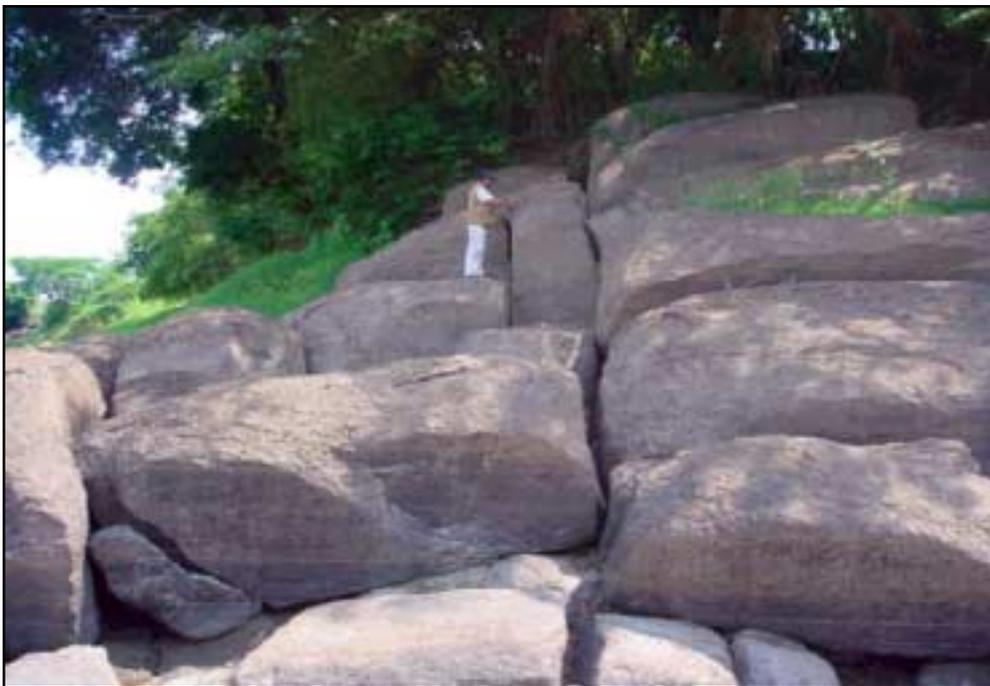


Figura 42 - Afloramento de biotita sienogranito ( fácies dominante), róseo, granulação grossa, porfirítico apresentando fenocristais de feldspato com tamanho entre 2-3 cm, e fácies esbranquiçada com porções esverdeadas (epidotização) e aglomerados de biotita ( fácies secundária). Fraturamento rúptil subvertical. Ponto JG-119.

Neste local o corpo está afetado por um intenso fraturamento rúptil-dúctil segundo a atitude E - W / 80N a subvertical, conforme demonstra a figura 42.

Fato importante a destacar é que o afloramento rochoso do ponto JG-104 serve de barreira e refletor para as correntes d'água do rio Madeira, desviando o fluxo para a margem direita do rio, trazendo como consequência, a erosão acentuada desta margem.

De elevada importância para a compreensão deste corpo batolítico (maciço Caracol) são os afloramentos dos pontos JG-185 e 186, localizados na porção centro-norte do corpo. O primeiro na cachoeira do rio Caracol, e o segundo na margem da Br-364, Km 81,2 (trecho Porto Velho/ Jaci-Paraná).

Na Cachoeira do rio Caracol, o litotipo é um sienogranito porfirítico, cortado por diques de riolito segundo a direção N35W/subvertical.

Um intenso fraturamento ocorre no local, apresentando as seguintes direções: N40-60W/ subvertical, E-W/ subvertical, e N40E/ subvertical.



Figura 43 - Paisagem da Cachoeira do rio Caracol com exposição do biotita sienogranito, intensamente fraturado.

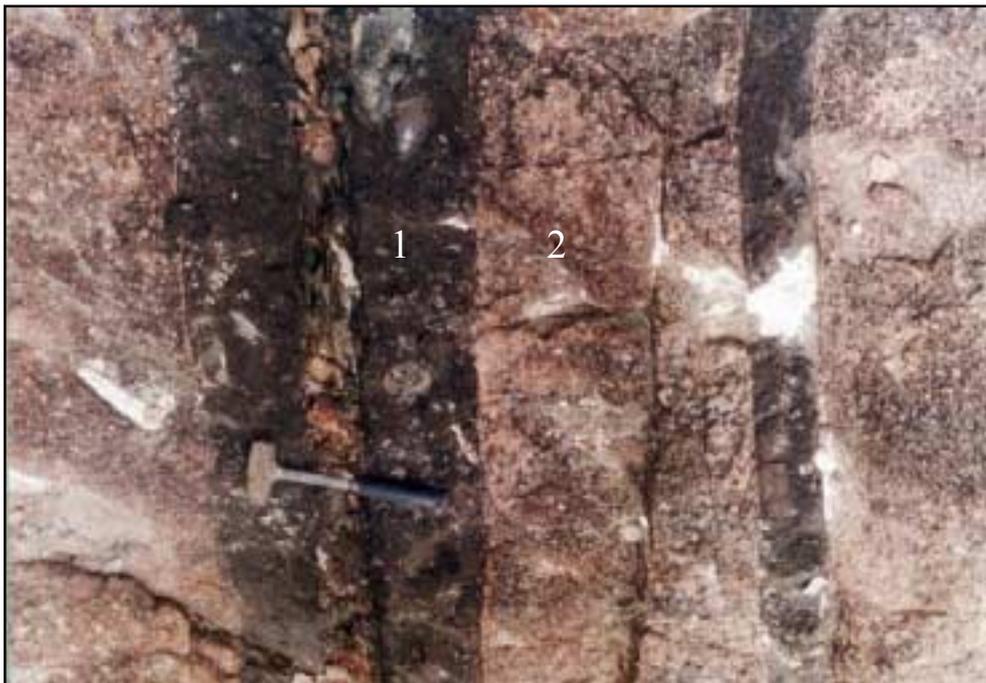


Figura 44 - Feição mesoscópica no afloramento JG-186, mostrando diques sin-plutônicos de riolito (1) intrudidos no corpo granítico (2), segundo a atitude N35W/subvertical.



Figura 45 - Feição mesoscópica do afloramento JG-186, mostrando veios de quartzo (1) preenchendo fraturas fechadas com direção norte-sul no granito Caracol (2).

Neste afloramento (JG-186), localizado na margem da BR-364, km 81,2 (Trecho Porto-Velho / Jaci-Paraná), o litotipo característico é o sienogranito porfirítico, que apresenta textura rapakivi e cristais xenomórficos de quartzo com diâmetro menores que 10 mm. Vênulas de quartzo de forma lenticulares preenchem fraturas de direção N-S, conforme evidenciado na figura anterior.

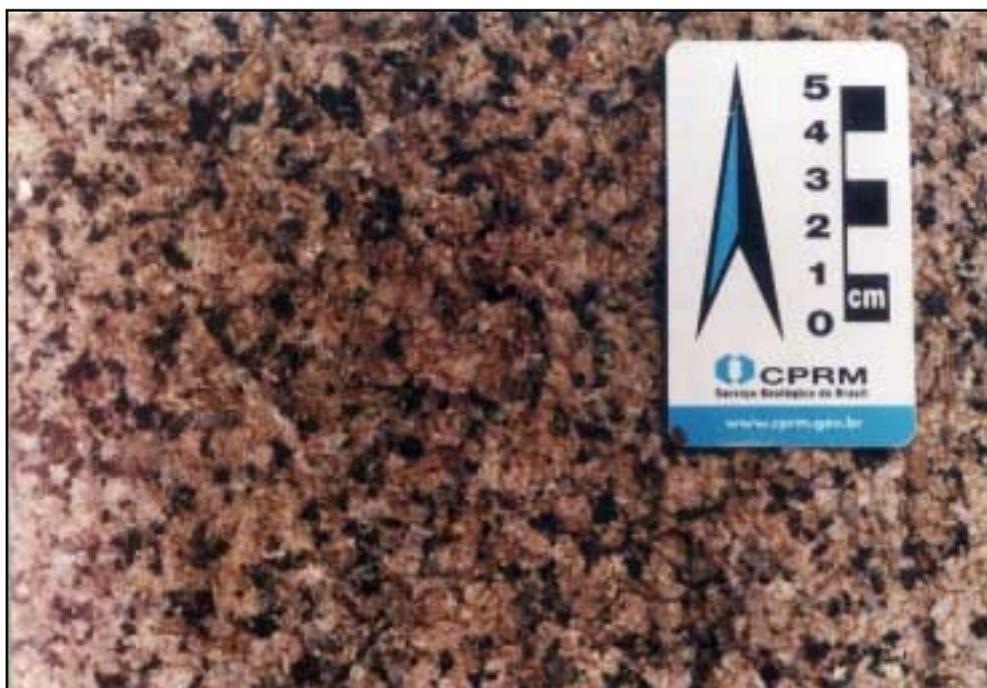


Figura 46 - Feição textural do granito Caracol (afloramento JG-186).

Um segundo corpo expressivo é aquele que ocorre no domínio da cidade de Jaci-Paraná, mais propriamente dentro da área de influência direta, que inclui o canal do rio e adjacências que abrange o terreno marginal do rio até à montante da cidade homônima. Estão incluídas aquelas porções do corpo aflorantes no leito do rio Jaci-Paraná (pontos JG- 117 e 118), as quais estão recobertas por sedimentos quaternários da Formação Jaci-Paraná e sedimentos mais recentes, além de afloramentos dentro da área urbana de Jaci-Paraná.

A rocha é caracteristicamente um sienogranito, de coloração rosa-claro a esbranquiçado com pontuações marrons a pretas, determinada pela presença de biotita e anfibólio, de granulação grossa, inequigranular, parcialmente epidotizado. Vênulas de quartzo segundo N70W são deslocadas por microfalhas na direção N-S (figura 47).

O afloramento referente ao ponto JG-118, é essencialmente constituído de feldspato e quartzo, além de poucos minerais máficos (figura 48).

Afloramento com as mesmas características ocorrem no leito do referido rio, debaixo da ponte da BR-364, que liga Porto Velho ao distrito de Jaci-Paraná.

As fraturas apresentam padrões segundo as atitudes: N 65-80W/80NE a subvertical; N25-50W/75SW a subvertical.



Figura 47 - Detalhe de afloramento de florita sienogranito JG-117, afetado por microfalha (1) disposta na direção N-S, deslocando vênula de quartzo (2) associada a fratura NW-SE.



Figura 48 - Feição textural do sienogranito referente ao afloramento JG-118.

### **3.2.7. Coberturas**

As coberturas sedimentares presentes na região de entorno do Empreendimento Hidrelétrico do Santo Antonio, abrangem desde sedimentos inconsolidados a parcialmente consolidados da Formação rio Madeira, passando por sedimentos arenosos e argilo-siltosos da Formação Jaci-Paraná e sedimentos indiferenciados pertencentes a inúmeros paleovales de rios holocênicos que possuem ocorrência restrita aos antigos canais destas drenagens. Por fim, estão os sedimentos atuais a sub-atuais que ocorrem na partes superiores dos perfis aluvionares nos leitos ativos dos rios e igarapés.

Segue uma descrição sucinta dos sedimentos referentes a estas coberturas sedimentares:

#### **3.2.7.1. Formação Rio Madeira**

Sob essa denominação são englobados os depósitos essencialmente fluviais originados pelo rio homônimo que se distribuem, preferencialmente, em ambas as margens do referido rio, no interior da Bacia de Abunã e ao longo dos rios Mutum e Cotia, compreendendo a região a sudoeste de Porto Velho entre as localidades de Jirau e Abunã. Depósitos semelhantes também ocorrem neste rio a jusante da cachoeira do Caldeirão e montante de Morrinhos, bem como, no leito do rio Jaci-Paraná, a sul do distrito de mesmo nome, tendo sua área de maior expressão no entorno da ilha Liverpool, provavelmente, constituindo o substrato desta ilha.

A Formação Rio Madeira é representada por sedimentos inconsolidados a semi-consolidados, parcialmente ferruginizados, depositados no leito ativo, margens e mais raramente, na planície de inundação dos rios, originando depósitos do tipo barra de canal longitudinal e transversal, barra em pontal, depósitos de diques marginais e esporadicamente, bacias laterais de inundação.

Nos estudos relativos a AID procurou-se estabelecer uma montagem na estratigrafia da unidade, com a execução de perfis em ambas as margens do rio Madeira e de seu afluente de maior porte, na tentativa de se fazer um empilhamento crono-estratigráfico da seqüência sedimentar da Formação Rio Madeira. Entretanto, encontraram-se dificuldades em função da descontinuidade dos afloramentos e da própria dinâmica do rio, o qual está em constante processo de erosão e deposição por sobre as camadas da referida unidade.

A seqüência estratigráfica que melhor representa a Formação Rio Madeira, nesta região, é composta pelas seguintes camadas: camada inferior de areia grossa, mal selecionada, ferruginizada, maciça, de coloração amarelada, logo acima da camada de areia, separada

geralmente por uma camada de areia fina endurecida e pela presença de uma camada de cascalho, ambas endurecidas e soldadas por siderita, óxidos e hidróxidos de ferro. A camada de cascalho apresenta espessura variável e o mesmo é composto por seixos angulosos de quartzo-arenito, quartzito e quartzo leitoso. A matriz é de cor cinza, de granulometria da areia fina a média, também endurecida por ferruginização. Essa camada cascalhífera não apresenta estruturas sedimentares definidas, formando um pacote maciço.

Sobreposta ao cascalho ocorre uma camada de areia ferruginosa, endurecida e cimentada por óxi-hidróxidos de ferro os quais emprestam uma coloração ocre-amarronzada ao sedimento. O endurecimento das areias se dá predominantemente ao longo dos planos de estratificação, desta forma, preservando-os e mantendo as estruturas primárias. Os *sets* são separados por uma “chapa” constituída de sedimentos cimentados por óxi-hidróxidos de Ferro e/ou Siderita. A areia é de granulometria grossa, com níveis de grânulos e até seixos dispersos, mal selecionada, possuindo grãos subarredondados, exibindo, por vezes, granodecrescência ascendente para areia fina. As estruturas mais comuns nesse tipo de camada são a estratificação cruzada de médio porte (figura 49 e 50), plano-paralela e cruzada acanalada. Na parte superior ou topo da seqüência sedimentar da Formação Rio Madeira, por vezes, encontra-se depositado um nível de cascalho ferruginoso, endurecido, cimentado por óxi-hidróxido de ferro de coloração vermelha-amarelada, apresentando fraturamento, o qual se destaca na parte superficial desse pacote. As areias, também, exibem fraturas conjugadas, evidenciando que os efeitos neotectônicos e/ou suas reativações posteriores, atingiram essas coberturas sedimentares (figura 50).



Figura 49 - Estratificação cruzada de médio porte das areias semi-consolidadas da Formação Rio Madeira (ponto JG-94).



Figura 50 - Topo da camada de areia parcialmente litificada mostrando fraturas que se destacam na superfície (ponto JG-94).

A variação na seqüência sedimentar da Formação Rio Madeira pode ser evidenciada na seção e perfil esquemático representados na figura 51.

Uma evidência conspícua neste e noutros perfis dos barrancos do rio Madeira, onde ocorre esta cobertura sedimentar, como nos pontos JG-94 e JG-95, é a relativa preservação das camadas de areia e cascalho ferruginizados, endurecidos. A linha pontilhada marca o provável limite da zona erodida do barranco.

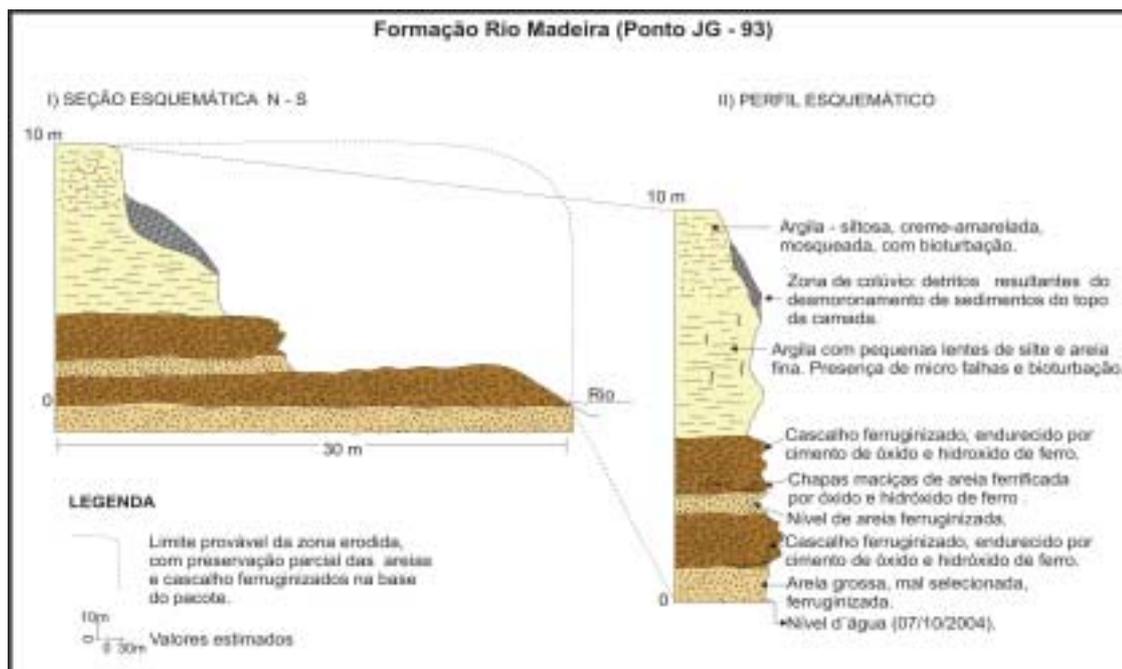


Figura 51 - Seção e perfil esquemático do barranco do rio Madeira nas proximidades da ilha Santana.

### 3.2.7.2. Formação Jaci-Paraná

Os sedimentos inconsolidados que fazem parte desta unidade distribuem-se nas áreas topograficamente arrasadas no entorno do rio Madeira e nas proximidades e leito do rio Jaci-Paraná. Tratam-se na sua grande maioria de depósitos detrítico-lateríticos e colúvio-aluviais associados geneticamente a processos erosivos e deposicionais relacionados a ciclicidade climática pretérita, com alternância de clima seco e úmido.

As coberturas detrítico-lateríticas correlacionáveis com os sedimentos arenosos e argilosos que caracterizam esta formação, abrangem uma vasta região, formando áreas peneplanizadas em sua maioria. É constituída de nódulos amorfos ferruginosos semi-consolidados envoltos em matriz argilo-siltosa, de coloração avermelhada.

Os depósitos de areia são pouco espessos, com níveis conglomeráticos na parte basal do pacote e que representam depósitos aluvionares que ocorrem em paleomeandros. As areias são imaturas, granulometria fina, friáveis, de grãos subangulosos a subarredondados. As estruturas sedimentares mais freqüentes são a maciça e a estratificação plano-paralela horizontal. Camadas de silte e argila desenvolvem-se nas camadas superiores dos depósitos (figura 52). Correspondem a depósitos de transbordamento, de bacias laterais de inundação ou depósitos associados a preenchimento dos baixios.

De maneira geral, os sedimentos são siltico-argilosos a argilosos, de coloração acinzentada a amarelada, mostrando granodecrescência ascendente. Estruturalmente, esses depósitos são maciços, com raras laminações plano-paralelas.

Por vezes, esses depósitos mostram-se capeados por uma crosta laterítica não muito espessa (0,15 a 0,80m) em níveis irregulares e descontínuos e não raramente desmantelados. Capeando essa unidade é comum se encontrar latossolos amarelados (figura 53).



Figura 52 - Afloramento no barranco do rio Jaci-Paraná exibido sedimentos argilosos na base e sedimentos silto-argilosos no topo.

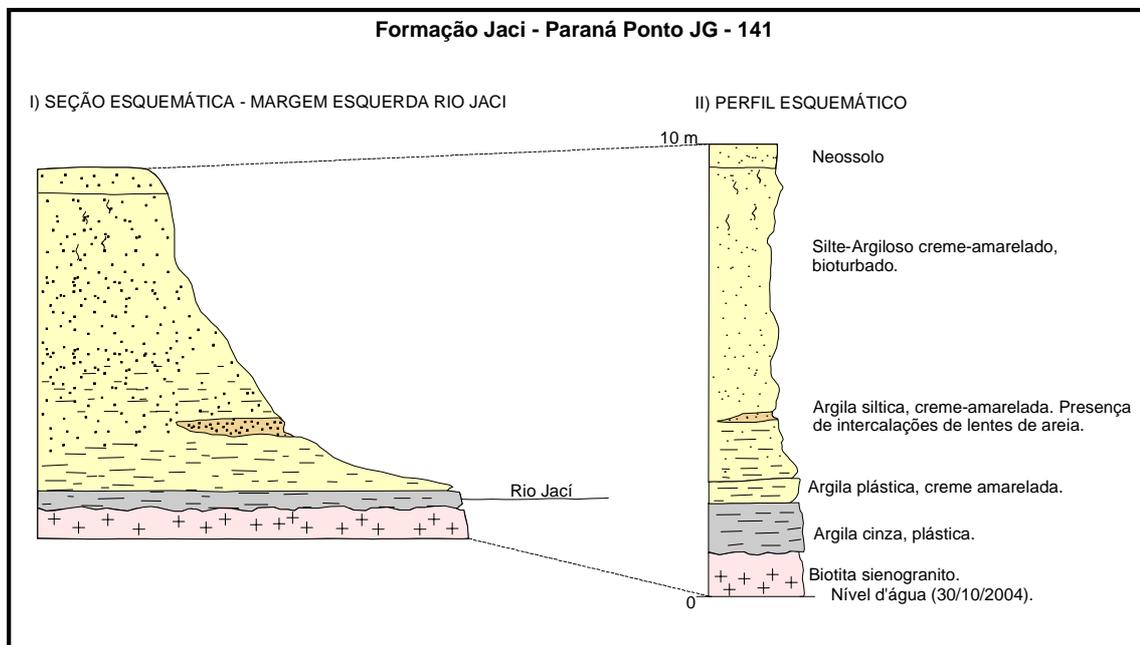


Figura 53 - Seção e perfil esquemático dos sedimentos que constituem a Formação Jaci-Paraná.

### **3.2.7.3. Cobertura Detrito-Laterítica**

Essa cobertura ocupa uma restrita área aplainada, com interflúvios tabulares, que se restringe ao extremo nordeste da AID. Os sedimentos detrito-lateríticos constituem-se, em grande parte, de depósitos colúvio-aluvionares areno-siltosos, argilo-siltosos e argilosos com níveis nodulares lateríticos e recobertos por grânulos e seixos de laterito desmantelado. Esses depósitos, na sua base, são constituídos por seixos provenientes dos próprios lateritos concrecionários, formando corpos do tipo *stone-layer* e, no topo, por material argiloso e siltoso proveniente do horizonte mosqueado. As superfícies aplainadas são constituídas predominantemente por solos argilo-arenosos, de baixa maturidade textural e mineralógica, de tonalidade avermelhada, ricos em concreções ferruginosas, além de níveis de argilas coloridas.

Os lateritos imaturos, quando desmantelados, também passam a constituir parte das coberturas detrito-lateríticas modelando grande parte do relevo atual, formando grandes áreas aplainadas.

Está englobado nessa unidade litoestratigráfica o material argilo-arenoso com fragmentos subangulosos de laterito, que compõe o espesso manto de intemperismo, resultado do retrabalhamento do perfil laterítico, aliado ao processo pedogenético sobre as rochas subjacentes.

### **3.2.7.4. Sedimentos Aluvionares Argilosos**

Ocorrem em grande parte da região nordeste da AID. Tratam-se de depósitos subatuais e atuais de sedimentos finos, constituídos predominantemente de silte e argila. Apresentam coloração nos tons de cinza, creme-amarelada e amarela-avermelhada. Esses sedimentos encontram-se recobrimo depósitos da Formação Jaci-Paraná.

### **3.2.7.5. Sedimentos Aluvionares Arenosos**

Ocupam porções lineares formando as planícies de inundações do rio Jaci-Paraná tributários e subtributários do rio Madeira situado à sua margem esquerda. Tais sedimentos são constituídos de areia fina à média, mal selecionada, subangulosa, de coloração creme- amarelada a branca-acinzentada, ocorrendo pequena contribuição de silte na matriz.

### **3.2.7.6. Sedimentos Aluvionares Indiscriminados**

Sua distribuição está restrita as margens e leito do Madeira, alcançando grande área de deposição, ocorrendo desde a jusante da cachoeira do Jirau até a cachoeira de Santo Antônio tendo papel importante na acreção das ilhas e formação de barras de areia que alteram o curso do rio. Tratam-se de sedimentos arenosos, silticos e argilosos, de coloração variando de cinza escuro, com tonalidade, levemente amarelada e acinzentada. Estes sedimentos recobrem de maneira mais comum, os corpos graníticos aflorantes no leito e margens do rio.

### **3.2.7.7. Depósitos Pantanosos.**

Depósitos sedimentares recentes, de origem fluvio-lacustre, constituído por argila, siltes, areias e níveis com matéria orgânica. Ocorrem tanto a jusante, como a montante nas proximidades da cachoeira de Santo Antônio. São áreas sujeita as inundações nos períodos chuvosos, sendo localmente conhecida como lagoas.

## **3.3. Análise Estrutural Preliminar**

A área do Projeto Rio Madeira encontra-se inserida no contexto sudoeste do Cráton Amazônico, região que foi palco de sucessivas movimentações tectônicas de natureza dúctil, dúctil-rúptil e eminentemente rúptil, com reativações das anisotropias do embasamento cristalino e surgimento de novas direções de fraqueza estrutural.

A análise estrutural preliminar da área do projeto teve como objetivo principal a caracterização geométrica das estruturas tectogênicas (fraturamentos e falhamentos) impressas nos maciços rochosos ali ocorrentes, principalmente nos maciços de Jirau e Santo Antônio e àquelas impressas nas demais unidades litoestratigráficas.

Na região do vale do rio Madeira, mais especificamente na área de influência dos Aproveitamentos Hidrelétricos (AHEs) de Jirau e Santo Antônio, diversas estruturas tectonogênicas foram descritas nos trabalhos de campo, tais como foliações, planos de acamamento basculados, falhas, fraturas, lineações de estiramento mineral e de fluxo magmático.

A natureza e o arranjo espacial das estruturas foram analisadas separadamente, na tentativa de se estabelecer o quadro geométrico-cinemático de cada unidade litoestratigráfica e o seu contexto à nível da evolução dos eventos ocorridos no setor sudoeste do Cráton Amazônico.

### 3.3.1. Maciço Santo Antônio

O maciço Santo Antônio encontra-se inserido no contexto da Suíte Intrusiva homônima, sendo caracterizado por um batólito aflorante no trecho do rio Madeira, entre as cachoeiras do Macaco e Santo Antônio. Os dados de fraturas, desta forma, foram oriundos de afloramentos ao longo do referido trecho e da Pedreira da Rondomar.

Os estereogramas de planos de fraturas (figura 54) e o de pólos de fraturas (figura 55), demonstram que as fraturas estão distribuídas por todos os quadrantes, não mostrando um padrão definido. No entanto, no diagrama de contornos de pólos de fraturas (figura 56) foram identificadas cinco famílias de fraturas no referido maciço, as quais são caracterizadas conforme segue:

- Direções principais de fraturas: A=N-S;80°-90°E ou 80°-90°W; B=N42°E;83°SE; C=N60°E;83°NW;
- Direções secundárias: D=N50°W; 89°NE; E=N-S;30°W;
- A Família E constitui as possíveis fraturas de alívio do Maciço Santo Antônio (figura 57 e 58).

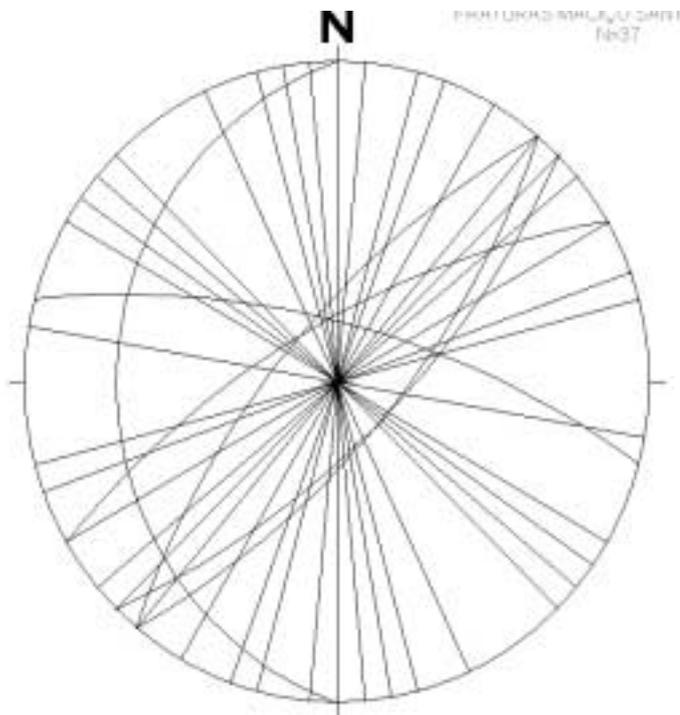


Figura 54 - Estereograma de planos de fraturas do Maciço Santo Antônio.

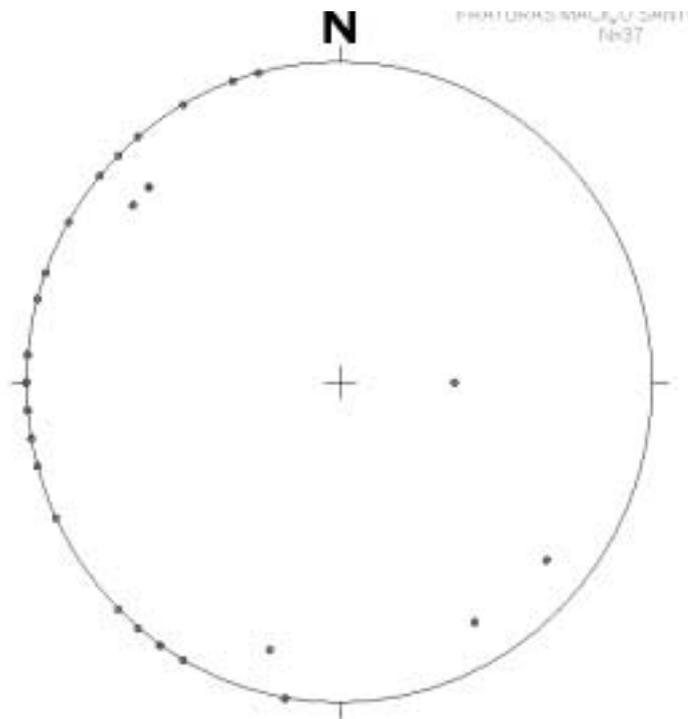


Figura 55 - Estereograma de pólos de planos de fraturas do Maciço Santo Antônio.

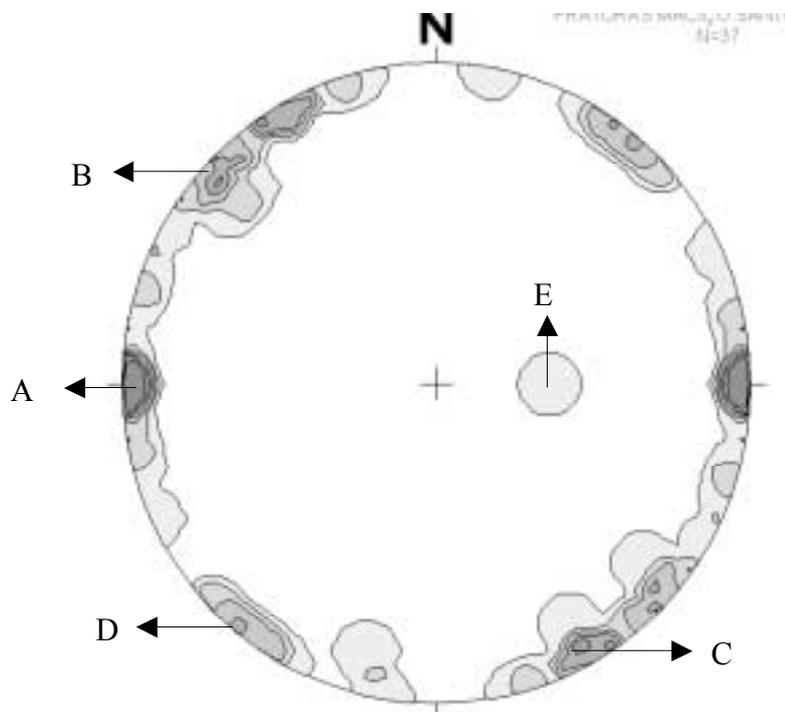


Figura 56 - Estereograma de contorno de densidade de pólos de planos de fraturas do Santo Antônio.

O estereograma com as três principais famílias de fraturas (figura 57), denominadas de A, B e C, definem um triângulo de interseção, demonstrando que as mesmas pertencem, provavelmente, a um mesmo regime de tensão tectônica. O triângulo de intersecção formado

pelas famílias A, B e C (figura 58) permite determinar a posição espacial de  $\sigma_1$ ,  $\sigma_2$  e  $\sigma_3$ , onde  $\sigma_2$  é determinado pelo triângulo de interseção,  $\sigma_1$  é definido pela bissetriz do ângulo agudo formado entre os planos das famílias A e C (par conjugado) e  $\sigma_3$  é deduzido a partir da orientação de uma reta perpendicular a um plano que contenham tanto  $\sigma_1$  como  $\sigma_2$ . Deste modo as atitudes dos eixos de tensão que geraram as fraturas do Maciço Santo Antônio são:  $\sigma_1 = 12^\circ/230^\circ$  Az,  $\sigma_2 = 78^\circ/52^\circ$  Az e  $\sigma_3 = 15^\circ/185^\circ$  Az (aproximado).

Estes eixos indicam a atuação de um evento de natureza rúptil após a cristalização do maciço Santo Antônio, onde o eixo de tensão  $\sigma_3$  ou x se aproxima de SW-S (próximo da horizontal),  $\sigma_2$  ou y próximo da vertical e  $\sigma_1$  ou z em torno de SE (próximo da horizontal). Esse sistema de fraturas pode estar associado geneticamente ao megalineamento transcorrente Madre de Dios-Itacoatiara.

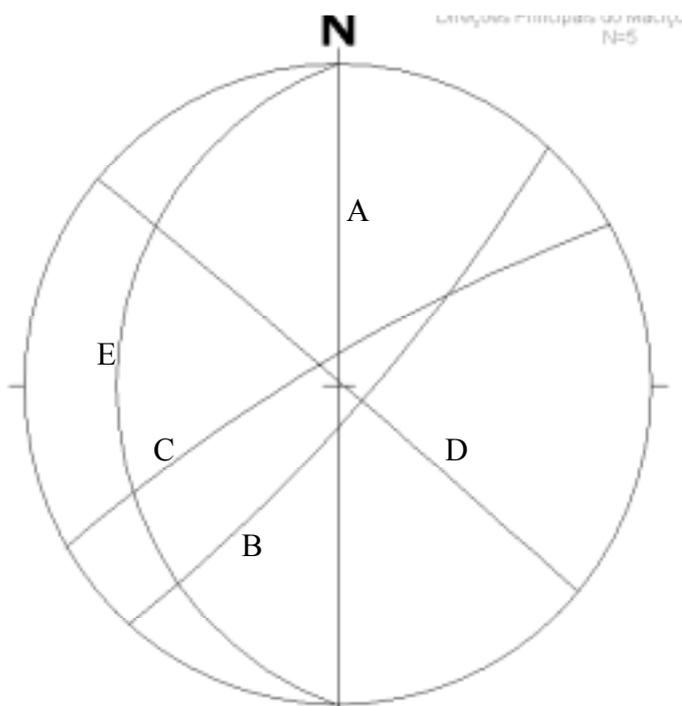


Figura 57 - Estereograma com as principais direções de famílias de fraturas do Santo Antônio.

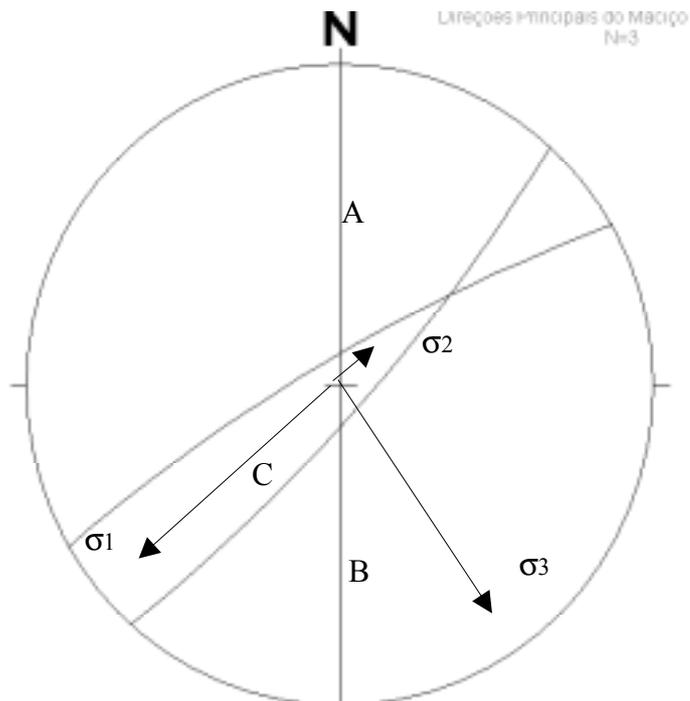


Figura 58 - Estereograma com as três principais direções de famílias de fraturas do maciço Santo Antônio e os eixos de tensão.

As figuras 59, 60, 61 e 62, a seguir, mostram afloramentos do maciço Santo Antônio que exemplificam os sistemas de fraturas anteriormente citados.



Figura 59 - Detalhe do afloramento de granito na cachoeira do Santo Antonio mostrando intenso sistema de fraturas.



Figura 60 - Detalhe da figura 22 (afloramento do granito Santo Antônio na Pedreira da Rondomar, ponto JG-224), mostrando fraturas de descompressão subhorizontais.



Figura 61 - Mesmo granito da figura anterior, mostrando plano de falha segundo direção N40E; 86 SE (JG-224), paralela ao grande Lineamento Transcorrente Madre de Dios-Itacoatiara.



Figura 62 - Detalhe do afloramento do granito porfirítico Santo Antônio referente ao ponto JG-128, mostrando sistema de fraturamento segundo as direções NE e NW. Bússola indica o norte.

### 3.3.2. Granitos da Suíte Intrusiva Rondônia

Os dados referentes às atitudes de fraturas dos granitos da Suíte Intrusiva Rondônia, num total de 46 medidas, são oriundos de diversos afloramentos desta unidade litoestratigráfica, espalhados pelas áreas de influência direta e indireta de Jirau e Santo Antônio.

Entretanto, essas atitudes foram plotadas nos estereogramas de planos de fraturas (figura 63) e de pólos de fraturas (figura 65), os quais revelaram dois conjuntos de fraturas, sendo o primeiro com predominância de fraturas subverticais, com direções tanto para NE como para NW e um segundo conjunto de fraturas NW com caimentos para NE e subordinadamente SW.

O diagrama de pólos de fraturas revelou uma concentração de pólos nos quadrantes NE e SW, sendo que no SW predominam pólos de fraturas que mergulham em alto ângulo para NE. O diagrama de contorno de pólos de fraturas (figura 65) definiu máximos de pólos que sugerem a existência de sete famílias de fraturas (figura 66). As principais direções de fraturas nos granitos da Suíte Intrusiva Rondônia estão representadas pelas famílias A=E-W;80-90S; B=N05W;85-90NE ou 85-90SW e C=N40W;84-90SW ou 84-90NE. As direções secundárias estão

representadas pelas famílias D=N60W; 85-90NE; E=N72E;80-90SE; F=N42E;80-90SE; e G=N65W;67NE..

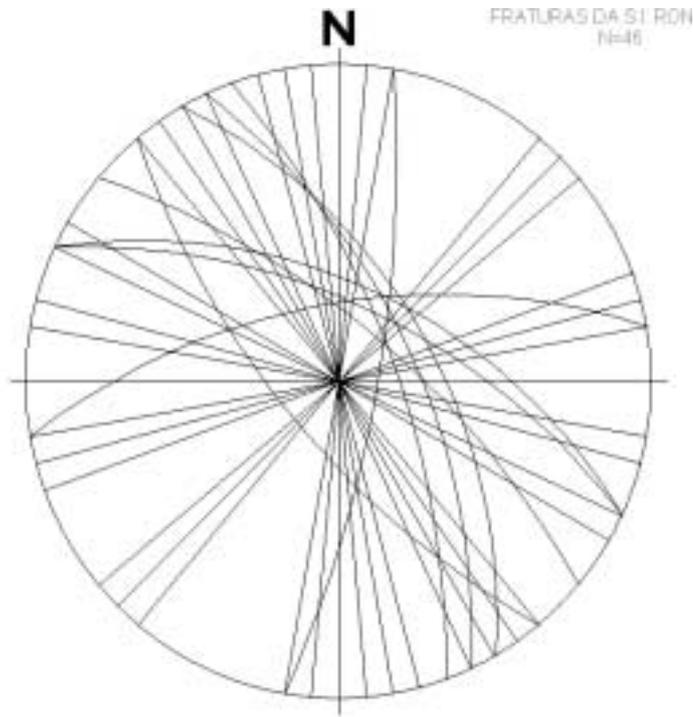


Figura 63 - Estereograma de planos de fraturas nos granitos da Suíte Intrusiva Rondônia.

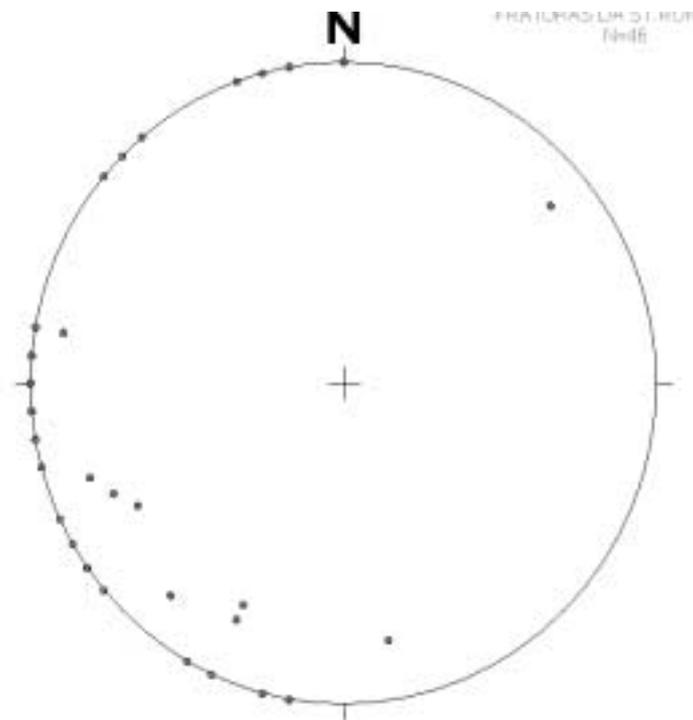


Figura 64 - Estereograma de pólos de planos de fraturas dos granitos da Suíte Intrusiva Rondônia.

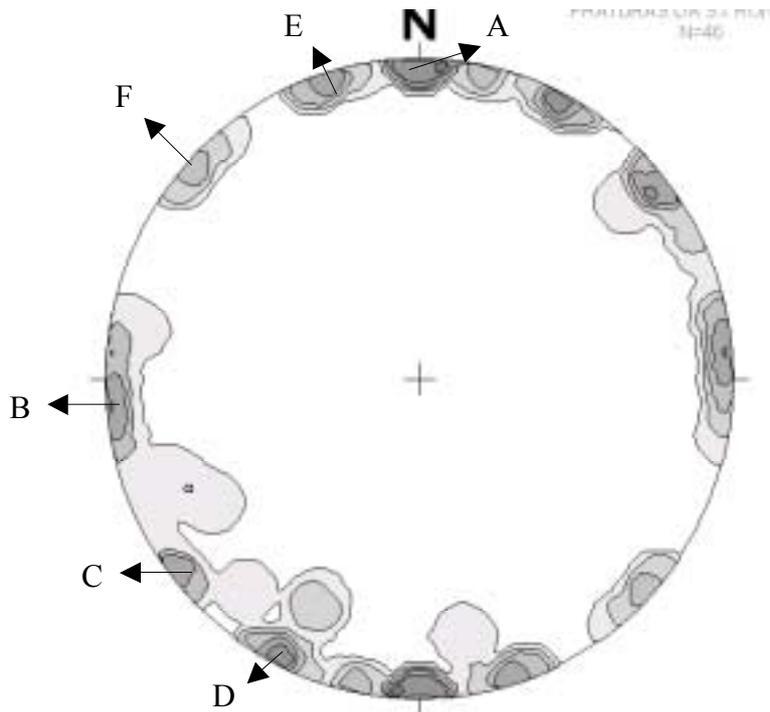


Figura 65 - Estereograma de contorno de pólos de fraturas dos granitos da Suíte Intrusiva Rondônia.

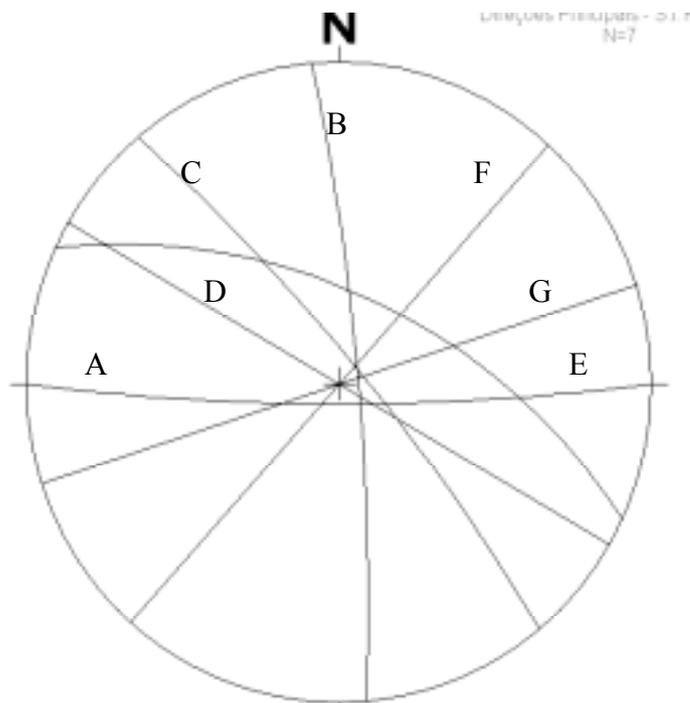


Figura 66 - Estereograma com as principais direções de famílias de fraturas nos granitos da Suíte Intrusiva Rondônia.

### 3.3.3. Resumo da Análise de Fraturas

A tabela 1 apresenta as famílias de fraturas por unidade litoestratigráfica, organizadas de acordo com o seu grau de importância, que reflete a quantidade de medidas de atitudes, cujas concentrações máximas foram definidas nos estereogramas de contorno de densidade de pólos de fraturas.

#### QUADRO DE RESUMO DAS PRINCIPAIS FAMÍLIAS DE ATITUDES ESTRUTURAIIS

UNIDADE/MACIÇO	PRINCIPAIS FAMÍLIAS	FAMÍLIAS SECUNDÁRIAS 1	FAMÍLIAS SECUNDÁRIAS 2
SANTO ANTÔNIO	A=N-S 80-90E ou 80-90W B=N42E 83SE C=N60E 83NW	D=N50W 89NE E=N-S 30W	
SUÍTE INTRUSIVA RONDÔNIA	A=E-W 80-90S B=N05W 85-90NE ou 85-90SW C=N40W 84-90SW ou 84-90NE	D=N60W 85-90NE E=N72E 80-90SE F=N42E 80-90SE G=N65W 67NE	

Tabela 1 - Quadro com a síntese das principais famílias de fraturas obtidas nos estereogramas.

### 3.3.4. Análise Preliminar de Falhamentos

As falhas que seccionam as rochas que ocorrem na região do Projeto Rio Madeira foram analisadas estatisticamente, levando-se em conta o número reduzido de medidas estruturais, em função da ausência de exposições no campo. Trata-se de análises estatísticas ainda preliminares, apenas como uma tentativa de se começar a esboçar o arcabouço estrutural, principalmente geométrico, da região em foco, sem avançar muito no contexto cinemático e evolutivo dos falhamentos.

As falhas observadas no campo são do tipo normais ou de gravidade e do tipo transcorrente. As falhas transcorrentes podem ser observadas nas rochas graníticas da Suíte Intrusiva Santo Antônio, em afloramentos na Pedreira da RONDONMAR na margem direita do rio Madeira, as quais apresentam um certo paralelismo com o Sistema de Lineamentos Transcorrentes Madre de Dios-Itacoatiara, que se estende desde a Bolívia até a região de Itacoatiara no Amazonas, controlando os sistemas de drenagens que compõem a bacia hidrográfica do Rio Madeira e a distribuição dos depósitos sedimentares associados.

Analisando-se os sensores remotos disponíveis (imagens de satélite, radar e fotografias aéreas) foi possível, aliado as observações de campo, individualizar as seguintes direções preferenciais de falhamentos: N40°E, N60°-70°E, N20-30W, N60-70°W.

### 3.3.5. Suíte Intrusiva Teotônio

Na Suíte Intrusiva Teotônio foram identificadas no campo três falhas, sendo que em função do número muito reduzido e descontínuo dos afloramentos com falhamentos impressos nas rochas, não foi possível realizar estudos estatísticos nos estereogramas. Entretanto, as atitudes de falhas foram lançadas no estereograma de planos de falhas, através do qual foi possível observar direções de falha com atitude N-S subvertical, N70W com caimento em alto ângulo para SW e N20-30E com mergulho em alto ângulo para NW (figura 67).

As demais unidades litoestratigráficas apresentaram um número reduzido de medidas de atitudes de falhas, impossibilitando o tratamento das atitudes nos estereogramas.

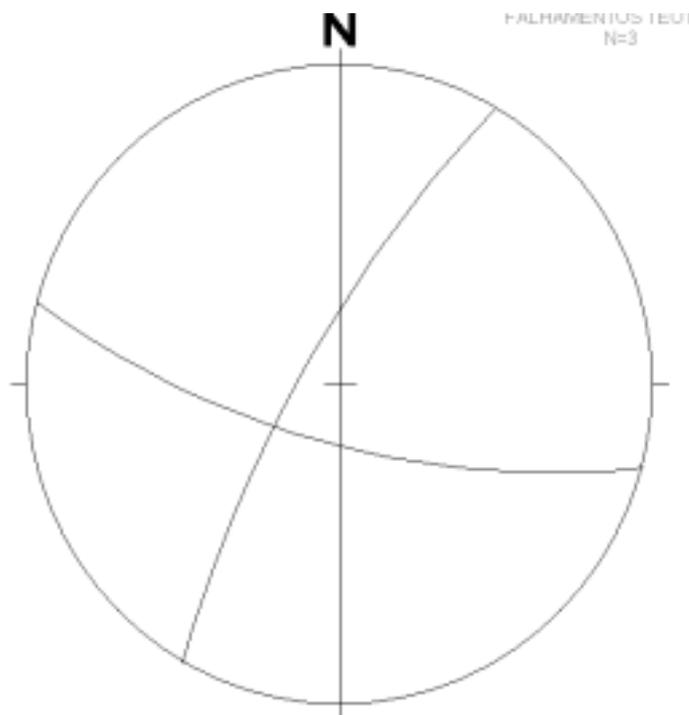


Figura 67 - Estereograma de planos de falhas nas rochas da Suíte Intrusiva Teotônio.



Figura 68 - Afloramento de granito na cachoeira do Teotônio mostrando zona de falha segundo N75W/subvertical, condicionando estruturalmente o canal do rio.



Figura 69 - Afloramento de granito da Suíte Intrusiva Teotônio mostrando sistema de fraturas segundo N75W e N20W.

### 3.3.6. Análise Geral dos Falhamentos

Com a finalidade de compreender a geometria geral das falhas observadas nos trabalhos de campo na área do Projeto Rio Madeira, procedeu-se com o tratamento estatísticos, das atitudes de falhas medidas no campo, nos estereogramas de planos de falhas, de pólos de planos de falhas e de contorno de pólos. Para a elaboração dos estereogramas não foi levado em consideração em qual unidade litoestratigráfica a falha foi instalada e qual o evento de natureza rúptil e rúptil-dúctil que a originou.

Portanto, as atitudes de falhas foram plotadas nos estereogramas de plano de falha, de pólos de plano de falhas e de contorno de densidade de pólos de plano de falha, num total de 30 atitudes de falhas (figuras 70, 71, 72 e 73), permitindo desta forma tecer algumas considerações preliminares: as principais direções de falhamentos identificadas foram A=N43E;85SE; B=N71W;85-90 NE ou SW; e C=N30W;90 (Subvertical); subordinadamente ocorrem falhamentos de direções N-S e E-W subverticais; os falhamentos de direção NE provavelmente estão relacionados as direções principais dos Lineamento Madre de Dios-Itacoatiara (figura 73); as demais direções correspondem, possivelmente, a direções conjugadas deste grande lineamento, sem entrar do mérito de se tratarem de novas direções de fraqueza e de reativação de estruturas pré-existentes.

Com base nas três principais direções de falhamento, procedeu-se com a plotagem das mesmas no estereograma de plano de falha com o objetivo de estabelecer a posição espacial dos eixos de tensão  $\sigma_1$ ,  $\sigma_2$  e  $\sigma_3$  (figura 74), onde  $\sigma_1$  possui atitude em torno de 10/N50-60W,  $\sigma_2$  é aproximadamente suvertical e  $\sigma_3$  apresenta atitude de 15/S45-55W.

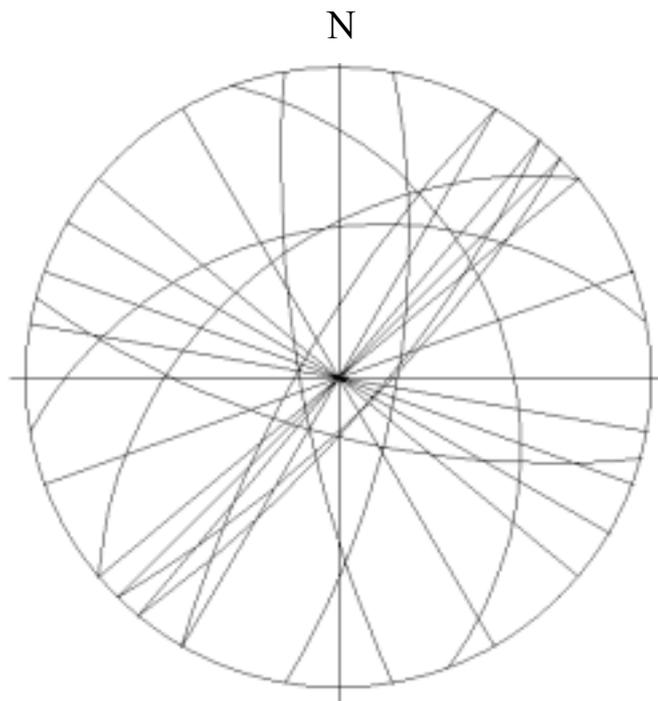


Figura 70 - Estereograma de atitudes de planos de falhas da área de influência direta de Jirau e Santo Antônio.

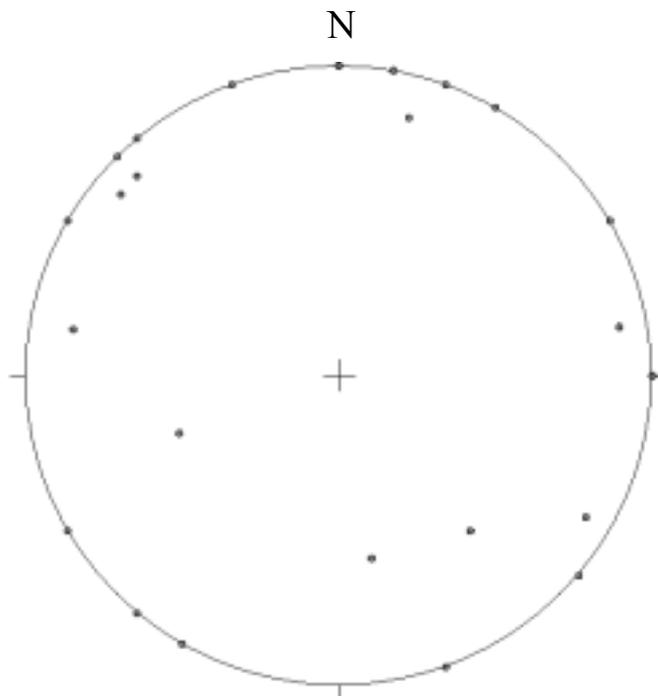


Figura 71 - Estereograma de atitudes de pólos de planos de falhas da área de influência direta de Jirau e Santo Antônio.

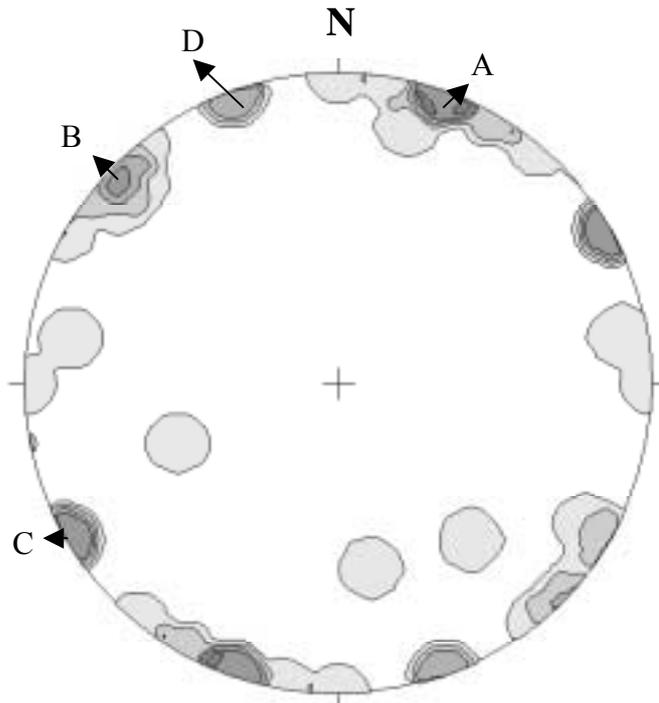


Figura 72 - Estereograma de contorno de pólos de plano de falhas da área de influência direta de Jirau e Santo Antônio, com as principais direções de falhamentos: A=N43E;85SE; B=N71W;85-90 NE ou SW; e C=N30W;90 (Subvertical).

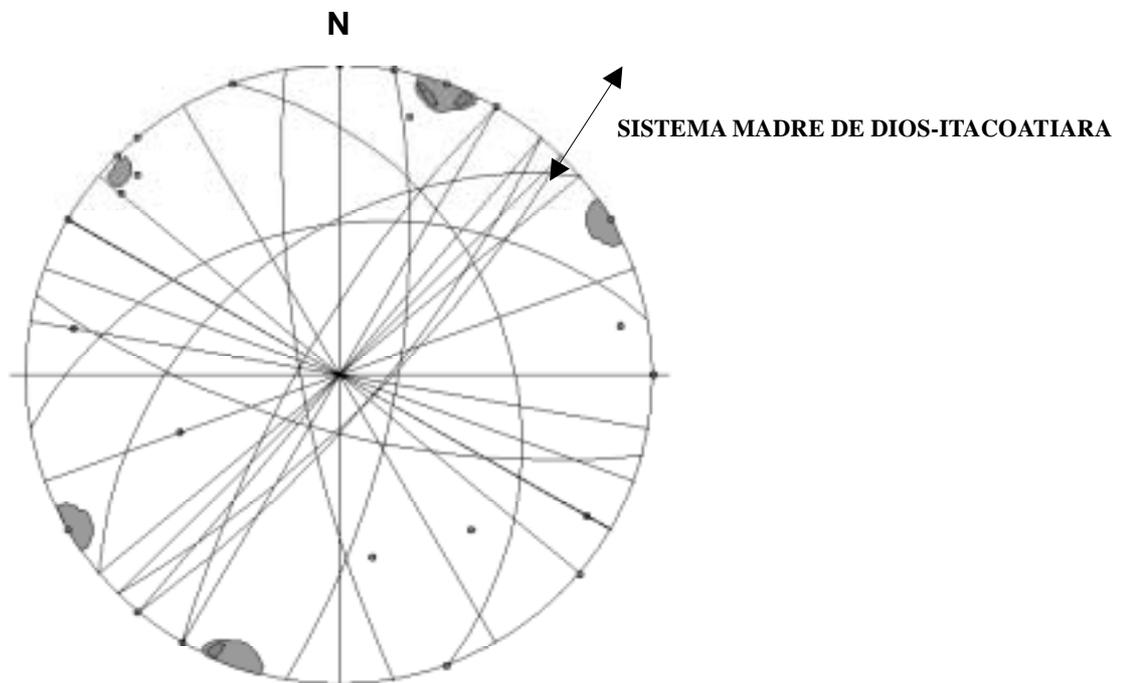


Figura 73 - Estereograma com planos de falhas, pólos de falhas e de contorno de polos de plano de falhas da área de influência direta de Jirau e Santo Antônio. As falhas, como no exemplo da figura 61 (Pedreira da Rondonmar), de direção NE podem estar associadas à evolução do Sistema Madre de Dios-Itacoatiara (Lineamento Madre de Dios-Itacoatiara). As demais constituem falhas conjugadas do sistema principal.

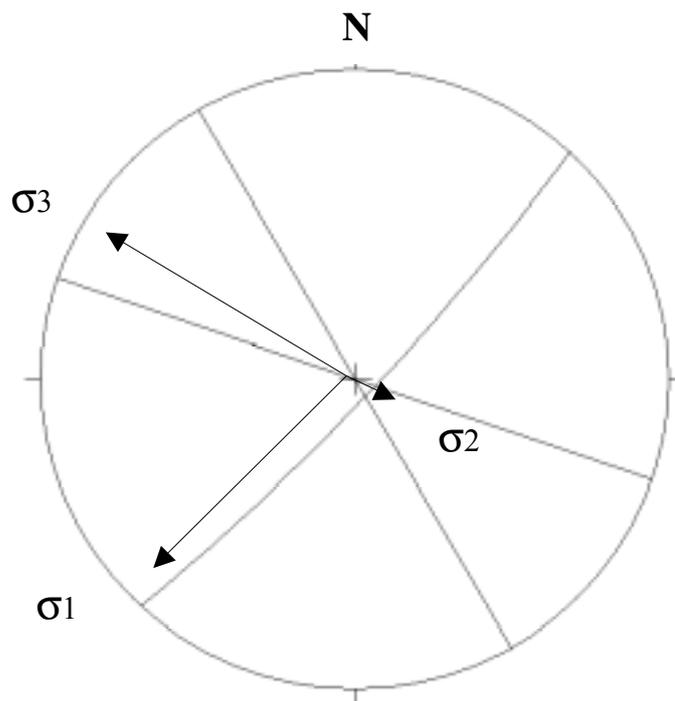


Figura 74 - Estereograma com as três principais direções de falhamentos na área do Projeto Rio Madeira e os eixos de tensão  $\sigma_1$ ,  $\sigma_2$  e  $\sigma_3$ .

### 3.3.7. Suíte Intrusiva Teotônio

Na Suíte Intrusiva Teotônio foram identificadas no campo três falhas, sendo que em função do número muito reduzido e descontínuo dos afloramentos com falhamentos impressos nas rochas, não foi possível realizar estudos estatísticos nos estereogramas. Entretanto, as atitudes de falhas foram lançadas no estereograma de planos de falhas, através do qual foi possível observar direções de falha com atitude N-S subvertical, N70W com caimento em alto ângulo para SW e N20-30E com mergulho em alto ângulo para NW (figura 75).

As demais unidades litoestratigráficas apresentaram um número reduzido de medidas de atitudes de falhas, impossibilitando o tratamento das atitudes nos estereogramas.

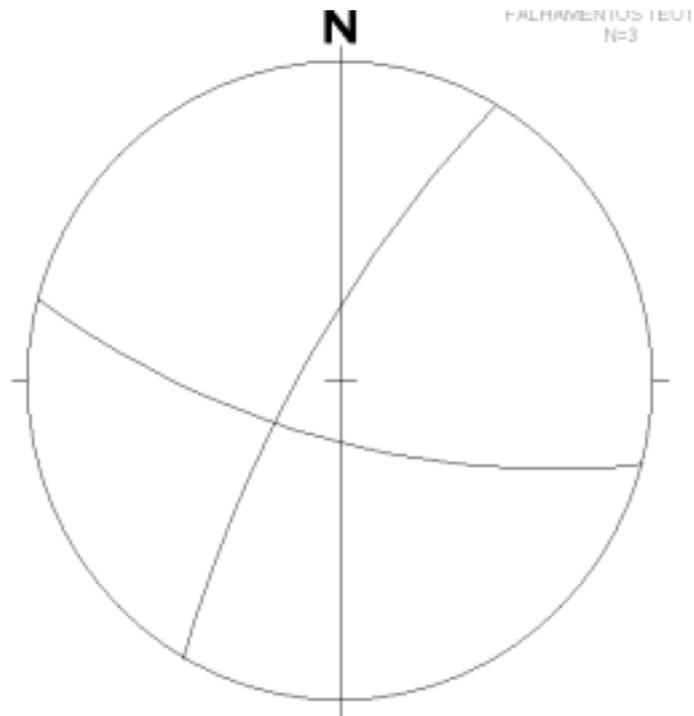


Figura 75 - Estereograma de planos de falhas nas rochas da Suíte Intrusiva Teotônio.

### 3.4. Geoquímica

#### 3.4.1. Maciço Caracol (Suíte Intrusiva Rondônia)

As amostras analisadas do maciço Caracol apresentam valores dos elementos maiores, traços e terras raras muito semelhantes entre si. Observando os dados químicos da suíte, nota-se que a variação dos teores de  $\text{SiO}_2$  é restrita, variando de 76,1 a 77,6% na maioria das amostras. Os teores de álcalis ( $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ ) são elevados, variando num intervalo restrito entre 8,05 e 8,39 %, apresentando ainda baixos valores de  $\text{CaO}$  (< 0,83 %), baixos valores de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (11,57 a 11,96 %) e também baixos valores de  $\text{MgO}$  (0,05 %) (tabela 2).

**Maciço Caracol (SUÍTE INTRUSIVA RONDÔNIA)**

	JG 104	JG 117	JG 118	JG 186
SiO <sub>2</sub>	77,64	76,93	76,77	76,1
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11,57	11,96	11,92	11,73
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,65	1,89	1,3	1,62
MgO	0,04	0,04	0,05	0,05
CaO	0,43	0,22	0,83	0,45
Na <sub>2</sub> O	3,14	2,96	2,98	2,98
K <sub>2</sub> O	4,91	5,2	5,41	5,21
TiO <sub>2</sub>	0,08	0,07	0,1	0,1
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,01	0,01	0,01	0,01
MnO	0,02	0,01	0,01	0,02
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,003	0,003	0,003	0,003
Sc	3	2	2	2
LOI	0,5	0,7	0,6	1,7
<b>Total</b>	<b>99,98</b>	<b>99,99</b>	<b>99,97</b>	<b>99,97</b>
V	<5	<5	<5	<5
W	5,3	7,3	4,6	3,5
Zr	159,7	173	180,8	171,5
Y	294,9	129,9	138,8	100,8
La	110,4	130,7	119,6	67,1
Ce	159,6	280,6	221,2	133,5
Pr	24,15	35,56	26,12	17,45
Nd	90,2	132,3	90,7	64,2
Sm	21,8	27,1	19,1	12,7
Eu	0,74	2,01	0,69	0,8
Gd	23,18	20,76	17,73	10,48
Tb	4,66	3,64	3,23	2,15
Dy	28,99	20,85	19,65	13,67
Ho	5,56	3,76	3,77	2,88
Er	17,36	11,17	12,05	9,83
Tm	2,67	1,75	2	1,55
Yb	18,1	12,62	14,57	11,36
Lu	2,65	1,97	2,14	1,76
Ba	23	32,1	59,6	174
Cs	11,3	8,1	10,4	6,1
Ga	25,1	26,2	26,4	24,5
Hf	9,2	9,5	9,2	8,2
Nb	58	59,4	52,8	36
Rb	535,5	577,7	547,8	455,3
Sn	11	9	18	14
Sr	7,4	3,8	10,7	20
Ta	3,7	5,2	5,3	3,9
Th	55	39,7	40,2	42,2
U	33	19,5	21,4	19,3
Mo	2,5	1,9	3,9	3,8
Cu	6,2	7,5	11,8	90,3
Pb	15,9	16,3	15,6	22,8
Zn	27	20	26	28

Tabela 2 - Elementos maiores, elementos-traço e terras raras das rochas graníticas do Maciço Caracol.

Usando o diagrama triangular Ab-An-Or (figura 76), todas as amostras da suite plotam no campo dos granitos, enquanto que no índice de Shand (figura 77), os granitos classificam-se em fracamente peraluminosos a metaluminosos e no diagrama de Irvine & Baragar (1971), as amostras ocupam o campo dos granitos subalcalinos (figura 78).

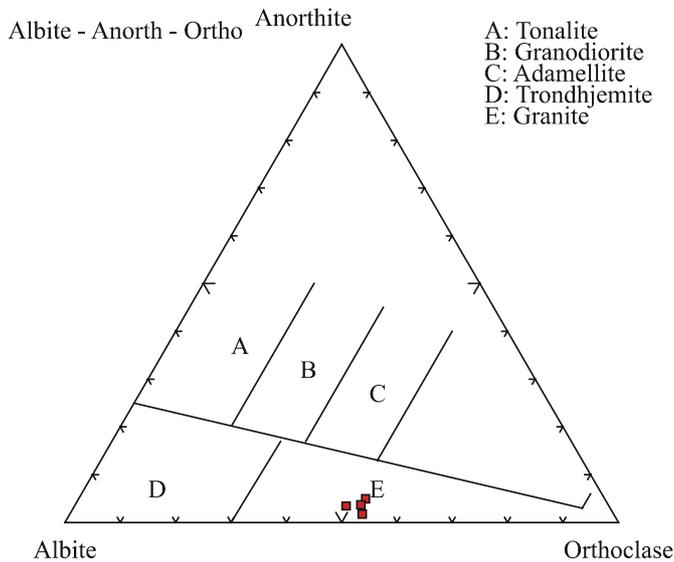


Figura 76 - Diagrama Ab-An-Or mostrando a concentração das amostras do Maciço Caracol no campo dos granitos.

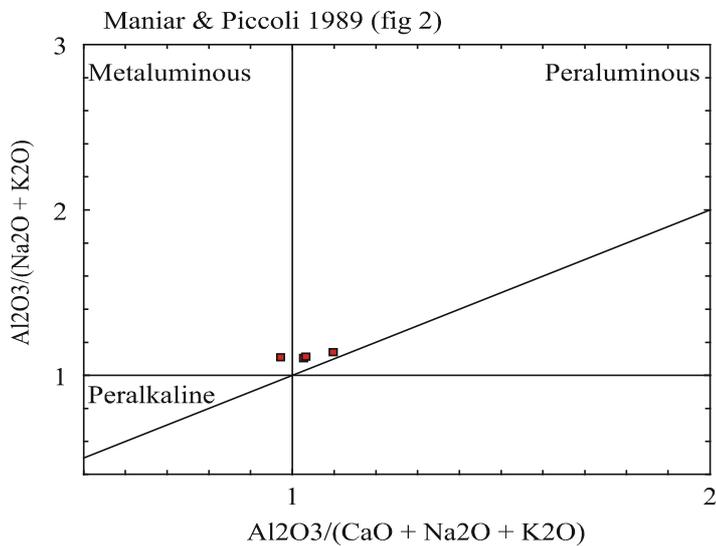


Figura 77 - Características dos granitos do Maciço Caracol baseado no Índice de Shand (Maniar & Piccoli, 1989).

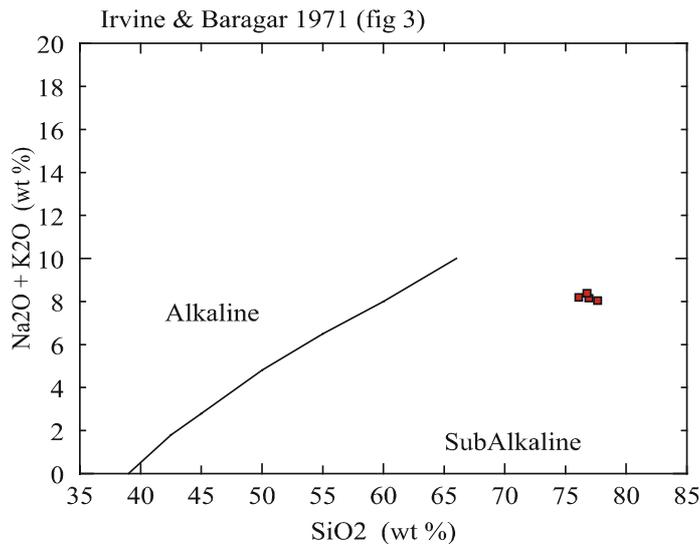


Figura 78 - Diagrama de Irvine & Baragar (1971) ilustrando o agrupamento das amostras do Maciço Caracol

No diagrama multicatiônico R1-R2 utilizado por Batchelor & Bowden (1985) (figura 79), as amostras ocupam o campo dos granitos pós-orogênicos e anorogênicos.

Estas características geoquímicas aliadas aos altos conteúdos de Rb, Zr, Y, Nb e ETR (exceto Eu) são típicas de granitos subalcalinos do tipo A (Whalen *et al.*, 1987) (figura 80).

A ambiência tectônica dos granitos Caracol é compatível com o ambiente intraplaca conforme visualizado na figura 81.

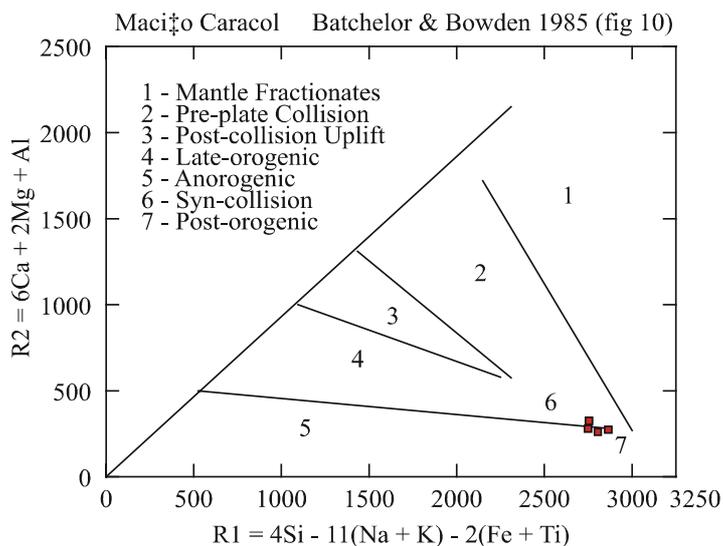


Figura 79 - Diagrama multicatiônico ilustrando o comportamento das amostras em função do ambiente tectônico

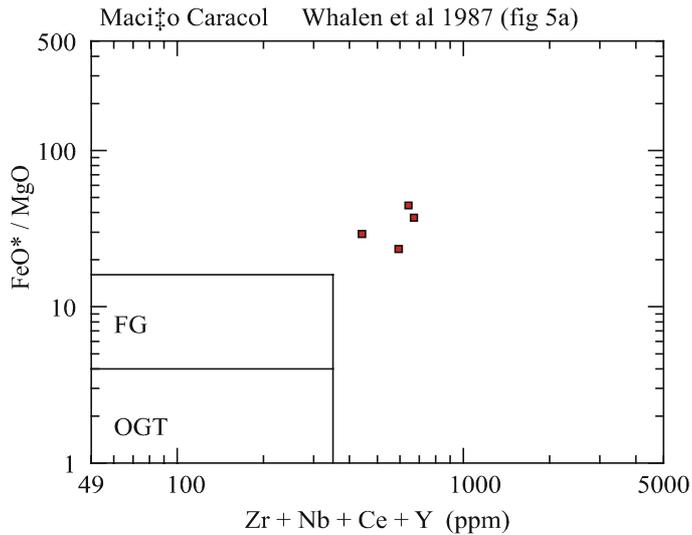


Figura 80 - Diagrama de álcalis x elementos-traço. As amostras agrupam-se no campo dos granitos tipo-A.

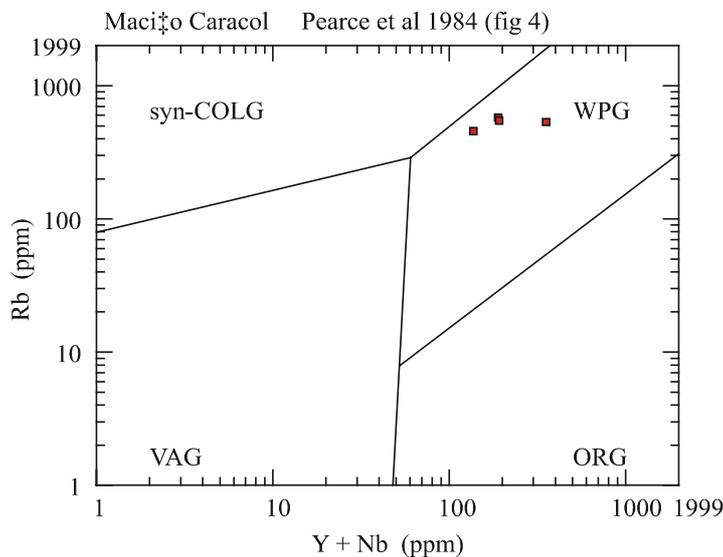


Figura 81 - Diagrama discriminante do ambiente tectônico, onde os granitos distribuem-se no campo intra-placa.

Os dados de ETR para os granitos do maciço Caracol (figura 82) normalizados pelo condrito (Sun & McDonough, 1989) mostram um padrão semelhante aos granitos metaluminosos do tipo A, relacionados a faixas orogênicas em fase de estabilização (Bonin, 1990; Maniar & Piccoli, 1989). Apresentam um forte enriquecimento em ETRL (200 a 400 vezes o condrito) e alto enriquecimento em ETRP (50 a 90 vezes o condrito), além da pronunciada anomalia negativa de Európio.

Os granitos desta suite mostram-se especializados em mineralizações de Sn, W e Mo, conforme visualiza-se no diagrama triangular de Rb-Ba-Sr (El Bouseily & El Sokkary, 1975) (figura 83). Adicionalmente, a amostra JG-186 apresentou anomalia de arsênio (84,4ppm), teores de Au (3,4ppb) e Cu (90,3ppm) acima do *background* regional (valores não mostrados na tabela).

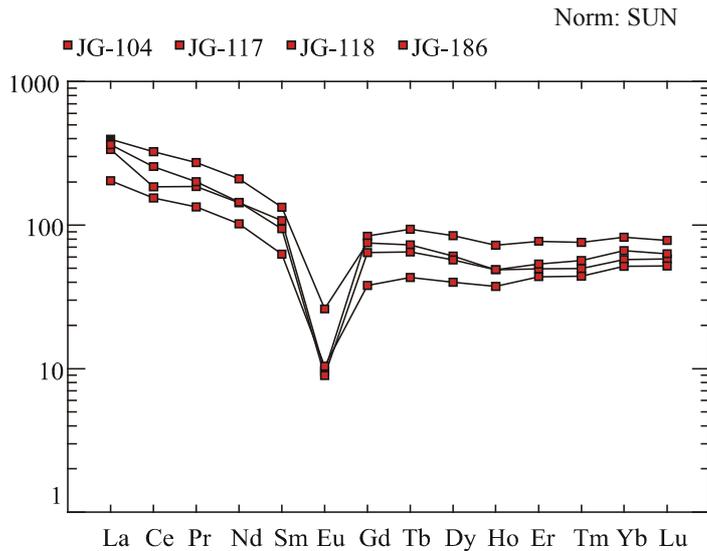


Figura 82 - Padrão de distribuição dos ETR para os granitos do Maciço Caracol

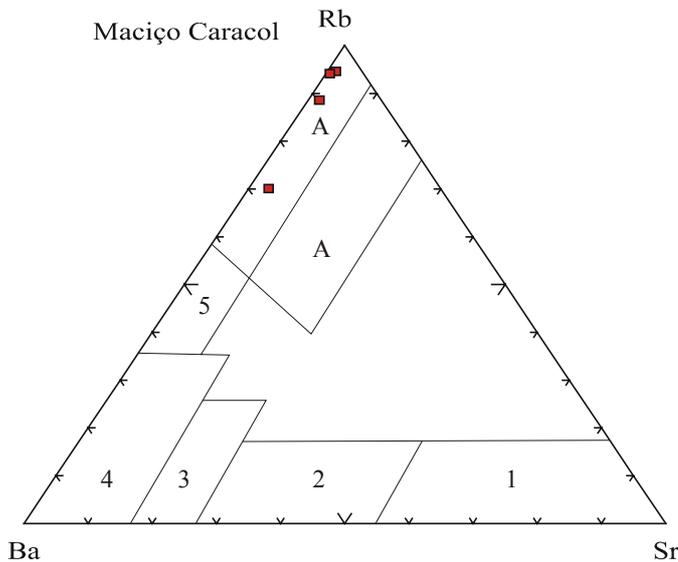


Figura 83 - Diagrama Rb-Ba-Sr (El Bouseily & El Sokkary, 1975) modificado por Biste (1981), com as amostras do Maciço Caracol. Campos: 1-Diorito-; 2- Granodiorito; 3- Granito Anômalo; 4- Granito Normal; 5- Granito fortemente diferenciado; A- Granitos associados a depósitos de Sn, W e Mo.

### 3.4.2. Suíte Intrusiva Teotônio

Com base nos estudos de campo e petrográficos foram selecionadas 6 amostras representativas dos granitóides da Suíte Intrusiva Teotônio. Destas, duas amostras (JG-108 e JG-134A) apresentam características químicas que destoam do conjunto das outras quatro amostras da suíte. Isto ocorre porque as mesmas apresentam características de uma fácies específica e menos representativa da suíte, onde apresentam uma nítida tendência para os granitos alcalinos.

Desta forma, a tabela 3 ilustra as composições químicas mais representativas dos granitos da Suíte Intrusiva Teotônio.

### SUÍTE INTRUSIVA TEOTÔNIO

	JG 108	JG 113A	JG 129	JG 134A	JM 116	JM 196
SiO <sub>2</sub>	60,15	69,25	76,59	62,78	74,55	72,94
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14,92	14,47	12,36	15,49	12,11	12,82
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9,95	3,94	1,51	7,33	3,14	3,47
MgO	0,22	0,12	0,05	0,35	0,03	0,17
CaO	2,73	1,09	0,36	2,06	0,58	1,01
Na <sub>2</sub> O	4,96	4,01	3,7	4,65	3,65	3,04
K <sub>2</sub> O	5,39	6,16	4,79	5,34	5,01	5,43
TiO <sub>2</sub>	0,63	0,35	0,06	0,61	0,28	0,39
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,11	0,01	0,01	0,13	0,01	0,05
MnO	0,27	0,09	0,01	0,2	0,1	0,05
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,003	0,005	0,003	0,003	0,006	0,003
Sc	16	2	1	6	1	6
LOI	0,3	0,3	0,4	0,6	0,3	0,5
<b>Total</b>	99,63	99,79	99,84	99,55	99,77	99,87
V	<5	<5	<5	<5	<5	<5
W	0,5	1,6	0,8	0,3	0,5	4,8
Zr	1041,1	983,3	173,7	1097	627,5	470,6
Y	124,3	93	95,3	59,3	33,2	90,2
La	120,3	205,5	106,3	54,1	146,6	81,4
Ce	295,3	462,9	73,4	141,6	349,2	194,9
Pr	34,6	49,15	28,7	17,23	38,34	22,47
Nd	139,6	183,9	112,2	74,2	138,1	82,1
Sm	27,9	27,7	21,9	15,1	21,4	16,5
Eu	4,95	1,83	2,64	4,25	1,37	1,26
Gd	22,82	18,19	16,28	12,81	13,03	13,9
Tb	3,91	2,82	2,57	1,96	1,61	2,45
Dy	21,69	0	15,13	11,19	7,56	13,92
Ho	4,13	2,91	2,61	2,01	1,3	2,99
Er	12,05	8,56	8,1	5,73	3,6	8,95
Tm	1,73	1,25	1,19	0,83	0,52	1,36
Yb	12,25	9,03	7,77	5,54	4,09	9,51
Lu	1,91	1,42	1,18	0,9	0,64	1,38
Ba	1488,5	454,7	98,6	1404	191,7	651
Cs	1,3	3,1	4,7	1	0,3	10,3
Ga	33,7	31,1	29,2	31,9	28,2	21,8
Hf	27	24,5	9,1	25,7	15	13,7
Nb	136,2	107,2	50,3	66,2	42,8	36,2
Rb	128,7	239,8	283,9	94,9	68,2	228,8
Sn	5	6	4	2	<1	6
Sr	112,3	73,3	19,7	270,2	24	66,3
Ta	7	5,3	3,3	2,7	1,6	2,4
Th	16,7	21,4	22,1	5	11,6	23,8
U	5,1	4,5	12	1,9	1,5	9,3
Mo	7,5	3,7	3,4	5,3	3,4	4
Cu	12,3	12,3	8,1	10,6	6,4	6,8
Pb	10,7	15,7	6,3	5,1	4,3	15,8
Zn	93	113	20	95	34	67

Tabela 3 - Composição química representada por elementos maiores, elementos-traço e terras raras das rochas graníticas da Suíte Intrusiva Teotônio.

A variação dos teores de SiO<sub>2</sub> é restrita, em torno de 70 a 76% na maior parte dos casos, enquanto que as outras duas amostras acima referidas apresentam baixos valores (em torno de 60 a 63%).

As razões FeO(total) / FeO(total) + MgO são elevadas, normalmente superiores a 0,96; a relação álcalis / alumina, expressa pelo índice agpaítico, é geralmente superior a 0,65, que aliados aos elevados valores dos teores de K<sub>2</sub>O + Na<sub>2</sub>O (>8,6), assemelham-se aos granitos metaluminosos da associação alcalina.

Usando o diagrama classificatório Q-A-P de LeMaitre (1989), quase todas as amostras da suite plotam no campo dos granitos. Somente duas amostras, aquelas da fácies mais diferenciada, plotam no campo dos quartzo-monzonitos (figura 84), enquanto que no índice de Shand (figura 85), os granitos classificam-se em metaluminosos a fracamente peraluminosos.

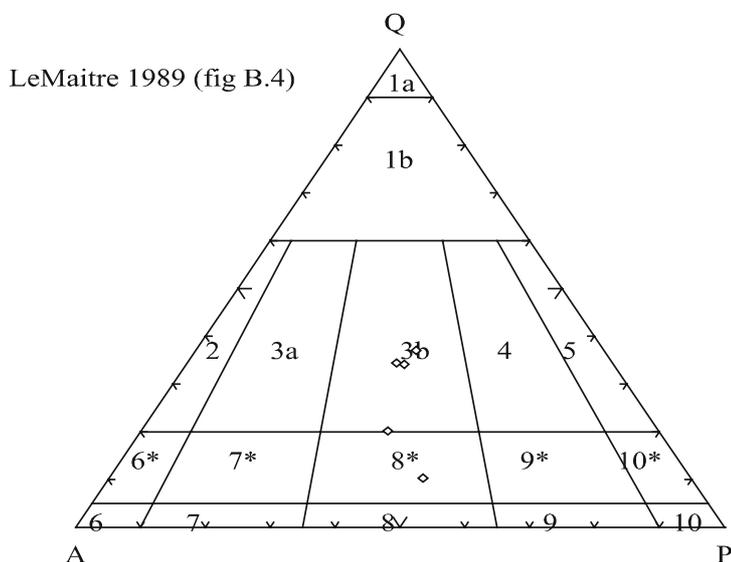


Figura 84 - Diagrama Q-A-P mostrando a distribuição das amostras da Suíte Intrusiva Teotônio

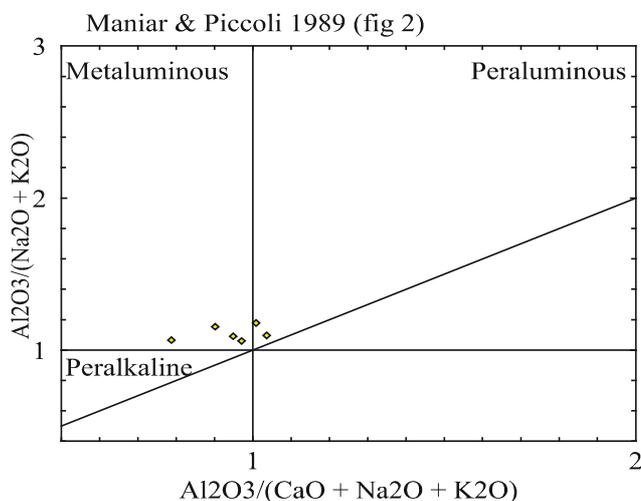


Figura 85 - Características dos granitos da Suíte Intrusiva Teotônio baseado no Índice de Shand (Maniar & Piccoli, 1989).

Utilizando-se o diagrama de Irvine & Baragar (1971), a maioria das amostras ocupam o campo dos granitos subalcalinos, enquanto os quartzo-sienitos da fácies mais diferenciada ocupam o campo alcalino (figura 86).

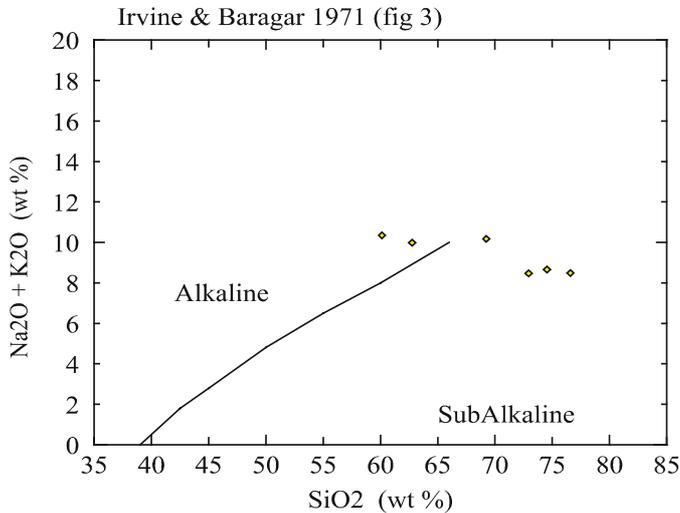


Figura 86 - Diagrama de Irvine & Baragar (1971) mostrando a distribuição das amostras da Suíte Teotônio.

No diagrama Ga x Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (figura 87), as amostras concentram-se em um campo distinto dos granitos tipo-A australianos, tipo I e S e tipo-I fracionados, como consequência de sua elevada concentração em Ga.

O comportamento dos elementos terras-raras leves (ETRL) mostram um forte enriquecimento (200 a 600 vezes o condrito) e um alto conteúdo dos elementos terras-raras pesados (ETRP) (20 a 50 vezes o condrito), além da pronunciada anomalia negativa de Európio (figura 88). Entretanto, duas amostras apresentam um comportamento anômalo de Európio e Cério, que podem retratar o fracionamento de allanita ou por processos de lixiviação por parte de fluidos ricos em flúor.

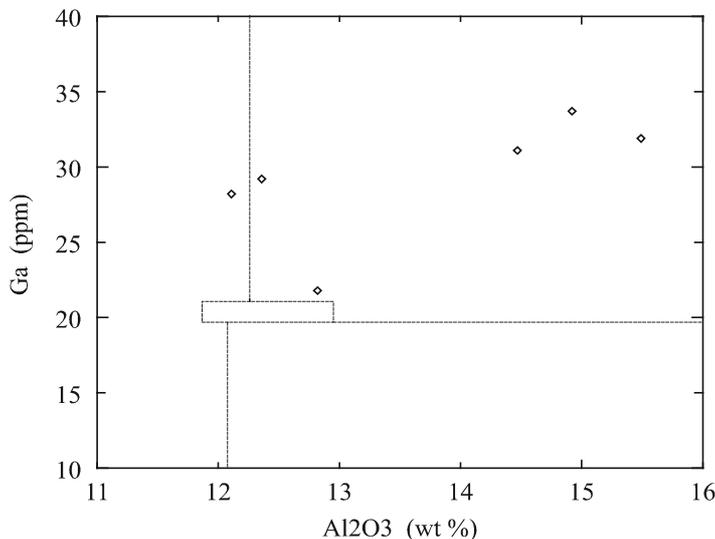


Figura 87 - Diagrama Ga x Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> mostrando a dispersão das amostras da Suíte Intrusiva Teotônio

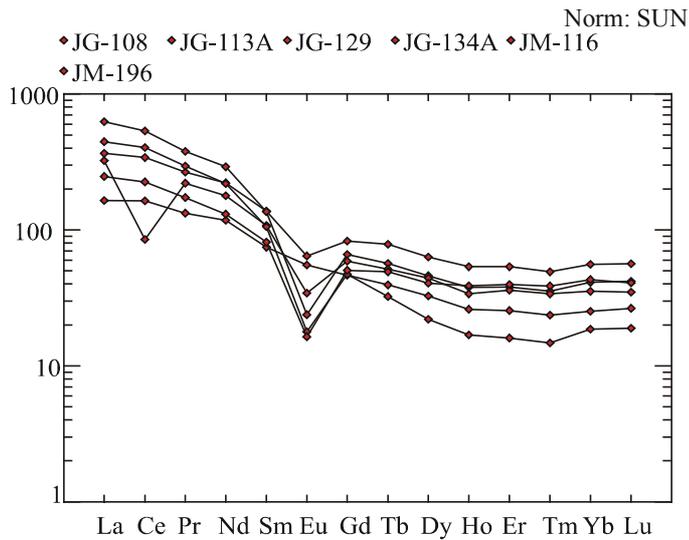


Figura 88 - Padrão de distribuição dos ETR para os granitos Suíte Intrusiva Teotônio

Em relação ao ambiente gerador desse magmatismo granítico, todas as amostras ocupam o campo dos granitos intra-placa (figura 89) e ainda, no diagrama R1-R2 de Batchelor & Bowden (1985), as amostras distribuem-se entre os limites dos campos pós-orogênicos a anorogênicos (figura 90).

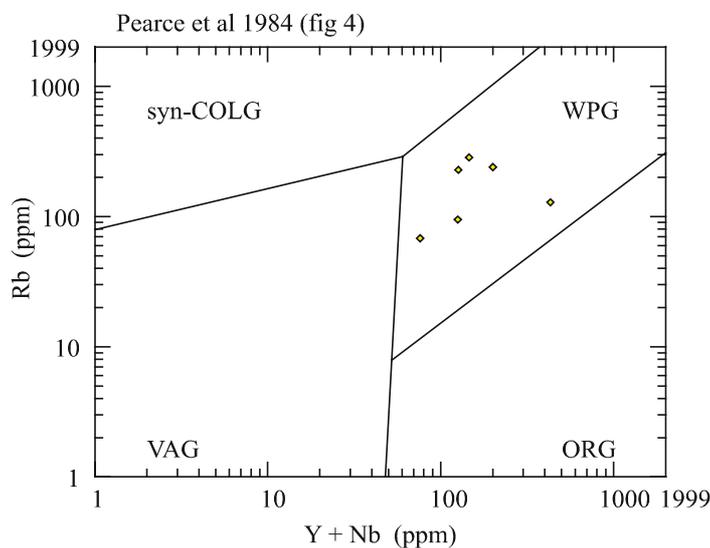


Figura 89 - Diagrama discriminante do ambiente tectônico, onde os granitos distribuem-se no campo intra-placa

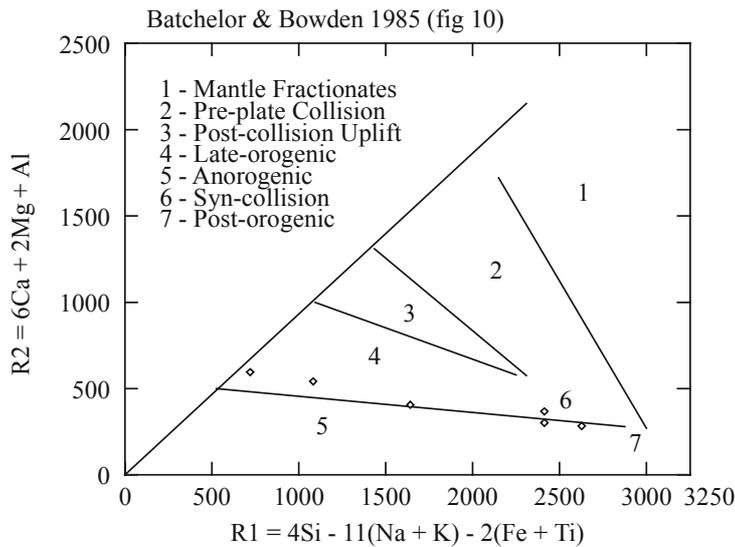


Figura 90 - Diagrama multicatiônico ilustrando o comportamento das amostras em função do ambiente tectônico

No que diz respeito ao potencial metalogenético, as amostras da Suite Teotônio não se enquadram nas características dos granitos especializados em Sn, W e Mo, e sim assemelham-se aos granitos normais transicionando aos granitos fortemente diferenciados conforme sugerido no diagrama de Rb-Ba-Sr (El Bouseily & El Sokkary, 1975) (figura 91).

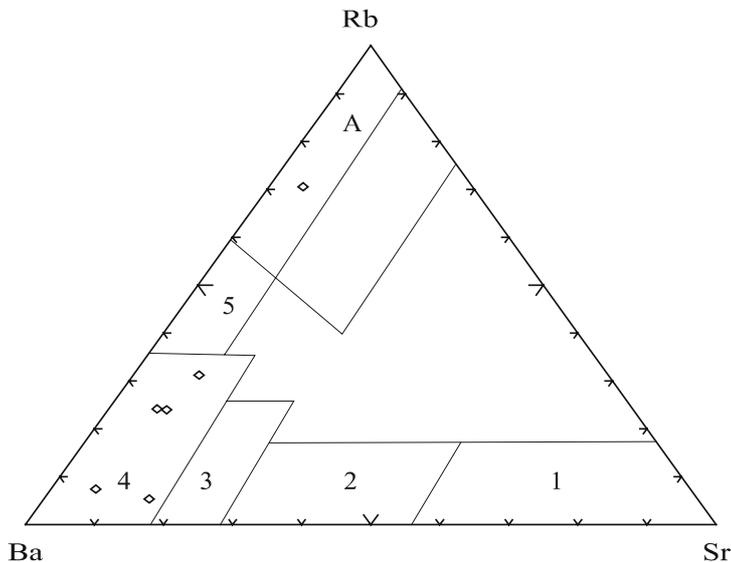


Figura 91 - Diagrama Rb-Ba-Sr (El Bouseily & El Sokkary, 1975) modificado por Biste (1981), com as amostras da Suite Teotônio. Campos: 1-Diorito-; 2- Granodiorito; 3- Granito Anômalo; 4- Granito Normal; 5- Granito fortemente diferenciado; A- Granitos associados a depósitos de Sn, W e Mo

### 3.4.3. Suíte Intrusiva Santo Antônio

Foram analisadas três amostras de rochas graníticas do maciço Santo Antônio onde procurou-se selecionar aquelas mais homogêneas, visto que os granitos desta suíte apresentam-se geralmente misturados com rochas básicas (magmas mixing). Desta forma, a tabela 4 apresenta as composições químicas mais representativas das rochas da suíte.

#### SUÍTE INTRUSIVA SANTO ANTÔNIO

	JG 127	JG 128	JG 139
SiO <sub>2</sub>	68,36	75,41	74,57
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14,19	12,68	11,49
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,39	1,91	3,47
MgO	1,4	0,06	0,24
CaO	3,56	0,37	1,04
Na <sub>2</sub> O	3,28	3,6	2,88
K <sub>2</sub> O	3,12	4,87	4,5
TiO <sub>2</sub>	0,45	0,1	0,31
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,09	0,01	0,06
MnO	0,07	0,06	0,11
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,008	0,003	0,002
Sc	8	1	4
LOI	1	0,9	1,2
Total	99,92	99,97	99,88
V	55	<5	<5
W	1,6	2,4	1
Zr	204,7	183,8	374,7
Y	30,1	105,2	133,8
La	22,4	41,2	112,5
Ce	51,7	96,3	229,9
Pr	5,84	11,18	27,97
Nd	23,3	42,2	105,1
Sm	4,9	9,4	19,2
Eu	0,91	0,76	1,7
Gd	4,59	9,71	17,38
Tb	0,8	1,92	3,01
Dy	4,68	13,82	17,64
Ho	0,91	3,05	3,51
Er	2,72	11,7	10,59
Tm	0,41	2,03	1,51
Yb	3	15,45	9,78
Lu	0,44	2,5	1,43
Ba	551,1	268,7	584,5
Cs	5,2	8	5,8
Ga	18,9	25,3	21,2
Hf	6,3	8,5	11,6
Nb	9,6	61	40,6
Rb	166,2	490,3	276
Sn	7	18	7
Sr	263,9	41,7	102,8
Ta	0,9	7,1	1,9
Th	9,2	44,2	27,9

<b>U</b>	3,8	26,3	12
<b>Mo</b>	3,6	2,3	2,6
<b>Cu</b>	14,7	6,6	13,2
<b>Pb</b>	3,6	14,2	11,4
<b>Zn</b>	51	57	83

Tabela 4 - Composição química representada por elementos maiores, elementos-traço e terras raras das rochas graníticas da Suíte Intrusiva Santo Antônio.

Geoquimicamente predominam os granitóides subsolvus, os quais ocupam o campo dos granitos no diagrama classificatório triangular An-Ab-Or (figura 92).

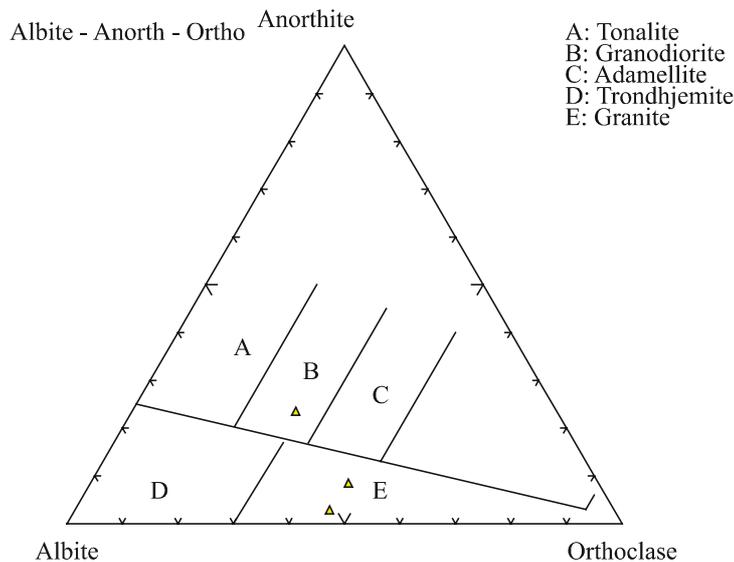


Figura 92 - Diagrama Ab-An-Or mostrando a distribuição das amostras da Suíte Intrusiva Santo Antônio

O caráter subalcalino e marginalmente metaluminosos a peraluminosos dos granitóides podem ser visualizados nas figuras 93 e 94, respectivamente.

Como característica geoquímica importante, possuem alto conteúdo de K, Rb, Zr, Ga, Nb e Fe/Mg. Contrariamente, são empobrecidos em Ca, Mg e Sr. Os teores de SiO<sub>2</sub> variam entre 68 a 75 %, Na<sub>2</sub>O + K<sub>2</sub>O (7,4-8,5 %), Fe<sub>t</sub>/Fe<sub>t</sub> + MgO (0,86-0,93), A/CNK (0,96-1,08), K/Rb (99-160).

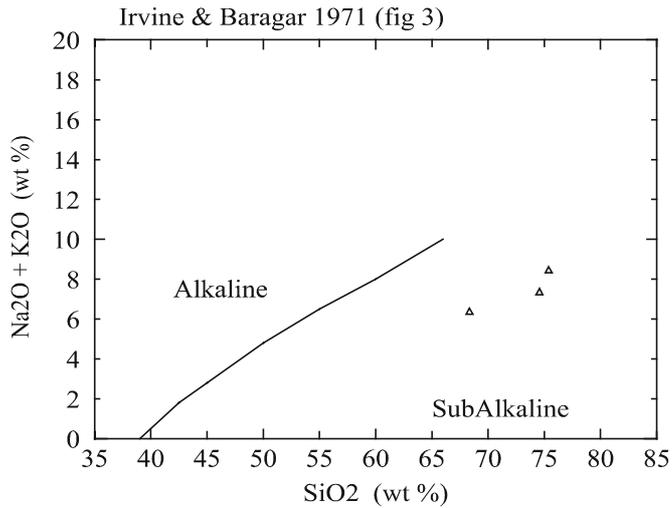


Figura 93 - Diagrama de Irvine & Baragar (1971) mostrando a distribuição das amostras da Suíte Intrusiva Santo Antônio.

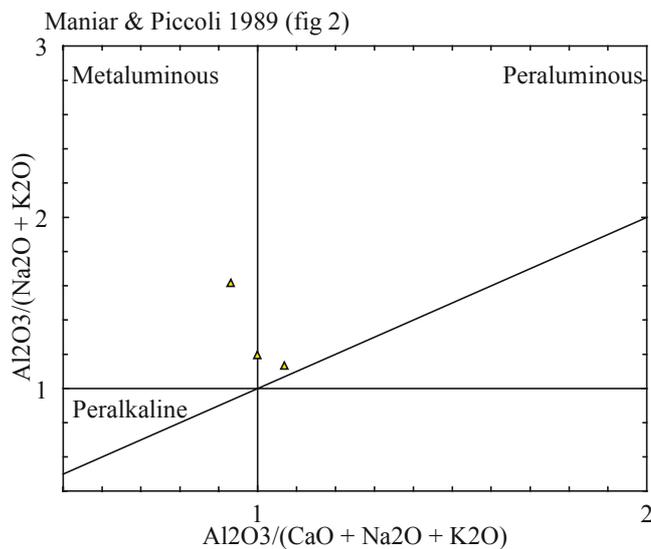


Figura 94 - Características dos granitos da Suíte Intrusiva Santo Antônio baseado no Índice de Shand (Maniar & Piccoli, 1989).

Apresentam um elevado enriquecimento em ETRL (100 a 300 vezes o condrito) e forte enriquecimento em ETRP (40 a 80 vezes o condrito), além da pronunciada anomalia negativa de Európio (figura 95).

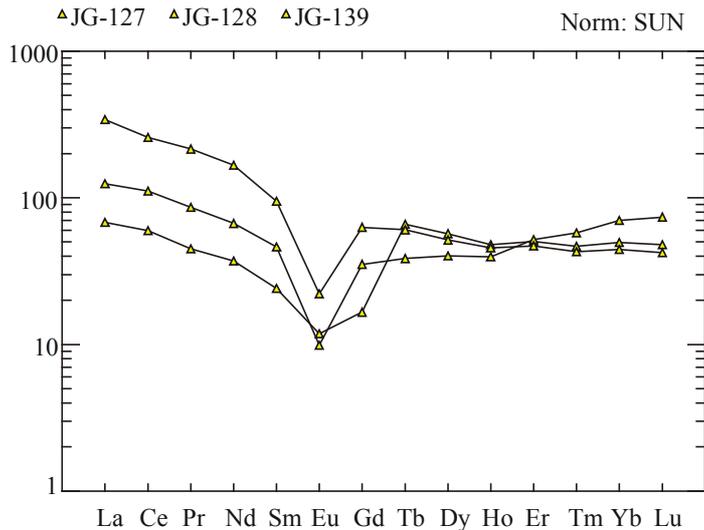


Figura 95 - Padrão de distribuição dos ETR para os granitos da Suíte Intrusiva Santo Antônio

Estes dados geoquímicos são similares aos granitos intraplaca fanerozóicos e aos granitos tipo A (figura 96).

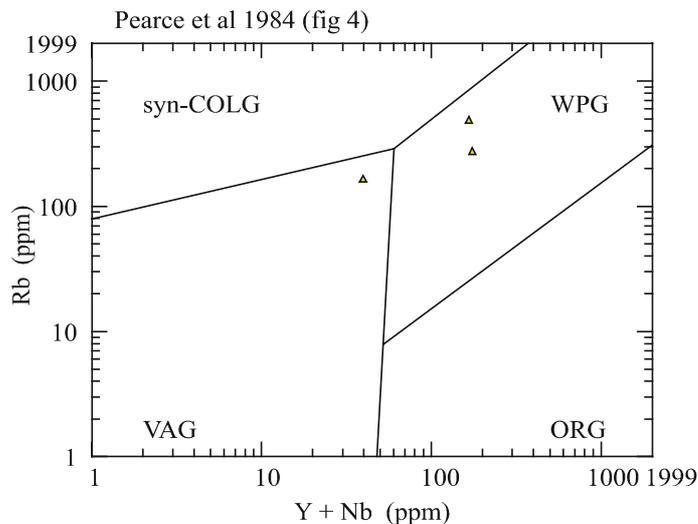


Figura 96 - Diagrama discriminante do ambiente tectônico, onde os granitos distribuem-se no campo intra-placa.

### 3.5. Petrografia

Foram selecionadas trinta e nove amostras de rochas do AHE do Santo Antônio, para confecção de lâminas delgadas, três das quais (amostra JG-01, JM-01 e JM-04) receberam descrição petrográfica detalhada e seguem como anexo neste relatório enquanto as trinta e seis lâminas restantes foram descritas parcialmente visando subsidiar as descrições das unidades geológicas.

### 3.6. Geocronologia

#### 3.6.1. Suíte Intrusiva Santo Antônio

A amostra JG-139 (figura 98) foi selecionada para a análise Pb-Pb. Trata-se de um hornblenda – biotita monzogranito de granulação grossa, textura inequigranular porfirítica, isotrópico, coloração rosa-claro, apresentando como característica marcante a textura rapakivi. Os constituintes minerais mostram-se em estágio avançado de alteração, sendo que os cristais de feldspato alcalino apresentam processos de substituição de caráter, possivelmente, pós-magmático. Bordas de reação são frequentes no microclínio e representadas por uma fina aureola constituída de pequenos grãos arredondados de albita. Os cristais de quartzo são xenomórficos, apresentando leve extinção ondulante, ocorrendo também, uma segunda geração de cristais arredondados, inclusos no K-feldspato. A ação hidrotermal é proeminente por sobre os feldspatos, onde observa-se a presença de sericita e epidoto.

Cinco frações de zircão dessa unidade forneceram idade de  $1358 \pm 2$  Ma, interpretada como idade de cristalização da rocha. Os dados analíticos estão demonstrados na tabela 5 e figura 97.

Zircão	T(°C)	No. of ratios	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	2 $\sigma$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	2 $\sigma$	$(^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb})_c$	2 $\sigma$	Idade (Ma)	2 $\sigma$
<b>Amostra JG-139</b>											
<b>JG139/1</b>	1450	32	2584	0,09937	46	0,09222	0,00017	0,08677	19		
	1500	34	29412	0,09105	51	0,08729	0,00030	0,08689	35	<b>1356</b>	<b>4</b>
<b>JG139/2</b>	1500	24	6711	0,08549	109	0,08901	0,00014	0,08681	20	<b>1357</b>	<b>4</b>
<b>JG139/3</b>	1500	40	18519	0,08078	20	0,08775	0,00014	0,08693	15	<b>1359</b>	<b>3</b>
<b>JG139/4</b>	1500	40	9709	0,07508	64	0,08827	0,00028	0,08694	18	<b>1359</b>	<b>4</b>
<b>JG139/7</b>	1500	34	11628	0,07550	29	0,08806	0,00042	0,08696	58	<b>1360</b>	<b>13</b>
<b>Mean Age (5 grains - 204 ratios - USD = 0.8)</b>										<b>1358</b>	<b>2</b>

Tabela 5 - Resultados analíticos Pb-Pb dos cristais de zircão da amostra JG-139.

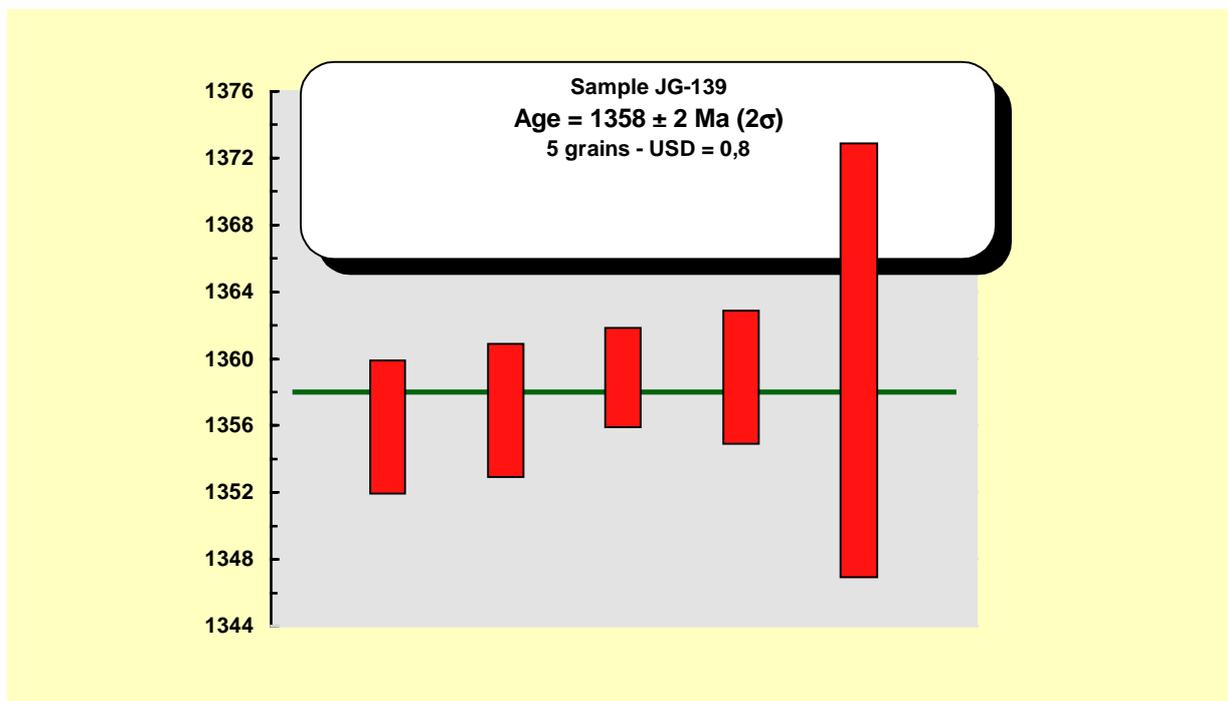


Figura 97 - Diagrama com a média das idades, calculadas a partir de todos os grãos, conseguidas para a amostra JG-139.

O posicionamento estratigráfico da Suíte Santo Antônio foi definido, anteriormente, mais em função de determinação geocronológica do que por relações de campo, exceção feita ao contato intrusivo observado com rochas do Complexo Jamari. Desta forma, os dados isotópicos existentes de U-Pb em zircão, indicaram uma idade de  $1406 \pm 32$  Ma (Tosdal & Bettencourt, 1994) para uma amostra de biotita-monzogranito de granulação grossa. Dentro do contexto geológico regional, no que se refere a evolução desta porção continental, essa idade é incompatível com os processos orogenéticos que aconteceram no sudoeste do Cráton Amazônico. Portanto, a idade de  $1406 \pm 32$  Ma deve ser revista, em função do novo entendimento geológico regional. De outra forma, a idade obtida neste trabalho ( $1358 \pm 2$  Ma) deve ser considerada como a idade de cristalização da Suíte Intrusiva Santo Antônio e representa o magmatismo granítico relacionado aos estágios iniciais da Orogenia Rondoniana-San Ignácio.



Figura 98 - Feição textural do hornblenda - biotita monzogranito da Cachoeira do Santo Antônio (JG-139).

#### **4. ESTRUTURAS E TECTÔNICA REGIONAL**

A área abrangida pelos empreendimentos hidrelétricos do rio Madeira, inserem-se na borda sudoeste do Cráton Amazônico, numa compartimentação tectônica originada no pré-cambriano, mas que passou por processos de rejuvenescimento tectônico durante o Terciário, propiciada pela Orogenia Andina. Reativações subseqüentes fizeram-se sentir, e também como ocorre atualmente, nesta porção do Cráton, com efeitos diretos por sobre as rochas do substrato onde se instalou o rio Madeira.

A compreensão destes processos que estruturaram o arcabouço neotectônico da Amazônia é de fundamental importância para o entendimento dos aspectos evolutivos relacionados à sedimentogênese das coberturas cenozóicas e a dinâmica fluvial dos principais rios amazônicos. De forma genérica, amparado nas informações obtidas nos trabalhos de campo e naquelas oriundas, mais especificamente, da interpretação de imagens de radar e secundariamente das imagens de satélite e fotografias aéreas, foram estabelecidas as principais feições estruturais da área.

Os dados estruturais adquiridos nas etapas de campo, embora careçam de tratamento e estudo mais detalhados, permitem identificar em caráter preliminar um esboço tectônico

delineado a partir do expressivo sistema de falhamentos sobreposto às rochas que servem de substrato ao curso do rio Madeira.

Desta forma, o quadro neotectônico regional do estado de Rondônia é constituído por um sistema de falhas e de grandes lineamentos estruturais que controlam a rede de drenagem atual, os quais estão representados na seguinte forma: no Vale do rio Guaporé, pelo Lineamento Transtensivo Surpresa-Pimenteiras, orientado segundo uma direção NW-SE; na região entre as localidades de Guajará-Mirim e Abunã, pelo Lineamento Compressivo Guajará-Mirim-Abunã (Souza Filho *et al.*, 1997), de direção N-S; desde a localidade de Abunã (RO) até Itacoatiara (AM), pelo Megalineamento Transtensivo Dextral Madre de Dios-Itacoatiara, de direção SW-NE (Igreja & Catique, 1997) e na região nordeste do Estado de Rondônia, pelo Lineamento Calama-Tabajara, de direção NW-SE (Scandolara, 1998) (figura 99).

A evolução paleogeográfica cenozóica teve o seu começo efetivo a partir dos movimentos neotectônicos que se desenvolveram após o Oligoceno, com a geração de vários tipos de estruturas que afetaram as rochas pré-cambrianas, paleozóicas e mesozóicas que constituem o arcabouço litológico regional, controlando a deposição de sedimentos e influenciando decisivamente no desenvolvimento dos sistemas de relevo e drenagem hoje observados.

O modelo neotectônico admitido para o Pleistoceno ao Holoceno considera a atuação de um vetor compressivo NW/SE (figura 100), responsável pelo estabelecimento de um binário transcorrente dextral com direção geral E-W, lineamentos transtensivos dextrais NE-SW, falhas normais de direções em torno de NW-SE e falhas inversas NE-SW (scandolara *et al.*, 1999), resultando, nessa última etapa, o abatimento expressivo de várias regiões (baixo Madeira, região do baixo rio Ji-Paraná e todo o vale do rio Guaporé), com marcantes anomalias na morfologia e morfometria das redes de drenagem que constituem os sistemas deposicionais fluviais destes domínios.

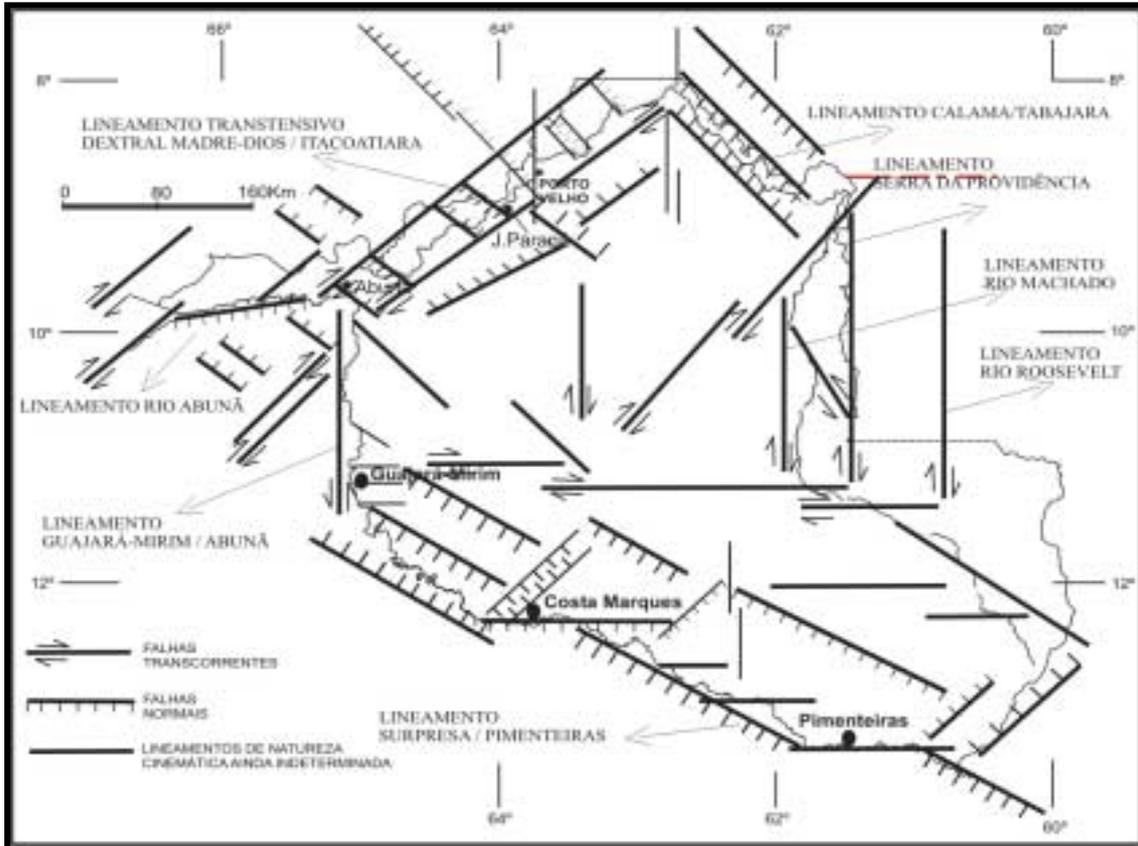


Figura 99 - Quadro geral da neotectônica no estado de Rondônia e adjacências.

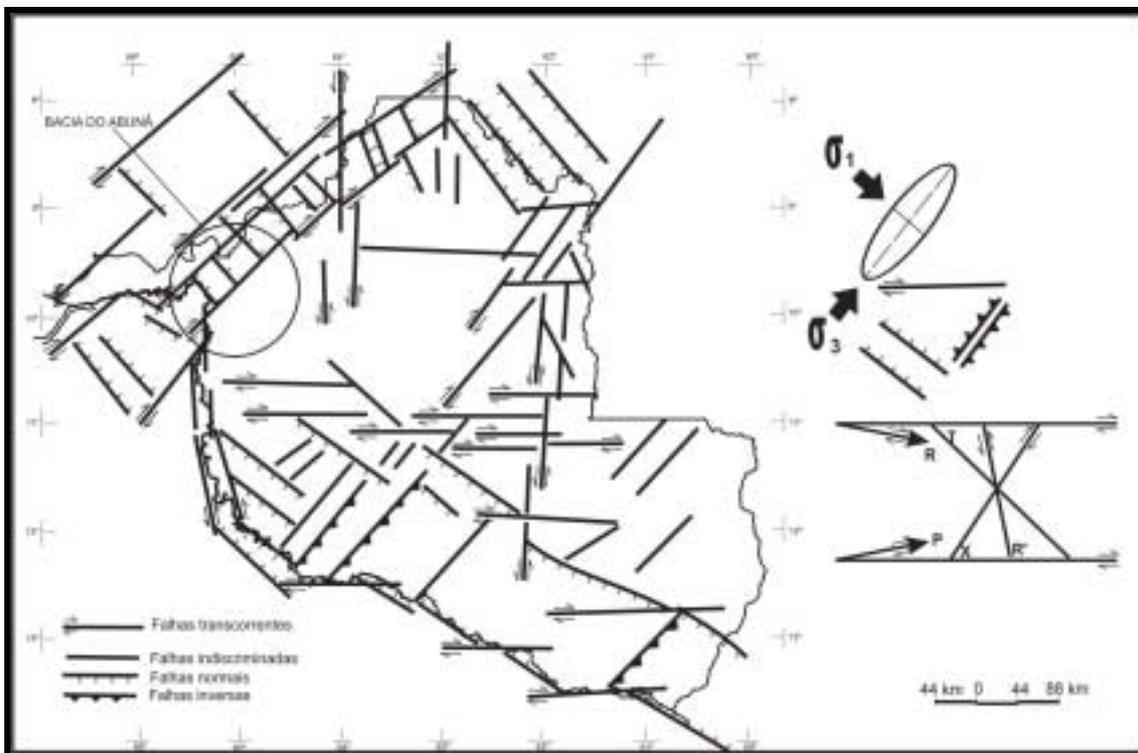


Figura 100 - Quadro tectônico com principais estruturas geradas e campo tensional.

Na área do empreendimento do Santo Antônio, o sistema de falhas e fraturas está associado aos processos de reativação de antigas zonas de fraqueza estrutural. Essas antigas zonas de fraqueza referem-se, principalmente, as estruturas primárias geradas durante a atuação dos eventos tectono-metamórficos superimpostos às rochas do embasamento regional, destacando-se aqueles originados durante a Orogenia Rondoniana-San Ignácio, a qual se instalou praticamente em todo o estado de Rondônia e adjacências. As estruturas definidas na área do empreendimento do Santo Antônio, em ordem cronológica, são representadas por uma foliação metamórfica penetrativa impressa nas rochas metaígneas do Complexo Jamari. Nessa unidade a foliação metamórfica define um plano de fraqueza estrutural de direção aproximada N90E, com inflexões para N80W e N70E, aliadas a alto ângulo de mergulho. Além destes planos de fraqueza estrutural, outros de direção N40-60W e N50E, originados, possivelmente, durante a atuação da orogenia acima referida, possibilitaram a instalação de falhas e fraturas que condicionaram, em parte, o encaixe do rio Madeira, além da geração de desníveis estruturais representados por inúmeras corredeiras ao longo do rio, destacando entre tantas, à do Teotônio, Morrinhos e Santo Antônio.

O padrão do sistema de falhamentos e de fraturamentos associados obedecem, a grosso modo, as direções NW-SE, NE-SW, NNE-SSW e E-W, sendo as mais repetitivas as falhas, N10E, N40E, N60E, N70E, N20W, N30W, N40W e N60W, todas com mergulho tendendo à verticalidade, situação muito semelhante ao que ocorre na área do Jirau-Abunã. Observa-se que em alguns trechos do rio Madeira, o mesmo segue o seu percurso seguindo as direções das falhas acima referidas, salientando-se que muitas delas são paralelas ao megalineamento Madre de Dios-Itacoatiara (figura 99), o qual coincide com o lineamento Baixo-Médio Amazonas (Lima, 1988) e que controla grandes trechos do rio Madeira. Esta megaestrutura, que mostra um componente transcorrente dextral significativo, de acordo com Igreja & Catique (1997) estende-se desde a extremidade NE do megalineamento Madre de Dios-Itacoatiara, limitado a sudeste por um bloco subsidente e a NW por um bloco soerguido, o que explica perfeitamente a anomalia assimétrica da rede de drenagem deste segmento do sistema fluvial estudado. Esta assimetria é caracterizada por drenagens curtas escavadas no bloco ascendente a NW, que se estende até o divisor de águas que limita Rondônia com Amazonas e, por drenagens longas e unidirecionais no bloco SE, que abrange a margem direita do rio Madeira, envolvendo as bacias hidrográficas dos rios Cotia, Mutum, Jaci, Branco e Caracol.

Destaca-se, ainda, o caráter meandrante dos afluentes da margem direita do rio Madeira, nas proximidades da calha fluvial, o que indica capturas da drenagem retilínea unidirecional na mesma direção do megalineamento. Lagos represados (lagos marginais) também ocorrem ao

longo deste domínio e sua evolução se encontra relacionada ao abatimento relativo de blocos, aliada aos processos de sedimentação ativa que promovem o barramento das drenagens alimentadoras dos lagos. É digno de nota o processo migratório do rio Madeira, o qual migrou, no geral, para sudeste. Este processo de migração do canal do rio pode ser observado através das imagens de radar e imagens Landsat e através de observações direta de campo. Como exemplo, é mostrada a cena na (figura 101), onde está representado o processo erosivo e de sedimentação do rio, onde conclui-se que o rio Madeira migrou e, provavelmente, continua migrando no sentido sudeste. O trecho em referência, localiza-se à jusante da cachoeira de Santo Antônio.

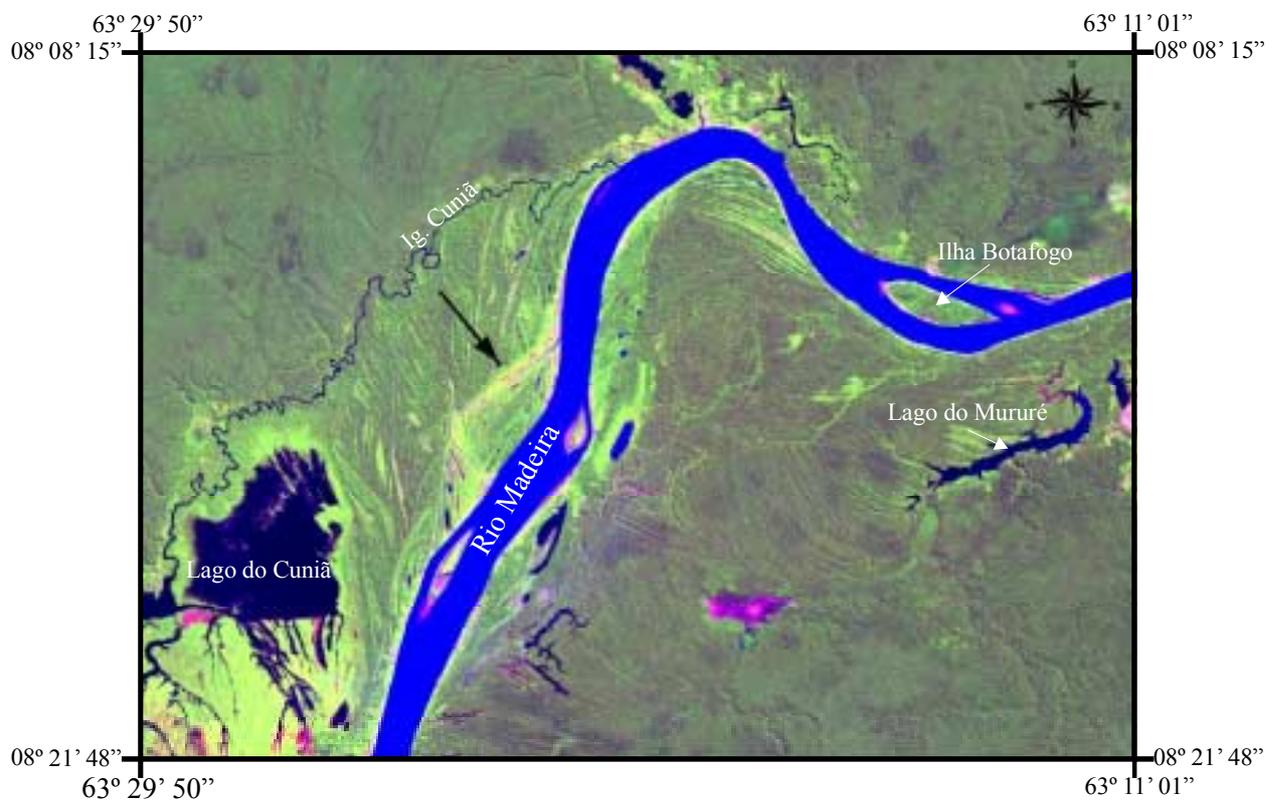


Figura 101 - Migração lateral para SE do canal do rio Madeira (proximidades do Lago do Cuniã) onde observa-se (na seta) o canal antigo totalmente colmatado por sedimentos.

## 5. DINÂMICA FLUVIAL E PROCESSOS ASSOCIADOS

O rio Madeira ao longo do trecho compreendido entre as cachoeiras de Jirau e Santo Antônio drena terrenos de constituição predominantemente sedimentar de idade quaternária e de granitos proterozóicos.

É importante ressaltar que o referido rio, percorre aproximadamente, cerca de cinquenta quilômetros, drenando sedimentos em ambas as margens, o que certamente o diferencia do trecho Jirau-Abunã, onde o Rio Madeira drena, predominantemente, sedimentos quaternários mais pela margem direita, pois os terrenos da margem esquerda integram um bloco crustal soerguido, o qual é constituído por granitos deformados (Suíte Intrusiva Serra da Providência); Quartzitos (Formação Mutum-Paraná); Quartzito-Arenitos, Arenitos Arcosianos e Conglomerados da Formação Palmeiral, além de Granitos Isotrópicos (Proterozóico).

Os depósitos sedimentares (argilas, argilas-silticas, areias e cascalhos), são via-de-regra, inconsolidados, fáceis de desagregação, salvo exceção, algumas porções de areias ferruginizadas, endurecidas por cimentação de óxidos e hidróxidos de ferro, que se apresentam intercaladas entre camadas de argilas acinzentadas (base) e sedimentos siltico - argilosos (topo). Estas areias endurecidas e/ou litificadas estão parcialmente preservadas no leito e no barranco do rio conforme podemos observar na seção e perfil esquemático da Formação Rio Madeira, afloramento JG-93 (figura 51), e na ilustração fotográfica (figura 50), referente ao ponto JG-94.

Neste perfil esquemático, podemos observar um parcial desmantelamento físico, através de partição das camadas, devido à erosão fluvial das camadas que lhe estão sotopostas e sobrepostas, no que resulta na instabilidade e quebraimento das mesmas (ação da gravidade, pressão litostática e pressão hidrostática) com geração de blocos irregulares ao longo das encostas dos barrancos e no leito do rio. No entanto, observa-se uma preservação proeminente destas camadas que ficam expostas no leito do rio e são facilmente observáveis na sua fase de seca, aflorando conforme mostram as figuras anteriormente citadas. Destaca-se no perfil referente ao ponto JG-93 (figura 51) que a linha tracejada, indica a possível delimitação do barranco que foi erodido no passado.

A erosão dos sedimentos quaternário das margens do rio Madeira é facilitada pela instabilidade com que são expostos os barrancos, devido à ação sazonal do nível da água do rio durante o período de seca e cheia, pois os mesmos são expostos diretamente a ação erosiva do rio e/ou são desmantelados por ação da gravidade, quer no período de seca, quer no período da cheia. Neste processo entram algumas variáveis, tais como:

- Hidratação dos sedimentos devido à alta do nível do rio durante a fase de cheia;
- Partição do barranco devido ao processo de ressecamento e formação de greta de contração (ressecamento dos sedimentos durante a época de estiagem), o que facilita o desmantelamento dos mesmos, quando o nível da água do rio volta a subir, e reidrata-os, trazendo como consequência o fenômeno das terras caídas;

- Desmatamento nas margens do rio com a eliminação das matas ciliares, o que facilita a ação direta do agente erosivo;
- Dragagem (quando irregular) visando a exploração de ouro no leito e margens do rio;

Da mesma forma como foi observado no trecho Jirau-Abunã, podemos, a priori, relacionar os seguintes processos de erosão fluvial para o rio Madeira (AHE Santo Antônio):

### **5.1. Erosão natural do rio Madeira, atingindo principalmente os seguintes sedimentos:**

#### **5.1.1. Sedimentos arenosos, argilosos e siltico-argilosos da Formação Jaci-Paraná e Formação Rio Madeira (figura 102), os quais constituem os barrancos do rio:**



Figura 102 - Barranco da margem direita do rio Madeira (ponto JG-93).

A base deste perfil é caracterizada pela presença de sedimentos arenosos de granulação grossa, mal selecionados, apresentando estratificação cruzada acanalada, com endurecimento da camada por cimento de óxi- e hidróxidos de ferro, além de níveis de chapas maciças de igual composição, distribuídas de forma irregular, mas condicionados, principalmente, à base do pacote de areias (1), via-de-regra, no contato com sedimentos argilosos de cor cinza, que lhe estão sotopostos e que servem de barreira física para precipitação geoquímica destas substâncias.

Na porção intermediária do perfil, observa-se, a presença de argila cinza-siltosa, bioturbada (2), que grada para sedimento siltico-argiloso (3) nas partes superiores. Este barranco

(ponto JG-95) mostra uma intensa denudação lateral (tal qual os pontos JG-109 e JM-111), diferentemente dos outros barrancos, que mostram topos, via-de-regra, peneplanizados.

Neste afloramento é conspícua a resistência maior à erosão das areias ferruginizadas, pelo fato das mesmas se apresentarem mais preservadas com relação aos sedimentos argilo-siltosos, inclusive aflorando no leito do rio, estabelecendo com isso um parâmetro relativo de quanto o rio já erodiu a sua própria margem. Exemplos semelhante e significativo de erosão é o do ponto JG-102 (figura 103).



Figura 103 - Barranco da margem direita do rio Madeira (JG-102) constituído por sedimento siltico-argiloso em processo de dismantelamento e erosão. Área ocupada por fazenda de gado.

Observa-se do lado direito da paisagem erosão por remoção de massa, facilitada pelo escorregamento ou ruptura do talude. É importante salientar dois fatores com relação ao processo erosivo dos barrancos do rio Madeira:

Primeiro que os sedimentos mais antigos (Pleistocênicos) estão parcialmente recobertos nas encostas dos barrancos pelos sedimentos atuais depositados pelo rio na sua fase de cheia. Via-de-regra, estes últimos, são sedimentos constituídos por argila, silte e com contribuição de areia fina e matéria orgânica, o que lhe confere um odor caracteristicamente sulfuroso.

Segundo, que os sedimentos atuais, exercem um papel importante na redução da taxa de erosão dos barrancos, visto que protegem os sedimentos mais antigos do processo de desmoronamento e da erosão mais acentuada, pois a vegetação se fixa mais facilmente nesses sedimentos. Não fora isto, o dismantelamento dos barrancos seria mais intenso e o assoreamento

do rio mais elevado. Um exemplo típico deste processo é mostrado pela afloramento JM-109, onde se observa a instalação de uma vegetação arbustiva que fixa os sedimentos e se constitui numa proteção natural à erosão fluvial (figura 104).



Figura 104 - Depósito de sedimentos atuais fixados pela vegetação, Ponto JM-109 (1) Sedimentos pleistocênicos, (2) Sedimentos atuais.

Por outro lado nas áreas desprotegidas de vegetação e dos sedimentos mais recentes, os processos de dismantelamento e escorregamento dos barrancos são mais facilmente observáveis durante o período de seca do rio, tendo em vista a sua exposição natural e, obviamente, são muito mais susceptíveis à ação da erosão e desmoronamento.

O processo erosivo é mais atuante porque a hidratação dos sedimentos argilo-siltosos, siltico-argilosos e/ou arenosos facilita o processo de escorregamento dos mesmos (solifluxão) por ação da gravidade para dentro do corpo de água do rio, pela falta de uma barreira e/ou anteparo natural que impeça o seu movimento encosta abaixo. Desta forma, estes sedimentos são mais facilmente dismantelados, retrabalhados e depositados, juntamente com os sedimentos em suspensão transportados pelo rio, predominantemente no período das chuvas amazônicas (época de cheias), a partir de fontes localizadas a montante, principalmente aqueles derivados da bacia do rio Beni (Bolívia).

A ação erosiva e de transporte dos sedimentos dos barrancos do rio vão se acentuando à medida que o rio enche, principalmente nas áreas desprotegidas e/ou desmatadas. Mas, durante este período ocorre também, em alguns locais, a deposição de sedimentos mais grossos, arenosos

(barras de canais) associados a sedimentos mais finos (argila e silte) e matéria orgânica nas margens dos barrancos.

No leito do rio, e margeando o barranco, observa-se a presença de um depósito arenoso de barra de canal. Em ambos casos, é comum a vegetação de gramínea e arbustos, que contribui para fixação dos sedimentos e redução do impacto da erosão.

### **5.1.2. Sedimentos finos (argila e silte), associados com matéria orgânica e restos de troncos de árvores, de deposição atual nos barrancos do rio e nas barras de canais, que margeiam os barrancos;**

Os depósitos siltico-argilosos de laminação plano-paralela que se depositam nas margens do rio são predominantemente inconsolidados e bastante instáveis (figura 105). São depósitos recentes sedimentados durante o período de vazante do rio Madeira e que estão sujeitos ao escorregamento constante em função da desestabilização no seu nível de base provocado pelo próprio peso da carga sedimentar (figura 106). Quando do início da subida das águas, durante o período de chuvas, esses sedimentos são quase que totalmente erodidos ou escorregam de volta ao leito do rio e, posteriormente, carregados pelas águas do próprio rio. Além destes, existem aqueles depósitos atuais de barra em pontal (figura 107) sujeitos, constantemente ao retrabalhamento e desmantelamento pela atividade do rio.



Figura 105 - Barranco do rio Madeira mostrando sedimentos finos com restos de troncos, e fraturas atectônicas, transversais ao acamadamento, as quais favorecem o escorregamento das camadas.



Figura 106 - Sedimentos finos atuais recobrendo sedimentos mais antigos da Formação Rio Madeira, e em via de desmoronamento por solifluxão.



Figura 107 - Sedimentos finos atuais (1) em depósito tipo barra em pontal e em contato com sedimentos pleisto-holocênicos mais estabilizados (2).

### **5.1.3. Sedimentos arenosos e siltico-argilosos depositados em barra de canal e em barra de pontal:**

Constituem-se de depósitos relativamente espessos situados no leito do rio, formando ilhas ou margeando o canal do rio. São representados por sedimentos do tipo silte e areia fina predominantemente, com raras lentes de argila intercaladas. Exibem estratificação cruzada acanalada e plano-paralela (figura 108) e sujeitos ao processo de solifluxão (escorregamento) por serem depósitos bastante instáveis.

### **5.2. Erosão causada pela conjugação do sistema natural do rio Madeira e a atuação de dragagem garimpeira no leito do rio;**

Observou-se que o processo de dragagem por atividade garimpeira, que se constitui na retirada do cascalho do leito do rio, se realizado de forma irregular e intensiva nas proximidades dos barrancos, causam aprofundamento do canal do rio e deposição em outros locais, ocasionando mudanças na dinâmica do rio e, como consequência, pode influir na aceleração do desmoronamento dos barrancos (figura 109). Portanto, essa atividade atua como elemento catalisador dos processos erosivos, de transporte e de assoreamento do rio. Este efeito erosivo é observado com maior intensidade, principalmente, no trecho Jirau-Santo Antônio, onde deve ter tido uma maior movimentação tectônica de blocos, que refletiu no aumento do gradiente do rio, velocidade de fluxo e redirecionamento do comportamento da drenagem que tende a migrar para leste em alguns locais.

Adicionalmente, no Ponto JM-145 (trecho Morrinhos-Teotônio), segundo o proprietário do sitio local, o rio já erodiu cerca de 50 metros nos últimos 16 anos, o que dá uma taxa de erosão do barranco de cerca de 3 metros/ano.



Figura 108 - Depósitos de areia fina e silte onde observa-se, na base do pacote sedimentar, ao nível d'água, partes desmoronadas sem estruturação.



Figura 109 - Afloramento do Ponto JG-129. Desmoronamento de barranco do rio Madeira, constituído por cobertura sedimentar (argila, silte e areia) após a atividade de dragagem, para extração de ouro, nas proximidades.

### **5.3. Voçorocamento nas margens do rio Madeira causado pela presença de fontes naturais (aqüíferos livres) e igarapés;**

As nascentes d'água ou pequenas fontes (aqüífero livre) atuam como agente erosivo, que pelo seu fluxo constante, se encarregam de desagregar, erodir e transportar o sedimento desmantelado até a margem do rio ou até o corpo d'água (figura 110 e 111). Este, por sua vez, transporta e deposita os sedimentos a jusante.

### **5.4. Erosão causada pelo rio, mas acelerada pela ação antrópica (desmatamento nas margens e destruição das matas ciliares)**

Embora não seja considerado um processo que cause forte erosão e aporte de sedimento ao rio, o desmatamento das margens deve ser levado em consideração. As áreas antropizadas, às margens do rio Madeira, são mais susceptíveis ao processo erosivo, principalmente aquelas áreas que implantaram a atividade pecuária. Geralmente, o barranco está em processo de recuo provocado pela ação das águas e pelo próprio pisoteio do gado, em sedimento e/ou solo descoberto de vegetação. Os sedimentos são predominantemente argilo-arenosos, por vezes siltosos, sobre os quais desenvolvem-se ravinamentos que dão o início ao processo erosivo (figuras 112 e 113).



Figura 110 - Afloramento do Ponto JG-95. Voçorocamento do barranco do rio Madeira, com fluxo de detritos (solifluxão) em direção ao corpo de água do rio.



Figura 111 - Paisagem do mesmo afloramento da figura anterior, mostrando a erosão supracitada. Os sedimentos mais escuros (1) são depósitos atuais que recobrem parcialmente os sedimentos mais antigos (2).



Figura 112 - Erosão provocada pela supressão da mata ciliar.



Figura 113 - Processo erosivo na margem direita do rio Jaci-Paraná em área de fazenda localizada a montante da cidade homônima.

### **5.5. Erosão e deposição nas ilhas fluviais (barras de canal)**

O processo erosivo do rio Madeira é verificado também em algumas ilhas constituídas por sedimentos predominantemente arenosos e areno-siltosos, depositados pelo próprio rio em épocas pleisto-holocênica inferior. Atualmente, o rio Madeira está entalhando esses terrenos sedimentares mais antigos e, como consequência, gerando ilhas em função da migração do seu canal (figura 114). Com isso, ocorre a erosão dos sedimentos das margens côncavas, os quais são depositados pelo processo de acrescentamento lateral nas margens convexas dos meandros seguintes. O acrescentamento lateral é responsável pela migração do canal e das barras de pontal, chegando, inclusive, a preencher completamente o canal do rio forçando-o a procurar outro local, por abandono daquele, para desenvolver seu fluxo normal das águas. Esse abandono gradual do leito antigo é dito tecnicamente como “atalho em corredeira”, quando o canal passa a ocupar antigos locais de sedimentação.

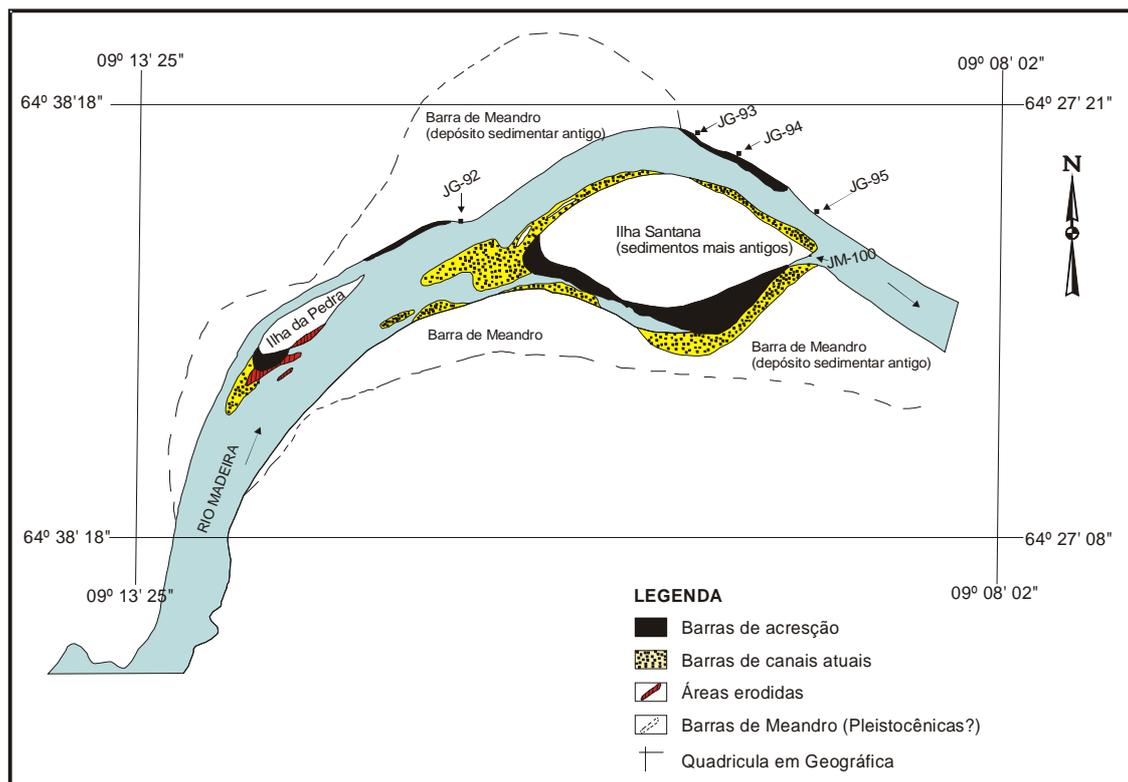


Figura 114 - Ilha Santana, a jusante do Jirau. Observam-se os processos de erosão e sedimentação bastante proeminentes e ativos, analisados a partir do estudo de imagem de radar (1972) e imagem de satélite (2002).

Ainda em relação à figura acima, levando-se em conta as áreas acrescidas (barras de acresção e barras de canais atuais) verificou-se que o ganho em área na ilha Santana, durante o período de 1972 a 2002 (30 anos), foi de 455ha, enquanto que na ilha das Pedras o ganho em área foi de 72ha. Portanto, calculando-se a média anual na taxa de sedimentação da ilha Santana como exemplo, chega-se ao valor de 15ha/ano ou 0,15km<sup>2</sup>/ano.

A foz do rio Jaci-Paraná é uma área que vem sendo erodida ao longo do tempo conforme pode ser observado nas (figuras 115 e 116). O rio Madeira, na sua margem direita junto a foz do rio Jaci-Paraná, erodiu o barranco em torno de 200 metros (30 hectares) durante o período de 30 anos, ou seja, uma erosão de 6 a 7 metros lineares ao ano ou aproximadamente 0,01km<sup>2</sup>/ano. Por sua vez, na ilha Niterói (figura 116), o processo de sedimentação foi bastante ativo nesse mesmo período e, como consequência, resultou num aumento de área de aproximadamente 343 hectares, que corresponde a uma taxa de sedimentação de 11,5 ha/ano ou 0,11km<sup>2</sup>/ano.

Salienta-se, entretanto, que estes dados devem ser utilizados com certa reserva, devido que a estimativa da taxa de erosão e sedimentação foi realizada em imagens de radar e satélite num período de tempo de 30 anos, sem termos o acompanhamento ano a ano dos referidos processos.

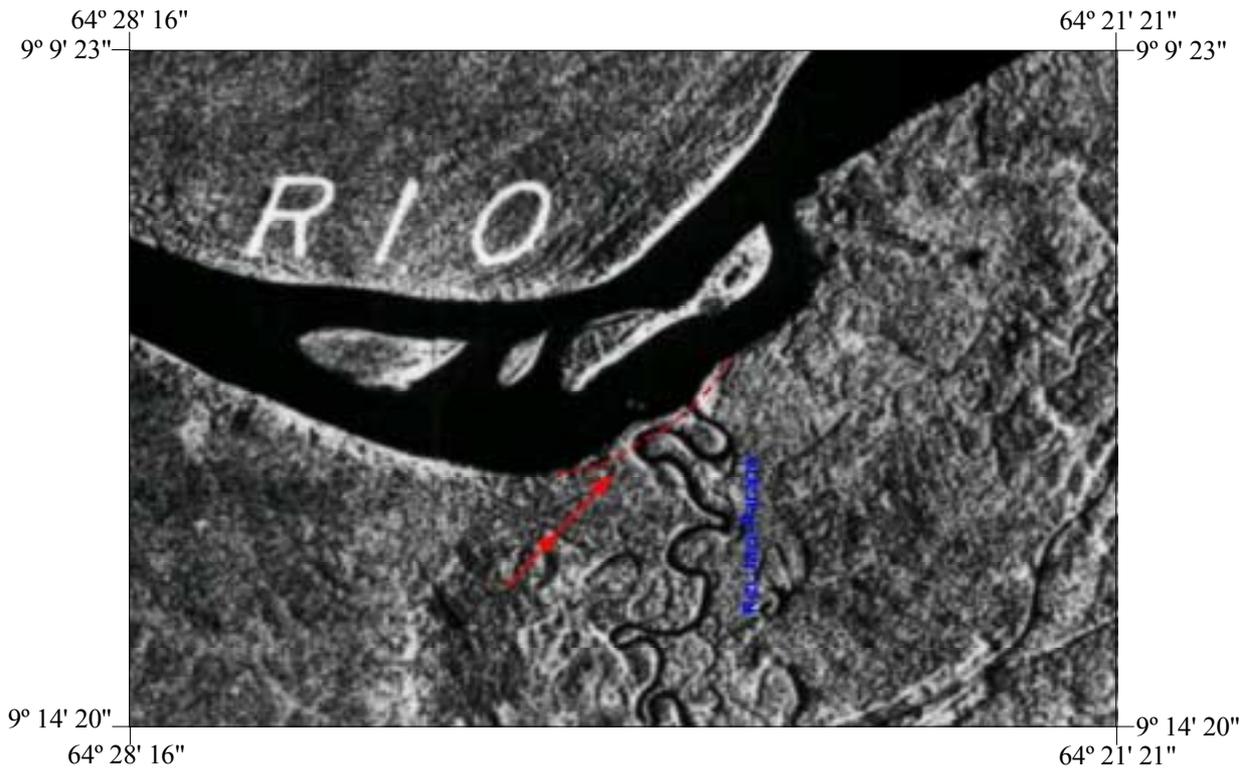


Figura 115 - Imagem de radar (1972) mostrando a confluência do rio Jaci-Paraná com o rio Madeira. A linha tracejada representa a área que foi erodida pelo rio Madeira.



Figura 116 - Imagem de satélite (08/2000) mostrando, na linha vermelha, o limite da margem antiga do rio Madeira e, também, o seccionamento do canal do rio Jaci pelo rio Madeira. Os polígonos em amarelo representam áreas acrescidas pelos sedimentos finos à ilha Niterói.

Portanto, pelas ilustrações acima aliadas aos dados obtidos em campo argumenta-se que o rio Madeira está, atualmente, na área estudada, com o processo de sedimentação preponderando por sobre o processo erosivo. Destaca-se, ainda, que a sedimentação atual está condicionada, basicamente, nas margens e leito do rio e, muito raramente, na planície de inundação, uma vez que o rio Madeira apresenta na sua morfologia, percurso predominantemente retilíneo e vale encaixado.

A sedimentação atual apresenta uma dinâmica associada as fases de cheia e vazante do rio. Quando o rio está na fase de subida das águas no seu canal, carrega uma quantidade maior de sedimentos, os quais depositam-se logo no início da vazante, ou seja, quando as águas começam a baixar. A partir daí, os depósitos sedimentares localizados nas margens e nas ilhas do rio, adquirem uma certa estabilidade temporária, inclusive com desenvolvimento de vegetação do tipo gramíneas predominantemente, as quais auxiliam na fixação dos sedimentos às margens do canal. Com a retomada do ciclo das chuvas e a conseqüente subida do nível das águas do rio, esses sedimentos depositados no ciclo anterior são parcialmente erodidos e carregados pelas águas do rio, depositando-se em outras áreas de quebra de energia. Portanto, é um processo cíclico que acontece com os depósitos sedimentares do rio Madeira, restando poucas áreas com sedimentos estáveis que perduram por longos períodos temporais.

A atuação da superimposição das correntezas dos rios Jaci-Paraná e Madeira na região que compreende a foz do rio Jaci-Paraná (figura 116) ocasionaram a erosão da margem que separava os dois rios, encurtando a chegada das águas do Jaci-Paraná no Madeira (figura 117) e produzindo um meandro abandonado, que atualmente está sendo colmatado pela sedimentação do rio Madeira, o qual ainda permanece erodindo a margem do que hoje forma uma ilha.

Essa intensa atividade erosiva é observada próxima a foz do rio Jaci-Paraná, pois na época de sua maior vazante, se estabelece um certo desnível da superfície d'água em relação ao rio Madeira. Conseqüentemente ocorre uma maior velocidade de suas águas, gerando correntezas, que acarretam um ataque intensivo aos sedimentos friáveis de suas margens produzindo ininterruptos desmoronamentos (figura 118).

A atividade erosiva do rio Madeira se encontra mais pronunciada no trecho entre as cachoeiras de Morrinhos e Teotônio, recebendo uma grande colaboração da atividade agropecuária e garimpeira.



Figura 117 - Antigo canal do rio Jaci-Paraná (1), hoje abandonado e assoreado por sedimentos de granulometria variando de areia a argila. Foz atual (2).



Figura 118 - Barranco na margem esquerda do rio Jaci-Paraná, próximo da sua foz, mostrando intenso processo erosivo em sedimentos arenosos friáveis.

A retirada da mata nativa das margens do rio para implantação de área de pastagem deixa o solo a mercê do rápido escoamento das águas pluviais produzindo a solifluxão e o conseqüente desmantelamento dos barrancos. Já a colaboração da atividade garimpeira para o processo de erosão é devido aos trabalhos de dragagem dos sedimentos que se encontram submersos, os quais constituem, muitas vezes, a base do pacote sedimentar que sustenta os barrancos do rio. Ao retirar-se esses sedimentos os barrancos perdem o seu *alicerce* e acabam desmoronando para recompor o material removido de sua base.

Um exemplo marcante foi observado no ponto JM-145, onde o barranco foi intensamente erodido ao longo dos últimos anos. Segundo informações locais, o barranco já recuou cerca de 50 metros num período de 16 anos.

## **6. RECURSOS MINERAIS**

Os recursos minerais que estão inseridos na área do empreendimento do Santo Antônio estão apresentados no mapa de recursos minerais (anexo I.8), mapa de atividade garimpeira (anexo I.5). A potencialidade mineral na área investigada é definida pela ocorrência de 42 depósitos e/ou ocorrências minerais, representados essencialmente por depósitos de ouro, cassiterita, granito para uso na construção civil, cascalho laterítico, argila e água mineral.

Os depósitos auríferos concentram-se nos aluviões do rio Madeira, hospedados, preferencialmente, nos níveis conglomeráticos (mucururu). Esses níveis são compostos por areia grossa conglomerática, constituída por grânulos e seixos de quartzo e fragmentos de rocha, cimentados por cimento siderítico, com matriz constituída por quartzo, feldspatos, magnetita, ilmenita, turmalina e ouro. O processo de ferrificação, que deu coesão aos sedimentos de fundo de canal, possibilitou a formação de níveis de óxi-hidróxidos de ferro, constituído pelo minerais, goethita, hematita e siderita.

Os cristais de ouro são predominantemente lamelares, algumas vezes encurvados, apresentando dimensão média de 0,24 x 0,21x0,02mm. A faixa granulométrica das partículas de ouro nos principais depósitos está situada entre 150 e 200 mesh, porém, parte considerável do ouro fica abaixo de 200 mesh. Os garimpeiros, com freqüência, referem-se a “poeira de ouro” em função dessa baixa granulometria do mesmo, o qual flutua na água e é até mesmo imperceptível à vista desarmada.

Os depósitos aluvionares (*placers*) do rio Madeira com ouro associado podem ser caracterizados como de fácies de canal (barras de canal, de pontal e leito ativo), além dos terraços marginais, paleocanais e paleomeandros. Outras zonas preferenciais para retenção do

metal incluem as partes meandantes dos rios, quando ocorre o recobrimento de sedimentos aluvionares por depósitos de ambiente lacustino terminal, capacitados para retenção de ouro de granulometria fina, durante retrabalhamento das calhas antigas e atuais dos cursos d'água (Adamy & Romanini, 1990).

A Reserva Garimpeira do Rio Madeira, criada pelas Portarias Ministeriais 1.345/79 e 1.034/80, estende-se ao longo do trecho do rio e delimitada pela cachoeira do Teotônio à jusante até a localidade de Bom Futuro à montante, abrangendo uma área aproximada de 450 km<sup>2</sup>. Entretanto, a atividade garimpeira atual estende-se além dos limites da reserva, à montante do Jirau até a confluência do rio Abunã com o Madeira e à jusante de Porto Velho, na localidade do Belmont.

Essa atividade é realizada quase que exclusivamente por dragas (único equipamento que permanece atuando na época de cheia, quando a lâmina de água do rio chega atingir até 18 m de espessura) e balsas denominadas de “scarifussas”, poucas com auxílio de mergulhadores, além de raros garimpos manuais de equipamento rudimentar.

As dragas constituem-se de uma estrutura metálica medindo, em média, 14m x 8 m, com “para-quedas”, caixas de concentração *sluice* de 7m x 10m, motores de 140 a 360 Hp, com bombas e lança de sucção e quebraamento com diâmetro de 8” a 14” acompanhadas de guincho mecânico. Enquanto que as balsas “scarifussas” são menores, com estrutura de sustentação apoiada em cilindros metálicos e sobrepostos com uma plataforma de madeira medindo 6 ou 7m x 5m, com motores de menor potência, geralmente, variando de 30 a 150 Hp, bombas e mangueiras de sucção com 6 a 8 polegadas de diâmetro.

O processo de extração do ouro envolve caixas de concentração (*sluice*) inclinadas, com tariscas (*riffles*) ou ressaltos espaçados de 40 a 50cm e 15cm de altura, sendo esse método denominado popularmente como “cobra fumando”. Constatou-se durante as visitas realizadas nas dragas e balsas, que durante a recuperação do ouro, por este ser extremamente fino, aliado a forte pressão e velocidade da água que ao passar pelos pára-quedas e caixas de concentração (processo equitombante), grande parte deste metal não é retido, retornando ao leito ativo do rio, juntamente com o material estéril.

Quanto ao processo de apuração do ouro, este é feito a partir da lavagem em baldes do pré-concentrado acumulado nos sacos de estopa ou carpetes que revestem a caixa concentradora, onde ao produto é adicionado sabão em pó e mercúrio, o qual é posteriormente bateado, resultando numa amálgama de mercúrio e ouro, além de minerais pesados (esmeril). O processo se completa com a queima do mercúrio em maçarico onde o ouro então é separado. Dados de produção de ouro conseguidos por meio de entrevista direta com os garimpeiros, no período de

setembro a outubro de 2004, indicam uma produção média diária de 47 gramas por draga e de 15 gramas das balsas “scarifussas”.

Na tabela 6, a seguir, encontram-se registrados os dados da atividade garimpeira em anos anteriores e em 2004, que envolve o tipo de equipamento e a média anual do número de pessoas envolvidas com a atividade garimpeira, em quanto que na tabela 7 e apresenta a produção anual de ouro no rio Madeira (valores em kg), salienta-se, no entanto, que existem alguns períodos sem registro.

Ano	1979	1981	1982	1983	1984	1985	1986	2004(*)
<b>Manual</b>	-	-	-	-	-	-	-	2
<b>Balsa</b>	16	-	-	1000	1000	800	800	125
<b>Draga</b>	-	15	-	-	100	300	300	85
<b>População</b>	1.500	8.000	5.000	-	9.000	-	5.000	870

Tabela 6 - Dados relativos a quantidade de equipamento e população garimpeira envolvida na extração de ouro no rio Madeira. (\*) meses de setembro e outubro de 2004.

Ano	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	2004
<b>Registrada</b>	177	238	817	1351	3454	1931	1481	466	-
<b>Estimada</b>	1500	1200	2400	4500	8000	4000	5000	5000	1875

Tabela 7 - Produção anual de ouro do rio Madeira (valores em kg)

No levantamento realizado no trecho do rio Madeira que vai do garimpo das Araras até Santo Antônio, cadastrou-se 870 pessoas envolvidas na atividade garimpeira e um total de 224 equipamentos entre dragas, balsas e manual. Essa atividade produz atualmente e extra-oficialmente 5.912 gramas de ouro/dia, sendo que deste montante, as dragas são responsáveis por 4.310 gramas/dia, as balsas “scarifussas” por 1.526 gramas/dia, as balsas de mergulho por 24 gramas/dia, maquinário rudimentar por 41 gramas/dia, exploração manual rudimentar por 11 gramas/dia. A produção de ouro no trecho citado decresce durante o período chuvoso, devido ao aumento da lâmina d’água e das corredeiras, onde nessas condições, somente as dragas conseguem extrair o ouro.

A atividade garimpeira é bastante itinerante, fato que prejudica o cadastramento, pois de um dia para outro, as balsas e dragas podem se deslocar para outras áreas, como tem acontecido com algumas dragas que se deslocaram da cachoeira do Santo Antônio para o Belmonte.

Além do ouro do rio Madeira, outras atividades de exploração dos recursos minerais estão em andamento na área do entorno do empreendimento de Santo Antônio, como por

exemplo, brita utilizada na construção civil (pedreiras da Rondomar e Rema), água mineral, argila para emprego na fabricação de tijolos.

### **6.1. Direitos Minerários**

Conforme a legislação que regulamenta o setor mineral, os recursos minerais constituem patrimônio da União Federal (Constituição Federal, art. 20, inciso IX) e sua exploração por terceiros depende de autorização ou concessão estatal (art. 176. § 1º).

Sendo assim, o subsolo e os bens minerais nele contidos são da União, e não do proprietário do solo (superfideciário). Qualquer cidadão ou empresa brasileira pode requerer uma concessão do poder público para pesquisar e posteriormente, extrair bens minerais, desde que atendidos os requisitos normativos. O controle do sistema é realizado pelo Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM, do Ministério das Minas e Energia - MME.

O direito mineral de uma determinada área para pesquisa ou lavra de recursos minerais compreende:

- I - os direitos sobre as massas individualizadas de substâncias minerais ou fósseis, encontradas na superfície ou no interior da terra, formando os recursos minerais do País;
- II - o regime de seu aproveitamento; e,
- III - a fiscalização pelo Governo Federal, da pesquisa, da lavra e de outros aspectos da indústria mineral.

O direito de exploração de recursos minerais, dependendo do tipo de substância mineral, pode ser obtido pelos regimes de concessão de lavra, licenciamento ou autorização de lavra garimpeira. Determinados recursos minerais são regidos por leis especiais.

Por conseguinte, os direitos minerários das áreas inseridas nos limites do Empreendimento Hidrelétrico do Santo Antônio estão divididos da seguinte forma: autorização de pesquisa, requerimento de lavra e concessão de lavra, e Lavra Garimpeira com dados atualizados até 15 de setembro de 2005, os quais são apresentados nas planilhas anexas (tabela 9) neste relatório. Nestas planilhas podem ser observados dados tais como: Ano do processo, nº do processo, fase, nome do requerente e/ou detentor do título, substância requerida, e situação atual perante a legislação minerária. Os 822 processos (DNPM), assim como seus respectivos números são citados nos Mapas dos Direitos Minerários da Área de Influência Direta do Santo Antônio escala 1:100.000 (anexo I.6), assim como, no Mapa de Direito Minerário da Área de Influência Indireta do Santo Antônio, escala 1:250.000 (anexo I.7).

## 7. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÃO

O mapeamento geológico executado na área de influência direta e indireta de Santo Antônio permitiu um avanço considerável no conhecimento geológico, no tocante aos aspectos evolutivos da crosta continental, falando-se numa escala regional, até aqueles processos que envolvem a dinâmica do rio Madeira. Nesses aspectos, foram reconhecidas e definidas novas unidades litoestratigráficas que dentro do contexto geológico regional, permitiram melhor caracterizar os processos que originaram as rochas, os recursos minerais, os processos tectônicos e os fenômenos supergênicos e intempéricos que permitiram o modelamento do relevo atual. Dentro deste contexto, salienta-se também o melhor posicionamento cronológico das rochas pertencentes a Suíte Intrusiva Santo Antônio, conseguido através da execução de análise Pb-Pb, além da sua caracterização geoquímica.

Dentre as novas unidades litoestratigráficas descritas e cartografadas, destaca-se a Formação Rio Madeira, posicionada temporalmente no Pleistoceno Superior, a qual é depositária das principais mineralizações de ouro da região, além de conter o acervo paleontológico da megafauna amazônica e material vegetal que permite extrapolar as condições climáticas e paleoambientais de um passado não muito distante. Essa unidade está, atualmente, sendo retrabalhada pela ação mecânica das águas do rio Madeira, como reflexo dos movimentos tectônicos que ocorrem de forma intensiva na Cordilheira Andina. Outras unidades litoestratigráficas definidas no presente trabalho foram a Suíte Metamórfica Nova Mamoré e Suíte Laje. A primeira, apresenta zonas de intensa sulfetação que necessitam de uma avaliação detalhada para definir a potencialidade mineral que pode estar vinculada aos seus litotipos. A outra, apresenta potencial metalogenético para rutilo, além de fornecer informações geológicas sobre a evolução cratônica do sudoeste da Amazônia.

Como recomendação, sugere-se efetuar estudos de avaliação do potencial aurífero dos paleocanais, meandros abandonados e bacias e/ou depressões marginais ao canal atual do rio Madeira, ocupado pela Formação homônima, através da execução de furos de sondagem prospectivos. Avaliar, em escala de detalhe, os processos de colmatação dos lagos marginais das adjacências das cachoeiras de Santo Antônio e Teotônio. Adicionalmente, acompanhar e monitorar a dinâmica do rio Madeira no tocante aos aspectos erosivos e deposicionais, ou seja, verificar a tendência dos processos e mecanismos sedimentares antes e após o nivelamento e represamento das águas em cotas mais elevadas.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- ADAMY, A. **Projeto Estudo dos Garimpos Brasileiros**. Reserva Garimpeira do rio Madeira. Relatório Anual. Porto Velho: DNPM/CPRM, 1981. 70p. il.
- ADAMY, A. **Zoneamento ecológico-econômico Brasil-Bolívia eixo Rio Abunã-Vale do Guaporé**. Informe final. S.l., CPRM/SUDAM/OEA, 2000. 3 v.
- ADAMY, A.; PEREIRA, L.A. da C. **Projeto Ouro Gemas**. Frente Rondônia. Relatório Anual. Porto Velho: DNPM/CPRM, 1991. 46p.
- ADAMY, A.; ROMANINI, S. J. (Orgs.). **Geologia da Região Porto Velho - Abunã**; Folhas Porto Velho (SC.20-V-B-V), Mutum-Paraná (SC.20-V-C-VI), Jaciparaná (SC.20-V-D-I) e Abunã (SC.20-V-C-V). Estados de Rondônia e Amazonas. Brasília: DNPM/CPRM, 1990. 273p.
- ANJOS, I.L.S. dos; ANDRADE, J.B.F. de. **Projeto Serra dos Parecis**. Relatório Final. Rio de Janeiro: DNPM/CPRM, 1983. v. 2.
- ANJOS, I.L.S. dos; MOURÃO, L.M.F. **Projeto Pacaás Novos**. Relatório Final. Rio de Janeiro: DNPM/CPRM, 1983. v. 2.
- BAHIA, R.B.C. **A Formação Palmeiral (Proterozóico Superior) na Serra dos Pacaás Novos, oeste de Rondônia**. 1997. 88p. Dissertação (Mestrado em Geociências) - Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 1997.
- BATISTA, I.H.; BEZERRA, J. de R.L.; OLIVEIRA, S.A .M. de. **Projeto Estudo de Garimpos Brasileiros**. Reserva Garimpeira do rio Madeira. Porto Velho: CPRM, 1982. 26p. il.
- BIZZI, L.A.; SCHOBENHAUS, C.; GONÇALVES, J.H.; BAARS, F.J.; DELGADO, I. de M.; ABRAM, M.B.; LEÃO NETO, R.; MATOS, G.M.M. de; SANTOS, J.O.S. **Geologia e recursos minerais da Amazônia Brasileira**; região cratônica. Escala 1:1.750.000. Sistema de Informações Geográficas-SIG. Brasília: CPRM, 2002. 1 CD-Rom.

- CONCEIÇÃO, A.L. da; PEREIRA, L.A. da C. **Projeto Ouro Gemas**. Reserva Garimpeira do rio Madeira. Relatório Anual. Porto Velho: DNPM/CPRM, 1986. 20p.
- GEOFOTO S.A. **Projeto Pacaás Novos**. Levantamento aerogeofísico, magnetometria e gamaespectrometria. Relatório Final. Rio de Janeiro: GEOFOTO/DNPM/CPRM, 1978. v. 1.
- GEOFOTO S.A. **Projeto Serra dos Parecis**. Levantamento aerogeofísico, magnetometria e gamaespectrometria. Relatório Final. Rio de Janeiro: GEOFOTO/DNPM/CPRM, 1980. v.1.
- IGRAJA, H.L.S.; CATIQUE, J. Análise neotectônica do lineamento Itacoatiara centro-leste do Estado do Amazonas. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ESTUDOS TECTÔNICOS, 6, 1997, Pirenópolis (GO). **Anais**. Pirenópolis: SBG-Núcleo Brasília, 1997. 380p. p. 131-133.
- INPE. **Imagens Landsat-7**. Escala 1:250.000. Cenas: 232/066 e 232/067\_15/07/2003. (Imagens cedidas pelo SIPAM. CENSIPAM). 1 CD-Rom.
- INPE. **Imagens Landsat-7**. Escala 1:250.000. Cenas: 233/066 e 233/067\_22/07/2003. (Imagens cedidas pelo SIPAM. CENSIPAM). 1 CD-Rom.
- ISOTTA, C.A.L.; CARNEIRO, J.M.; KATO, H.T.; BARROS, R.J.L. **Projeto Província Estanífera de Rondônia**. Relatório Final. Porto Velho: DNPM/CPRM, 1978. 16 v. il.
- KLOOSTERMAN, J.B. Uma província do tipo nigeriano no sul da Amazônia. **Eng. Min. Met.**, v. 47, n. 278, p. 59-64, 1968.
- LASA - Engenharia e Prospecções S.A. **Projeto Rio Madeira**. Levantamento Aerocintilométrico com Discriminação de Energia. Área do Polígono I (Porto Velho). Relatório Final. Rio de Janeiro: LASA/CPRM, 1974. 30p.
- LEAL, J.W.L.; SILVA, G.H.; SANTOS, D.B.; TEIXEIRA, W.; LIMA, M.I.C.; FERNANDES, C.A.C.; PINTO, A.C. Geologia. In: BRASIL. DNPM. Projeto RADAMBRASIL. **Folha SC.20 Porto Velho**; geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro, 1978. 663p. (Levantamento de Recursos Naturais, 16). p. 17-184.

- LIMA, J.A.D.; ADAMY, A.; SOEIRO, R.S.; CARNEIRO, J.M.; BARROS, R.J.L.; KATO, H.T.; ISOTTA, C.A.L. **Projeto Sulfetos de Abunã**. Relatório Final. Porto Velho: DNPM/CPRM, 1976. 2v. il.
- LIMA, J.A.D.; PEREIRA, L.A. da C.; BATISTA, I.H. **Projeto Estudo de Garimpos Brasileiros**. Reserva Garimpeira do rio Madeira. Relatório Anual. Porto Velho: CPRM, 1983. 38p.
- LOBATO, F.P.N.S.; APPEL, L.E.; GODOY, M.C.F.T.; RITTER, J.E. **Pesquisa de cassiterita no Território Federal de Rondônia**. Relatório Final. Rio de Janeiro: DNPM/DFPM, 1966. 209p. (Boletim, 125)
- PAYOLLA, B.L. **As rochas graníticas e sieníticas das Cachoeiras Teotônio e Santo Antônio, rio Madeira, Porto Velho, Rondônia**: geologia, petrografia e geoquímica. 1994. 145p. Dissertação (Mestrado). Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília, 1994.
- PAYOLLA, B.L.; BETTENCOURT, J.S.; KOZUCH, M.; LEITE JR., W.B.; FETTER, A.H.; VAN SCHMUS, W.R. Geological evolution of the basement rocks in the eastern central part of the Rondônia Tin Province, SW Amazonian Craton, Brazil: U-Pb and Sm-Nd isotopic constraints. **Precambrian Research**, n. 119, p. 141-169, 2002.
- PEREIRA, L.A. da C. **Projeto Ouro Gemas**. Frente Rondônia. Relatório Anual. Porto Velho: DNPM/CPRM, 1988. 1 v.
- PEREIRA, L.A. da C. **Projeto Ouro Gemas**. Reserva Garimpeira do rio Madeira. Relatório Anual. Porto Velho: DNPM/CPRM, 1987. 1 v.
- PEREIRA, L.A. da C.; SILVA, U. do N. **Projeto Estudo de Garimpos Brasileiros**. Reserva Garimpeira do rio Madeira. Relatório Anual. Porto Velho: DNPM/CPRM, 1984. 27p.
- PROJETO 11/FAB-DSG/1976. Fotos na Escala 1:110.000.
- ROMANINI, S.J. **Geologia e resultados prospectivos da área Rio Branco/Alta Floresta-Rondônia**. Porto Alegre: CPRM, 2000. 38p. (Informe de Recursos Minerais. Série Metais do Grupo da Platina e Associados, nº 08).

- SANTOS, J.O.S.; RIZZOTTO, G.J.; POTTER, P.E.; HARTMANN, L.A.; EASTON, R.M.; McNAUGHTON, N.J. The sunsas orogenic cycle in western Amazon Craton, South America and correlation to the Grenville cycle of Laurentia, based on U-Pb isotopic study of detrital and igneous zircons. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 41, 2002, João Pessoa. **Anais**. João Pessoa: SBG-Núcleo Nordeste, 2002. 702p. p. 335.
- SCANDOLARA, J.E. (Org.). **Geologia e recursos minerais do Estado de Rondônia**; texto explicativo e mapa geológico do Estado de Rondônia. Brasília: CPRM, 1999. 97p.
- SCANDOLARA, J.E. **O quadro geral da neotectônica no Estado de Rondônia**. 1998. 15p.
- SCANDOLARA, J.E.; AMORIM, J.L.; RIZZOTTO, G.J.; QUADROS, M.L. do E.S.; BAHIA, R.B.C. Compartimentação tectono-estratigráfica pré-cambriana de Rondônia: subsídios para os modelos evolutivos. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 6, 1999, Manaus. **Boletim de Resumos Expandidos**. Manaus: SBG-Núcleo Norte, 1999. 596p. p. 282-285.
- SCANDOLARA, J.E.; RIZZOTTO, G.J.; AMORIM, J.L. Evolução proterozóica de Rondônia: cronologia de eventos tectônicos. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ESTUDOS TECTÔNICOS, 7, 1999, Lençóis. SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE TECTÔNICA DA SBG, 1. **Anais**. Lençóis: SBG/SBGP, 1999. Sessão 1, p. 24-27.
- SCANDOLARA, J.E.; RIZZOTTO, G.J.; BAHIA, R.B.C.; QUADROS, M.L. do E.S.; SILVA, C.R.; AMORIM, J.L. **Mapa geológico do Estado de Rondônia**. Porto Velho: CPRM, 1999. Escala 1:1.000.000.
- SEDAM. **Bases cartográficas do Estado de Rondônia**. 2004. Escala 1:100.000. 1 CD-Rom.
- SILVA, L.M.; VAZ PARENTE, C.; BRANDÃO, R. de L.; ARAÚJO, R.V. de; ROMANINI, S.J.; CAVALCANTE, J.C. **Projeto Guajará-Mirim**. Relatório Final. Porto Velho: DNPM/CPRM, 1980. 5v.

- SOUZA FILHO, P.W.M.; QUADROS, M.L. do E.S.; SCANDOLARA, J.E.; SILVA FILHO, E.P. da; REIS, M.R. Compartimentação morfoestrutural e evidências de atividade neotectônica no sistema fluvial Guaporé-Mamoré-Alto Madeira, Rondônia. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 6, 1999, Manaus. **Boletim de Resumos Expandidos**. Manaus: SBG-Núcleo Norte, 1999. 596p. p. 330-333.
- SOUZA, E.C. de; MELO, A.F.F. de; ADAMY, A.; SOEIRO, R.S.; DALEIRO, V. **Projeto Noroeste de Rondônia**. Relatório Final. Porto Velho: DNPM/CPRM, 1975. 12v. il.
- SOUZA FILHO, C.R.; COSTA, A.P. (Elabs.). **Mosaico do modelo digital de elevação da América do Sul**. UNICAMP, 1999. (Shuttle Radar Topographic Mission)
- TEIXEIRA, W.; TOLEDO, M.C.M.; FAIRCHILD, T. R.; TAIOLI, F. **Decifrando a terra**. São Paulo: Oficina de Texto, 2003. 568p.
- TOHVER, E.; VAN DER PLUIJM, B.A.; VAN DER VOO, R.; RIZZOTTO, G.J.; SCANDOLARA, J.E. Paleogeography of the Amazon Craton at 1.2 Ga: early Grenvillian collision with the Llano segment of Laurentia. **Earth and Planetary Science Letters**, n. 199, p. 185-200, 2002.
- TORRES, L.C. de A.; THEODOROVICZ, A.; CAVALCANTE, J.C.; ROMANINI, S.J.; RAMALHO, R. **Projeto Sudoeste de Rondônia**. Relatório Final. Porto Velho: DNPM/CPRM, 1979. 7v.
- TOSDAL, R.M.; BETTENCOURT, J.S. U-Pb zircon ages and Pb isotopic compositions of middle proterozoic Rondonian massifs, southwestern margin of the Amazon Craton, Brazil. In: Congresso Geológico Chileno, 7, 1994. **Actas**. 1994. p. 1538-1541.
- TOSDAL, R.M.; BETTENCOURT, J.S.; LEITE JR., W.B.; PAYOLLA, B.L. Pb isotopic compositions from proterozoic rondonian rapakivi massifs, southwestern margin of the Amazonian Craton, Brazil. In: DALL'AGNOL, R.; MACAMBIRA, M.J.B.; COSTI, H.T. (Eds.). SYMPOSIUM ON RAPAKIVI GRANITES AND RELATED ROCKS, 1, 1995, Belém. **Abstracts Volume**. Belém: Center for Geosciences. University Federal of Para, 1995. p.78-79.

VASCONCELLOS, R.M.; METELO, M.J.; MARINHO, F.A.V.; AZEVEDO, M.L.V.;  
LACERDA, D.; CARDOSO, C.E.T. **Projeto Rio Madeira**. Relatório Final. Porto Velho:  
CNEN/CPRM, 1977. 7 v.

**LEVANTAMENTO DE INFORMAÇÕES PARA SUBSIDIAR O  
ESTUDO DE VIABILIDADE DO APROVEITAMENTO  
HIDRELÉTRICO (AHE) DO RIO MADEIRA**

**APROVEITAMENTO HIDRELÉTRICO DO SANTO ANTÔNIO  
(AHE - SANTO ANTÔNIO)**

**CAPÍTULO II - GEOMORFOLOGIA**

## SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	138
2.	METODOLOGIA DE TRABALHO.....	138
2.1.	Aquisição de Material Cartográfico e Produtos de Sensoriamento Remoto.....	139
2.2.	Compilação e Análise Bibliográfica.....	140
2.3.	Fotointerpretação.....	141
2.4.	Levantamento de Campo.....	142
2.5.	Elaboração dos Mapas Geomorfológicos Finais.....	142
3.	GEOMORFOLOGIA REGIONAL.....	143
3.1.	Aspectos Gerais.....	143
3.2.	Unidades Geomorfológicas.....	147
3.2.1.	Cabeceiras da Bacia do Rio Jaci-Paraná.....	147
3.2.2.	Bacia do Alto Rio Jaci-Paraná.....	149
3.2.3.	Bacia do Baixo Rio Jaci-Paraná.....	151
3.2.4.	Margem Esquerda do Rio Madeira.....	154
4.	GEOMORFOLOGIA LOCAL.....	156
5.	GÊNESE E EVOLUÇÃO MORFODINÂMICA DO RELEVO.....	163
6.	ANÁLISE TEMPORAL DE PRODUTOS DE SENSORIAMENTO REMOTO.....	167
6.1.	Ilha do Búfalo.....	168
6.2.	Foz do Rio Jaci-Paraná.....	168
6.3.	Ilhas de São Francisco e Patrício.....	171
6.4.	Cachoeira do Teotônio.....	172
7.	DINÂMICA FLUVIAL DO RIO MADEIRA E SUAS IMPLICAÇÕES NA IMPLANTAÇÃO DAS HIDRELÉTRICAS.....	174
7.1.	Trecho Jirau-Caldeirão.....	174
7.2.	Trecho Caldeirão-Morrinhos.....	175
7.3.	Trecho Morrinhos-Teotônio.....	179
7.4.	Trecho Teotônio-Porto Velho.....	180
8.	COMPARTIMENTAÇÃO GEOMORFOLÓGICA DO RIO MADEIRA ENTRE VILA DE ABUNÃ E PORTO VELHO.....	182
8.1.	Setor 1: Abunã-Mutum-Paraná.....	182
8.2.	Setor 2: Mutum-Paraná-Jirau.....	184
8.3.	Setor 3: Jirau-Caldeirão.....	185

8.4. Setor 4: Caldeirão-Morrinhos.....	186
8.5. Setor 5: Morrinhos-Teotônio.....	188
8.6. Setor 6: Teotônio-Porto Velho.....	191
9. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	193
10. BIBLIOGRAFIA.....	197

## **ANEXOS**

- II.1 MAPA GEOMORFOLÓGICO DA ÁREA DE INFLUENCIA DIRETA DO SANTO ANTÔNIO (escala de 1:100.000).
- II.2 MAPA GEOMORFOLÓGICO DA ÁREA DE INFLUENCIA INDIRETA DO SANTO ANTÔNIO (escala de 1:250.000).
- II.3 MAPA DE PONTOS DE GEOMORFOLOGIA DESCRITOS NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA DO SANTO ANTÔNIO (escala de 1:100.000).

## **1. INTRODUÇÃO**

A retomada do desenvolvimento tem imposto ao país a necessidade de encontrar alternativas viáveis economicamente e ambientalmente adequadas para atender a demanda crescente de energia das áreas industriais, bem como para contemplar regiões ainda deficitárias no suprimento de energia elétrica. Desta forma, o aproveitamento do potencial energético do rio Madeira, amparado em premissas ambientalmente corretas poderá suprir a região ocidental do Brasil de energia farta e barata, além de favorecer a sua conexão com o sistema elétrico nacional.

Para viabilizar esse empreendimento, o estudo detalhado do meio físico-biótico da área afetada torna-se indispensável, o que fornecerá subsídios para um melhor dimensionamento da obra, bem como para minimizar os impactos ambientais decorrentes de sua implantação. Evidentemente que esse estudo demanda a atuação de uma equipe multidisciplinar abordando as distintas áreas do conhecimento especializado, operando de forma conjunta e integrada, otimizando a qualidade da informação obtida.

Inserido neste contexto, a CPRM, através da Residência de Porto Velho, celebrou o Convênio nº 15.002/2004, onde fica estabelecida uma relação de parceria com a empresa FURNAS CENTRAIS ELÉTRICAS S. A., objetivando estudos específicos associados ao tema GEOMORFOLOGIA, envolvendo tanto a Área de Influência Indireta - AII como a Área de Influência Direta - AID, localizada no entorno do rio Madeira. Este mesmo convênio estende o estudo para outras áreas temáticas envolvendo a Geologia, os Recursos Minerais e a Hidrogeologia.

## **2. METODOLOGIA DE TRABALHO**

Em estudos do meio físico, a metodologia de trabalho obedece a um roteiro praticamente padronizado, onde são contempladas atividades distintas, desde a coleta prévia de informações, a análise e consistência desses dados, até a elaboração de documentos conclusivos, passando ainda por etapas de campo para a obtenção de informações de natureza primária.

No presente trabalho, houve a necessidade de abreviar a realização das etapas previstas anteriormente, ou até mesmo desenvolvê-las de forma simultânea, considerando o exíguo tempo para sua execução, em face da assinatura tardia do Convênio. Independente deste fato, as atividades previstas para o cumprimento dos objetivos traçados foram plenamente realizadas, o que contribuiu para a obtenção de produtos com excelente qualidade.

Reuniões técnicas realizadas entre as empreiteiras e as instituições parceiras, entre as quais a CPRM, foram necessárias para o equacionamento de questões técnicas relacionadas ao dimensionamento da área de atuação e de problemas específicos a cada tema. Concluídas essas reuniões, foram definidas as áreas de influência direta e indireta, optando-se pela sua ampliação, o que representará garantias adicionais de segurança e sucesso do empreendimento. Na mesma oportunidade, foram acordadas também as escalas dos respectivos mapas, onde a escala 1:250.000 representaria a área de influência indireta e a escala 1:100.000 estaria associada à área de influência direta.

As principais etapas desenvolvidas foram:

## **2.1. Aquisição de Material Cartográfico e Produtos de Sensoriamento Remoto**

Estabelecida a área de atuação, promoveu-se o levantamento e aquisição de material cartográfico e produtos de sensoriamento remoto, utilizando-se fundamentalmente os mesmos sensores empregados em geologia, quais sejam imagens de satélite, imagens de radar e fotografias aéreas, além das bases cartográficas, todas em escalas compatíveis com o trabalho a ser executado.

Foram utilizadas as imagens de satélite 233/066, 233/067 e 232/066 registradas pelo sensor ETM+ / Landsat 7, datadas de 13/09/2002 e 05/08/2002, através de uma composição colorida 3(B), 4(G), 5(R) + pancromático, a partir das quais se elaborou uma carta-imagem do trecho Santo Antonio a Jirau, escala 1:100.000, favorecendo uma visualização integral da área de estudo. Na situação específica de Santo Antônio, as imagens utilizadas foram 232066, 232067, 233066 e 233067 de 13.09.2002, que possibilitaram a criação de uma carta-imagem do aproveitamento hidrelétrico Santo Antônio na cota 70 m, em escala 1:100.000. Essas imagens foram georreferenciadas pela rede de drenagem oriunda da restituição.

De aplicação mais restrita, foram os dados obtidos de imagens de radar fornecidos pelo satélite da Missão Shuttle Radar Topographic Mission - SRTM (2004), constituindo um Modelo Digital de Elevação, elaborado por professores da Universidade de Campinas - UNICAMP.

As fotografias aéreas, fundamentais para uma visão tridimensional da área e para um maior detalhamento do trecho em estudo, foram amplamente empregadas, notadamente aquelas obtidas pelo Projeto 11 FAB/DSG, em escala 1:110.000, datadas do ano de 1976. O conjunto de fotos obtidas pela LASA (64 A 66) não apresenta uma resolução compatível com as necessidades do estudo, tendo sido descartadas apesar da maior escala. Fotografias aéreas em

escala de detalhe (1:8.000) poderiam ter contribuído para um estudo geomorfológico de maior detalhe, porém não foram disponibilizadas.

Os documentos cartográficos consultados foram as bases plani-altimétricas das Folhas SC.20-V-B Porto Velho, SC.20-V-C Abunã e SC.20-V-D Ariquemes em escala 1:250.000 e Folhas SC.20-V-B-IV Rio Mucuí, SC.20-V-B-V Porto Velho, SC.20-V-C-III Jirau, SC.20-V-C-V Abunã, SC.20-V-C-VI Mutumparaná e SC.20-V-D-I Jaciparaná, em escala 1:100.000. Estes documentos foram considerados para a elaboração da base cartográfica única definida para os Estudos de Impacto Ambiental dos Aproveitamentos Hidrelétricos de Jirau e Santo Antônio, disponibilizada por FURNAS e pela CNO/Leme Engenharia em formato digital. A fonte dos dados para essa atividade foram os trabalhos desenvolvidos pela Secretaria de Desenvolvimento Ambiental - SEDAM, do Governo do Estado de Rondônia, em escala 1:100.000, as quais foram acrescidos dados específicos do empreendimento pelas empresas consorciadas ou terceirizadas.

## **2.2. Compilação e Análise Bibliográfica**

Como atividade paralela, procedeu-se o levantamento dos trabalhos técnicos desenvolvidos na área e que favoreceriam a elaboração da programação das demais atividades. Desta forma, foram coletados, selecionados e analisados os dados geomorfológicos disponíveis em trabalhos anteriores, relacionados às principais unidades geomorfológicas e demais feições de relevo na área de estudo, subsidiando a confecção dos mapas geomorfológicos preliminares.

De idêntica forma, efetuaram-se a compilação e análise das principais obras temáticas sobre a área, disponíveis nas bibliotecas públicas locais. Comprovou-se a adoção de linguagens distintas, próprias do estado da arte no momento de execução do trabalho, bem como escalas diferenciadas, predominando níveis de caráter regional. Durante essa revisão, procurou-se estabelecer correlações entre os resultados obtidos pelos vários mapeamentos, de modo a permitir a utilização de todos os dados disponíveis, entretanto, este objetivo foi obtido apenas parcialmente.

Os produtos analisados nesta etapa, elaborados desde a década de 70 por instituições públicas, em sua maioria, foram as seguintes:

- Projeto Noroeste de Rondônia, executado pela CPRM no início da década de 70; escala 1:500.000;
- Projeto Radambrasil / Folha Porto Velho, desenvolvido pelo RADAMBRASIL, na década de 70 na escala 1:1.000.000;

- Projeto Porto Velho-Abunã, executado pela CPRM na década de 90, em escala 1:100.000;
- Zoneamento Socioeconômico-Ecológico de Rondônia, realizado pelo Governo do Estado de Rondônia, através de terceirização dos trabalhos, abrangendo o Estado em levantamento multitemático, em escala 1:250.000;
- Zoneamento Ecológico-Econômico da Região Fronteiriça Brasil-Bolívia: Rio Abunã - Vale do Guaporé, executado pela CPRM, de caráter multidisciplinar, contando com a participação de consultores, tendo sido concluído em 2002.

As obras fundamentais para a realização deste trabalho foram aquelas elaboradas pelo RADAM na década de 70 e o ZSEE-RO, publicado recentemente. Como produtos resultantes desta atividade de compilação, elaboraram-se dois mapas distintos para o Projeto Santo Antônio: o primeiro, englobando a área de influência indireta, com uma área estimada de 16.735 km<sup>2</sup>, apresentado em escala 1:250.000, e um segundo mapa, em escala 1:100.000, restrito à área de influência direta, estimado preliminarmente em 2.529 km<sup>2</sup>.

### **2.3. Fotointerpretação**

Esta atividade consistiu na análise de todos os sensores disponíveis como fotografias aéreas, imagens de radar, imagens de satélite, que interpretadas conjuntamente com os dados dos mapas geomorfológicos de trabalhos anteriores e em várias escalas, permitindo a introdução de modificações nos mapas geomorfológicos previamente elaborados e que nortearam a programação de campo em busca de checar esses novos dados.

Durante a fotointerpretação, foram enfatizados os seguintes aspectos:

- interpretação das unidades morfoestruturais e morfoesculturais com emprego de imagens de satélite, e apoio de mapas geológicos existentes;
- análise de propriedades morfológicas (formações superficiais; geometria de vertentes e topos; padrão de drenagem) e morfométricas (desnívelamento; declividade; densidade de drenagem) do relevo com emprego de fotografias aéreas e cartas topográficas;
- interpretação de lineamentos estruturais, anomalias de drenagem e indicadores morfotectônicos para análise neotectônica;
- análise comparativa das feições fotointerpretadas com o mapa geomorfológico preliminar.

## **2.4. Levantamento de Campo**

Durante a etapa de campo, realizada entre a cidade de Porto Velho e o acampamento Jirau foram enfatizadas observações sobre as formas de modelado quanto à origem (formas fluviais, de aplainamento, etc.) declividades, tipos de rocha, fontes potenciais de sedimentos (solo exposto), áreas suscetíveis a voçorocamentos, assoreamentos e inundações.

A etapa de campo consistiu de duas atividades distintas: uma, ao longo do leito do rio Madeira, onde foram efetuadas observações sobre a dinâmica fluvial, a sedimentação atual e o comportamento das zonas marginais e outra, percorrendo as principais vias de acesso viário pela margem direita, desde a rodovia BR-364 e suas vicinais, bem como a estrada Jatuarana, situada pela margem esquerda do rio Madeira.

É importante destacar que o trabalho ao longo do rio Madeira deve sempre levar em conta a sazonalidade das exposições, devido à variação expressiva do nível fluviométrico do rio, sujeito às inundações próprias da estação das chuvas. Desta forma, considera-se a necessidade de um monitoramento periódico do rio Madeira para acompanhar os efeitos provocados pela alternância das estações seca e chuvosa, associado principalmente aos processos erosivos instalados.

Com a identificação das unidades litológicas e seu comportamento estrutural, as feições de modelado intrinsecamente associadas e dos processos que ocorrem ao longo do tempo geológico, tornou-se possível coletar as informações basicamente necessárias para delimitar e definir as unidades de relevo. Estabeleceu-se também a influência de cada unidade na dinâmica dos processos geomorfológicos da área de estudo - seu potencial erosivo e potencial como fonte de sedimentos e movimentos de massa. O reconhecimento da dinâmica superficial (erosão-transporte-deposição de sedimentos) favoreceu considerações sobre o grau de fornecimento de detritos para a rede de drenagem.

Como atividade complementar, foi ampliado o trabalho de campo na calha do rio Madeira para jusante do Porto Velho até as proximidades da localidade de Belmonte, com intuito de detectar possíveis suscetibilidades da morfodinâmica fluvial frente aos impactos a jusante da implantação da UHE Santo Antônio.

## **2.5. Elaboração dos Mapas Geomorfológicos Finais**

Com a conclusão da etapa de campo da área de Santo Antônio, efetuou-se uma reinterpretação dos produtos previamente elaborados, compatibilizando-os com os resultados

obtidos durante a etapa de campo, constatando-se a introdução de novos conhecimentos, traduzidos em contatos revisados, unidades reagrupadas, subdivisão de unidades maiores e até mesmo a supressão de informações pretéritas. Foram ajustadas as legendas preliminares, principalmente no mapa da área de influência direta, a qual foi submetida a um detalhamento maior.

Fundamentado nos mapas geomorfológicos finais (Anexos II.1 e II.2), elaborou-se um texto explicativo que contemplou a descrição mais pormenorizada das unidades geomorfológicas contidas nos produtos cartográficos. Complementarmente, foi produzido um mapa da AID - Santo Antônio contendo os pontos de estudo geomorfológico (Anexo II.3).

### **3. GEOMORFOLOGIA REGIONAL**

#### **3.1. Aspectos Gerais**

A área de estudo do rio Madeira compreendida entre a cachoeira de Santo Antônio e a cachoeira do Jirau está inserida no Megalineamento Itacoatiara - Madre de Dios (Igreja & Catique, 1997; Bemerguy et al., 2002) e enquadra-se na Unidade Morfoestrutural *Alto Estrutural Guajará Mirim - Porto Velho* (Quadros et al., 1996; Souza Filho et al., 1999). O alto estrutural representa uma porção do embasamento soerguido por tectônica durante o Cenozóico, sendo que o rio Madeira, neste trecho, encontra-se num vale encaixado, marcado por níveis de base locais (corredeiras, travessões e saltos) e exíguas planícies de inundação, numa nítida condição de ajuste ao nível de base regional.

O *Alto Estrutural Guajará Mirim - Porto Velho* está delimitado, a oeste e a sul pela *Depressão Sub-Andina do Beni* e pela *Depressão do Guaporé*. Esta grande Bacia Quaternária, que se situa em posição de “back-arc” com relação à Cordilheira dos Andes, consiste numa vasta planície aluvial que abrange a Amazônia Boliviana e o vale do Guaporé e reúne os principais formadores do rio Madeira - rios Beni, Madre de Dios, Mamoré e Guaporé. A leste e a norte, o alto estrutural está delimitado pelo Planalto Rebaixado da Amazônia, representado por baixos platôs sulcados pela rede de drenagem atual e constituídos por extensos depósitos terciários e quaternários das formações Solimões e Içá, associados à Bacia Sedimentar do Amazonas. Ressalta-se, ainda, no interior do *Alto Estrutural Guajará Mirim - Porto Velho*, a Bacia Quaternária do Abunã, constituída por uma depressão tectônica alongada de natureza romboédrica, preenchida por uma sedimentação fluvial recente (Souza Filho et al., 1999).

A bacia contribuinte ao rio Madeira junto à seção Porto Velho - Jirau é relativamente pouco expressiva destacando-se, na margem direita, a extensa bacia do rio Jaci-Paraná, incluindo seus afluentes principais: os rios Branco, São Francisco e Formoso, Capivari e do Contra. Destaca-se ainda o rio Caracol e o igarapé do Jirau. Na margem esquerda, observam-se apenas pequenos tributários tais como o rio Caripunas e o igarapé Maparaná. Por outro lado, destaca-se, nesse contexto, que o divisor Madeira-Purus encontra-se muito próximo à margem esquerda do rio Madeira, sendo que na seção em estudo, este divisor é ocupado, em parte, por um extenso terraço fluvial não dissecado. Esta assimetria entre as bacias e o padrão retilíneo do canal do rio Madeira (em contraste com o padrão meândrico de alta sinuosidade do rio Purus) sugere um controle neotectônico regional, conforme referenciado por Quadros et al. (1996).

De acordo com Adamy & Romanini (1990) e Rizzotto *et al.* (no prelo), o embasamento Pré-Cambriano emerso pelo Alto Estrutural no setor Santo Antônio-Jirau é constituído, principalmente, por rochas ígneas e polimetamórficas (gnaiesses, granitos, quartzitos e rochas básicas diversas) de idade Paleoproterozóica do Complexo Jamari. Este substrato geológico encontra-se recoberto por profundos mantos de alteração de espessura decamétrica que, freqüentemente, demonstra um desenvolvimento, por processos supergenéticos, de perfis lateríticos imaturos e formação de couraças detrítico-lateríticas.

Estas formações superficiais passam a ter uma influência muito maior nos processos de esculturação do relevo e na caracterização das diferentes paisagens geográficas do que o embasamento rochoso intemperizado e inumado. Todavia, não podemos menosprezar a influência dos controles estruturais, principalmente, quando estes se encontram reativados por eventos neotectônicos. Interpretações por sensoriamento remoto demonstram o controle exercido por lineamentos estruturais no traçado de segmentos da rede de canais e em alinhamentos de morrotes.

A maior parte da bacia do rio Jaci-Paraná é dominada pelo conjunto de litologias do Complexo Jamari, enquanto que suas cabeceiras, que drenam a escarpa norte da serra dos Pacaás Novos, dissecam arenitos arcoseanos a ortoquartzíticos e conglomerados da Formação Pacaás Novos. Este pacote sedimentar apresenta idade Neoproterozóica e representa uma pequena bacia intracratônica, assim como as congêneres serras do Uopianes, do Mirante e Moreira Cabral, situadas mais ao sul.

Granitos Rondonianos de idade Meso a Neoproterozóico intrudiram o embasamento polimetamorfizado do Complexo Jamari e afloram esporadicamente na área de estudo. Sua ocorrência mais freqüente verifica-se em terrenos da margem direita do rio Madeira, próximos a

BR-364, entre as localidades de Jaci-Paraná e Teotônio. Formas de relevo, tais como *hillocks* rochosos, *tors* e caos de blocos são indicadores deste tipo de litologia (figura 1).

Arenitos arcoseanos e conglomerados clasto-suportados da Formação Palmeiral, por sua vez, têm sua ocorrência mais expressiva nos terrenos da margem direita do rio Madeira, próximo a BR-364, entre as localidades de Jaci-Paraná e Jirau. Muitas vezes, estão associados a platôs capeados por couraças ferruginosas (figura 2). Trata-se de coberturas sedimentares cratônicas plataformais de idade Mesoproterozóica. Baixos platôs lateríticos estendem-se, de forma espaiada, por toda a área de estudo, exibindo espessos perfis lateríticos e um horizonte concrecionário ferruginoso no topo, funcionando como uma cornija resistente à erosão.



Figura 1. Afloramento de granito sob forma de *tors* e caos de blocos, formando modesta elevação em meio à superfície aplainada. Vale do rio Caracol, junto à BR-364.

A montante observa-se que as cachoeiras do Caldeirão e do Jirau são compostas essencialmente por rochas intrusivas ácidas da Suíte Intrusiva São Lourenço-Caripunas (granitos subalcalinos) e por estarem situados no plano de um lineamento estrutural de direção E-W, sugere que estes níveis de base locais tenham sido gerados por uma reativação neotectônica de um antigo plano de falha. Em campo, observa-se um extenso alinhamento de morrotes dissecados demarcando tal lineamento por dezenas de quilômetros.



Figura 2. Platôs lateríticos embasados por arenitos arcoseanos da Formação Palmeiral que se elevam cerca de 60 metros acima do piso da superfície aplainada, esta ao fundo. Vicinal União Bandeirante.

A sedimentação quaternária é restrita, tanto nesta seção do rio Madeira, quanto em seus tributários devido ao seu posicionamento no Alto Estrutural, excetuando-se a planície aluvial do baixo curso do rio Jaci-Paraná e em algumas seções alveolares do rio Madeira, onde se desenvolvem planícies de inundação mais extensas e ilhas fluviais. Nesse contexto, excetua-se a margem esquerda do rio Madeira. Esta área consiste numa extensa superfície deposicional, baixa e plana, constituída por depósitos pelíticos, próprios de ambiente flúvio-lacustre e idade correlata ao Mioceno Superior (Latrubesse *et al.*, 1997) possivelmente correlacionáveis à Formação Solimões; sobrepostos a estes, foram depositados sedimentos inconsolidados de origem aluvial, de composição areno-argilosa e idade Pleistocênica correlacionáveis a Formação Jaci-Paraná, representado pelo atual nível de terraços fluviais. Trabalhos de campo identificaram um belo afloramento deste pacote aluvial pleistocênico próximo à localidade de Vila Amazonas (Cachoeira do Teotônio).

Confrontadas as exíguas planícies aluviais da margem direita do rio Madeira, imprensadas contra as barrancas pelas superfícies aplanadas e baixos platôs lateríticos, com os extensos terraços fluviais da margem esquerda, que exibem extensões de dezenas de quilômetros, nota-se uma clara anomalia no padrão deposicional regional. Trata-se de um fato

intrigante para a história geológica quaternária do Vale do Rio Madeira. Parece-nos bastante plausível uma gradual migração do leito do rio Madeira em direção a sul-sudeste, por basculamento neotectônico, para explicar a notável diferença de sedimentação entre as duas margens do rio Madeira e a assimetria do divisor Madeira-Purus, conforme proposto por Quadros *et al.* (1996).

### **3.2. Unidades Geomorfológicas**

A elaboração do mapa geomorfológico regional foi fundamentada em dados secundários extraídos basicamente dos produtos elaborados pelo Zoneamento Socioeconômico-Ecológico de Rondônia e pelo Projeto RADAMBRASIL. Para a qualificação das formas de relevo identificadas na Área de Influência Indireta da seção Santo Antônio-Jirau foram empregadas três grandes categorias de unidades, consideradas como de agradação, de degradação e de intemperismo. Como unidades de agradação foram englobadas as planícies aluviais, terraços fluviais, depressões, lagos e congêneres, enquanto que as unidades de degradação contemplam formas de relevo submetidas mais intensamente aos processos erosivos tais como alinhamentos de morrotes, superfícies de aplanamento, agrupamentos de morros e colinas com e sem controle estrutural, superfícies tabulares e *cuestas*. Os areas brancos com escoamento impedido foram classificados como Unidades de Intemperismo

A configuração regional do relevo, a despeito do processo de epirogênese experimentado pelo Alto Estrutural Guajará Mirim-Porto Velho, é caracterizada pelo amplo predomínio de extensas superfícies aplainadas e formas de relevo suaves e de baixa amplitude de relevo, afetadas em maior ou menor grau por processos de dissecação. Numa análise pormenorizada, podemos subdividir a área de estudo nos seguintes segmentos:

#### **3.2.1. Cabeceiras da Bacia do Rio Jaci-Paraná**

As cabeceiras da bacia do Rio Jaci-Paraná drenam uma vasta franja da escarpa norte da serra dos Pacaás Novos, sendo constituída pelos formadores dos rios Jaci-Paraná e por seus afluentes Capivari e Formoso. Estas nascentes dissecam um conjunto imponente de superfícies tabulares alçadas a cotas que variam de 400 a 700 metros, sendo estas mais elevadas em direção para leste. Estas superfícies tabulares encontram-se profundamente entalhadas por esses rios que escavaram vales profundos e alargados, com nível de base regional ajustado ao piso das superfícies aplanadas que se espraiam a norte da serra. Neste sentido, os formadores do rio Jaci-

Paraná permitiram a interpenetração das superfícies aplanadas mais baixas no interior da Serra dos Pacaás Novos.

Tanto a superfície planáltica, quanto os vales abertos são constituídos por arenitos e conglomerados da Formação Palmeiral. Entretanto, o topo da superfície planáltica e os paredões subverticais das escarpas de arenitos são dominados por Afloramentos de Rocha e Solos Litólicos (Amaral Filho et al, 1978) (atualmente, Neossolos Litólicos), com uma vegetação que varia de campos rupestres a um cerrado aberto de porte arbóreo. Os vales abertos derivados do entalhamento dos formadores do rio Jaci-Paraná apresentam solos rasos (Neossolos Litólicos), com uma vegetação transicional entre floresta e cerrado (Barros-Silva *et al.*, 1978).

Assim sendo, a Serra dos Pacaás Novos caracteriza-se por ser uma “mancha” de cerrado no domínio da floresta tropical úmido por uma condição geocológica local associada a índices menores de pluviosidade em relação a outras áreas da Amazônia e com ocorrência de solos rasos e permeáveis.

Esta unidade geomorfológica apresenta alta suscetibilidade a eventos de erosão e movimentos de massa, principalmente, queda de blocos e deslizamentos rasos. Contudo, devido à preservação da vegetação original e por estar situado dentro de um Parque Nacional, tais fenômenos são pouco expressivos nas cabeceiras do rio Jaci-Paraná. Esse fato pode ser facilmente comprovado pelas águas claras do rio Jaci-Paraná, evidenciando uma baixa carga de sedimentos, mesmo próximo a sua confluência com o rio Madeira.

Segundo dados contemplados no ZSEE-RO (Iteron/Seplad, 1999), são definidas duas unidades geomorfológicas maiores neste subambiente, representadas pelas Superfícies de Aplanamento e Planícies Aluviais de Rios Secundários, assim descritas:

1) Nas superfícies planálticas e escarpamentos da Serra dos Pacaás Novos:

- ✓ Superfícies Tabulares em Rochas Sedimentares, Planas com *Ferricrete Cap Rock* (S.1.1.0);
- ✓ Superfícies Tabulares em Rochas Sedimentares com Baixa Dissecação (S.1.1.1);
- ✓ Superfícies Tabulares em Rochas Sedimentares com Média Dissecação (S.1.1.2);
- ✓ *Footslopes* com Baixa Dissecação (D.1.1);
- ✓ *Footslopes* com Média Dissecação (D.1.2);
- ✓ *Footslopes* com Alta Dissecação (D.1.3);

2) Nos vales alargados que interpenetram a superfície planáltica:

- ✓ Superfície de Aplanamento Nível II com Dissecação Média com Nenhum ou esporádicos *Inselbergs e Tors* (D.2.2.2.1);
- ✓ Superfície de Aplanamento Nível II com Dissecação Alta com Nenhum ou Esporádicos *Inselbergs e Tors* (D.2.2.3.1);
- ✓ Agrupamento Aberto de Colinas/ *Inselbergs* Baixos e Médios (D.3.1)
- ✓ Agrupamento Denso de Colinas/ *Inselbergs* Médios a Altos (D.3.2)
- ✓ Área Colinosa com Alto Grau de Dissecação (D.3.3)
- ✓ *Cuestas* com Dissecação Média a Alta (S.4.1.2);

Estes terrenos estão inteiramente situados na área de influência indireta da UHE Jirau.

### **3.2.2. Bacia do Alto Rio Jaci-Paraná**

Esta bacia, que se situa pela margem direita do rio Madeira, caracteriza-se por um relevo colinoso de baixa amplitude de relevo, inserido na *Depressão Interplanáltica da Amazônia Meridional* por Mello *et al.* (1978), apresentando áreas com uma dissecação média a baixa, em geral, com presença disseminada de *inselbergs*, *hillocks* e *tors*, assim como pequenos alinhamentos serranos isolados em meio à vasta superfície aplanada. Entretanto, destacam-se também vastas áreas aplanadas, com amplitudes de relevo muito baixas, sem ocorrência de relevos residuais ou com ocorrência de baixos platôs lateríticos.

Segundo dados contemplados no ZSEE-RO (Iteron/Seplad, 1999), são definidas três unidades geomorfológicas maiores neste subambiente, assim representadas:

- 1) Pelas atuais áreas deposicionais representadas apenas pela planície aluvial do rio Jaci-Paraná:
  - ✓ Planície Aluvial de Rio Secundário (A.3.2), representada pela faixa sazonalmente inundável do rio Jaci-Paraná.
- 2) Pelas vastas Superfícies de Aplanamento, que ocupam a maior parte desta unidade geomorfológica:
  - ✓ Superfície de Aplanamento Nível II com Dissecação Baixa e Nenhum ou Esporádicos *Inselbergs e Tors* (D.2.2.1.1);

- ✓ Superfície de Aplanamento Nível II com Dissecação Baixa e Muitos *Tors* e *Hillocks* Residuais (D.2.2.1.2);
- ✓ Superfície de Aplanamento Nível II com Dissecação Média e Nenhum ou Esporádicos *Inselbergs* e *Tors* (D.2.2.2.1);
- ✓ Superfície de Aplanamento Nível II com Dissecação Média e Muitos *Tors* e *Hillocks* Residuais (D.2.2.2.2);
- ✓ Superfície de Aplanamento Nível II com Dissecação Média e Grande Quantidade de *Inselbergs*. (D.2.2.2.3);
- ✓ Superfície de Aplanamento Nível II com Dissecação Alta e Nenhum ou Esporádicos *Inselbergs* e *Tors* (D.2.2.3.1);
- ✓ Superfície de Aplanamento Nível II com Dissecação Alta e Muitos *Tors* e *Hillocks* Residuais (D.2.2.3.2);
- ✓ Superfície de Aplanamento Nível III com Dissecação Baixa e Nenhum ou Esporádicos *Inselbergs* e *Tors* (D.2.3.1.1);

Estas unidades foram definidas tomando como referência às respectivas altitudes, onde o Nível II representa altitudes entre 200 e 300 metros e o Nível III estabelece altitudes não superiores a 200 metros.

- 3) Pelo conjunto de relevos residuais que emergem do piso das superfícies aplanadas:
- ✓ Agrupamento Aberto de Colinas / *Inselbergs* Baixos e Médios (D.3.1)
  - ✓ Agrupamento Denso de Colinas / *Inselbergs* Médios a Altos (D.3.2)
  - ✓ Agrupamento Aberto de Morros e Colinas com Controle Estrutural (S.3.1)
  - ✓ Agrupamento Denso de Morros e Colinas com Controle Estrutural (S.3.2)

Nestes terrenos embasados por rochas do Complexo Jamari, com ocorrências esporádicas de granitos Rondonianos, predominam solos Podzólicos Vermelho-Amarelos álicos e distróficos (Argissolos Vermelho-Amarelos?). Caracterizam-se por solos espessos, argilosos, bem estruturados e com expressiva variação textural entre os horizontes A e Bt. Subordinadamente ocorrem Latossolos Vermelho-Amarelo álicos, com textura argilosa e cascalhenta, provavelmente associada aos baixos platôs lateríticos. Pequenas manchas de Afloramentos de Rocha também ocorrem associadas aos pequenos alinhamentos serranos e aos *inselbergs* (Amaral Filho *et al.*, 1978).

Este ambiente, recoberto pela Floresta Tropical Aberta e por pequenas manchas de Floresta Tropical Densa (Barros-Silva *et al.*, 1978) e ainda pouco alterado pela intervenção humana, notabiliza-se por sua estabilidade morfodinâmica frente aos processos erosivo-deposicionais e a movimentos de massa. A fraca declividade das vertentes das colinas associada à descontinuidade hidráulica existente no contato dos horizontes A e B dos Argissolos podem desencadear algumas ocorrências erosivas, mas de pouco significado enquanto estes terrenos mantiverem-se florestados.

Estes terrenos estão inteiramente situados na área de influência indireta da UHE Jirau.

### **3.2.3. Bacia do Baixo Rio Jaci-Paraná**

Este sub-ambiente é constituído pelas bacias do baixo rio Jaci-Paraná, do rio Caracol e pelas bacias de igarapés menores que drenam diretamente para a margem direita do rio Madeira tais como os igarapés Azul e do Jirau. Caracteriza-se por um relevo plano, muito pouco dissecado, inserido no *Planalto Rebaixado da Amazônia Ocidental* por Mello *et al.* (1978). Localmente, destaca-se um relevo de baixos platôs sustentados por horizontes concrecionários ferruginosos, por vezes desfeitos em colinas tabulares ou em morrotes residuais, resultantes do desmantelamento dos platôs lateríticos.

Os estudos desenvolvidos no Zoneamento Socioeconômico-Ecológico - ZSEE do Estado de Rondônia (Iteron/Seplad, *op. cit.*) caracterizam essa área como uma ampla superfície de aplanamento, de relevo plano a muito suavemente ondulado, entre as cotas de 200 e 300 metros (denominada regionalmente como superfície de aplanamento - nível II), apresentando graus de dissecação variando entre baixo e alto.

Segundo dados contemplados no ZSEE-RO (Iteron/Seplad, 1999), são definidas quatro unidades geomorfológicas maiores neste sub-ambiente, assim representadas:

- 1) Pelas atuais áreas deposicionais representadas pela planície aluvial dos rios Madeira e Jaci-Paraná:
  - ✓ Planície Aluvial de Rios Principais (A.3.1), representada pela faixa sazonalmente inundável do rio Madeira e suas ilhas fluviais.
  - ✓ Planície Aluvial de Rios Secundários (A.3.2), representada pela faixa sazonalmente inundável do rio Jaci-Paraná.
  - ✓ Terraços Baixos com Dissecação Baixa (A.2.2.1).

- ✓ Terraços Altos com Dissecação Baixa (A.2.1.2), estes restritos às proximidades da localidade de Jirau.
- 2) Pelas vastas Superfícies de Aplanamento, que ocupam a maior parte desta unidade geomorfológica:
  - ✓ Superfície de Aplanamento Nível II com Dissecação Baixa e Nenhum ou Esporádicos *Inselbergs* e *Tors* (D.2.2.1.1);
  - ✓ Superfície de Aplanamento Nível II com Dissecação Baixa e Muitos *Tors* e *Hillocks* Residuais (D.2.2.1.2);
  - ✓ Superfície de Aplanamento Nível II com Dissecação Média e Nenhum ou Esporádicos *Inselbergs* e *Tors* (D.2.2.2.1);
  - ✓ Superfície de Aplanamento Nível II com Dissecação Média e Muitos *Tors* e *Hillocks* Residuais (D.2.2.2.2);
  - ✓ Superfície de Aplanamento Nível II com Dissecação Média e Grande Quantidade de *Inselbergs*. (D.2.2.2.3);

Estas unidades foram definidas tomando como referência às respectivas altitudes, onde o Nível II representa altitudes entre 200 e 300 metros.

- 3) Pelo conjunto de relevos residuais que emergem do piso das superfícies aplanadas:
  - ✓ *Footslopes* com Baixa Dissecação (D.1.1);
  - ✓ *Footslopes* com Média Dissecação (D.1.2), diretamente associado ao Lineamento estrutural do Jirau;
  - ✓ Superfícies Tabulares em Rochas Sedimentares com Baixa Dissecação (S.1.1.1), associados a platôs sustentados por arenitos da Formação Palmeiral e capeados por concreções detrítico-lateríticas;
- 4) Pelas áreas planas arenosas recobertas por campinas:
  - ✓ E - Unidades em Areais Brancos e Escoamento Impedido.

Como se percebe pela respectiva descrição, as unidades mapeadas pelo ZSEE-RO enquadradas como superfícies de aplainamento diferem entre si pelo grau de dissecação e pela presença ou não de relevos residuais (figura 3). Em escala de maior detalhe, por exemplo, 1:100.000, objeto de estudo da Área de Influência Direta, estes relevos residuais serão descritos como unidades individualizadas.



Figura 3. Superfície de aplanamento conservada com dissecação muito incipiente de uma rede de drenagem de baixa densidade. Situa-se em uma vicinal à Rodovia BR-364, próxima a entrada do ramal Teotônio.

Como unidades diferenciadas foram caracterizadas Terraços Fluviais Altos com Dissecação Baixa (A.2.1.2) no trecho compreendido entre a Vila de Jirau e o acesso para o Acampamento Jirau, estendendo-se em direção ao rio Madeira.

Vale destacar ainda uma unidade definida nas proximidades das Cachoeiras do Jirau e do Caldeirão, ocupando um relevo alinhado de morrotes dissecados, caracterizado como um Alinhamento de morrotes (S.3.2.3), geologicamente representada por conglomerados da Formação Palmeiral. Potencialmente, esta forma de relevo é altamente suscetível aos processos erosivos conforme se observou em campo, particularmente nas porções desmatadas, sendo minimizado, no entanto, em sua maior parte, pela preservação da cobertura florestal nativa.

Foram assinaladas ainda áreas de ocorrência de Areais Brancos com Escoamento Impedido, definidas como Unidades de Intemperismo, representadas espacialmente pela letra “E”. Estas áreas deprimidas em posição de interflúvio apresentam mantos de alteração *in situ* com uma complexa evolução pedológica e geoquímica, originando Espodossolos recobertos, em geral, por vegetação gramíneo-arbustiva ou de campinarana.

Nestes terrenos também embasados por rochas do Complexo Jamari, predominam Latossolos Vermelho-Amarelos álicos (*Latossolos Vermelho-Amarelos?*). Subordinadamente ocorrem solos Podzólicos Vermelho-Amarelos álicos (*Argissolos Vermelho-Amarelos?*).

Caracterizam-se por solos muito espessos, argilosos, bem drenados e estruturados. Ocasionalmente, apresentam textura cascalhenta, provavelmente associada aos baixos platôs lateríticos. A ocorrência de Solos Litólicos (Neossolos Litólicos) nesta Unidade Geomorfológica está diretamente associada ao alinhamento de morrotes do lineamento Jirau. As planícies de inundação dos rios Madeira e Jaci-Paraná apresentam, por sua vez, um predomínio de Solos Aluviais (Neossolos Flúvicos) (Amaral Filho *et al.*, 1978).

Este ambiente, recoberto pela Floresta Tropical Aberta ou Densa é muito pouco alterado pela intervenção humana, exceto ao longo da BR-364, entre Porto Velho e Jirau. Todavia, foi registrado um refúgio isolado de cerrado arbóreo denso nos topos dos platôs lateríticos situado nas imediações da corredeira Morrinhos (Barros-Silva *et al.*, 1978). Estas áreas ressaltam uma notável estabilidade morfodinâmica frente aos processos erosivo-deposicionais e a movimentos de massa. A morfologia quase plana das áreas aplanadas e dos baixos platôs associadas aos solos e mantos de intemperismo espessos e bem drenados indica uma vulnerabilidade muito baixa com relação aos processos erosivo-deposicionais em terrenos florestados. Apenas as curtas vertentes declivosas dos baixos platôs lateríticos podem apresentar maior suscetibilidade frente aos processos erosivos.

Partes destes terrenos estão localizadas na área de influência direta da UHE Jirau, numa faixa de entorno ao futuro reservatório.

#### **3.2.4. Margem Esquerda do Rio Madeira**

A margem esquerda do rio Madeira está caracterizada por um extraordinário domínio de superfícies de agradação, especialmente, de antigos terraços fluviais do rio Madeira de idade Pleistocênica. Decerto, estudos geológicos posteriores com ênfase na estratigrafia e geocronologia desses depósitos serão necessários para desvendar a História Geológica Neocenozóica do vale do Madeira.

O fato marcante decorre da notável expressão espacial desses terraços fluviais altos e não dissecados, que abrangem dezenas de quilômetros além da margem esquerda do rio Madeira e constituindo, por vezes, no divisor rebaixado Madeira-Purus. Terraços fluviais com dissecação baixa e/ou dissecação média ocorrem mais próximos ao leito do rio Madeira. Junto à sua calha, desenvolvem planícies de inundação geralmente pouco extensas.

De forma inversa ao observado na margem direita do rio Madeira, as superfícies aplanadas e os baixos platôs lateríticos ocupam apenas uma pequena área deste trecho da margem esquerda do rio Madeira. Conforme mencionado anteriormente, tal configuração

morfológica sugere uma migração gradual do rio Madeira ao longo do Quaternário, condicionado por basculamentos neotectônicos de blocos.

Segundo dados contemplados no ZSEE-RO (Iteron/Seplad, 1999), são definidas três unidades geomorfológicas maiores neste subambiente, com amplo predomínio espacial dos terraços aluviais, sendo assim representadas:

- 1) Pelas atuais áreas deposicionais representadas pela planície aluvial do rio Madeira:
  - ✓ Planície Aluvial de Rios Principais (A.3.1), representada pela faixa sazonalmente inundável do rio Madeira e suas ilhas fluviais;
  - ✓ Terraços Baixos com Dissecação Baixa (A.2.2.1);
  - ✓ Terraços Baixos com presença de Leitos Abandonados e Pântanos. (A.2.2.2);
  - ✓ Terraços Altos com Dissecação Baixa (A.2.1.2);
  - ✓ Terraços Altos não Dissecados (A.2.1.1), que dominam vastas áreas da margem esquerda do rio Madeira.
- 2) Pelas Superfícies de Aplanamento, ocupando uma área restrita deste sub-ambiente:
  - ✓ Superfície de Aplanamento Nível II com Dissecação Baixa e Muitos *Tors* e *Hillocks* Residuais (D.2.2.1.2).
- 3) Pelas áreas planas arenosas recobertas por campinas, que ocupam porções restritas do divisor aplainado Purus-Madeira:
  - ✓ E - Unidades em Areais Brancos e Escoamento Impedido.

Nestes terrenos planos predominam Podzólicos Vermelho-Amarelos álicos e plínticos (*Argissolos Vermelho-Amarelos?* e *Plintossolos?*) sobre os terraços fluviais. Estes solos caracterizam-se por serem imperfeitamente drenados. Apresentam uma textura muito argilosa e baixa permeabilidade. Subordinadamente ocorrem Latossolos Vermelho-Amarelos, com textura cascalhenta e bem drenados, diretamente associados com baixos platôs lateríticos e Solos Aluviais distróficos (*Neossolos Litólicos?*) e Gleis (Gleissolos) situados sobre as atuais planícies de inundação e ilhas fluviais (Amaral Filho *et al.*, 1978).

Apesar de apresentar um lençol freático profundo, os níveis freáticos suspensos decorrentes da baixa permeabilidade dos solos e o relevo excepcionalmente plano derivado da superfície deposicional, mantém os terraços numa condição alagadiça durante boa parte da estação chuvosa (figura 4).

Devido a esta condição geoecológica, desenha-se um mosaico de floresta tropical aberta e uma mata de porte menor e caules mais finos, similar aos umirizais da Bacia do Abunã. Esta mata raquítica está mais bem adaptada a períodos de *stress* hídrico.

Partes destes terrenos estão localizadas na área de influência direta da UHE Jirau, numa faixa de entorno ao futuro reservatório.



Figura 4. Relevo extremamente plano dos terraços fluviais, com alta suscetibilidade de inundação no verão, devido à dificuldade de escoamento e infiltração das águas pluviais. Vicinal Jatuarana (Linha 07).

#### **4. GEOMORFOLOGIA LOCAL**

No presente capítulo será abordado informações coletadas nos trabalhos de campo abrangendo a Área de Influência Direta entre Santo Antônio e Jirau, sobre a qual incidirá os impactos ambientais de maior expressão.

O desenvolvimento destes estudos permitiu a elaboração do mapa geomorfológico (Anexo II.1) em escala de maior detalhe (1:100.000), favorecendo a delimitação de todos os relevos residuais de grande porte (principalmente *inselbergs*, morros-testemunho, *tors* e platôs lateríticos), os quais foram classificados como unidades individualizadas. Os pontos estudados do ponto de vista geomorfológico e que fundamentaram a elaboração deste mapa estão representados no Anexo II.3. As superfícies de aplanamento foram reclassificadas segundo o grau de dissecação submetido, diferindo da forma apresentada por trabalhos anteriores. Assim

sendo, as superfícies de aplanamento conservadas apresentam baixo grau de dissecação; as superfícies de aplanamento retocadas apresentam médio grau de dissecação e as superfícies de aplanamento degradadas apresentam alto grau de dissecação.

O piso regional da área de influência direta, segundo o ZSEE-RO (1999) está associado à ocorrência da superfície de aplanamento entre as cotas de 200 e 300 metros (denominada regionalmente como superfície de aplanamento - nível II), apresentando graus de dissecação variando entre baixo e médio e ausência de relevos residuais, tais como *inselbergs*, *hillocks* e *tors*. Estes relevos residuais são mapeados em forma de agrupamentos de colinas e morros sem controle estrutural (quando esculpido nos granitos Rondonianos) ou agrupamentos de colinas e morros com controle estrutural (quando esculpido nos arenitos arcoseanos da Formação Palmeiral).

Nos terrenos situados na margem direita do rio Madeira, entre Porto Velho e a vicinal Morrinhos, destaca-se uma superfície de aplanamento degradada por uma rede de drenagem de média densidade que escavou vales muito amplos e abertos, sendo classificado pelo ZSEE-RO (1999), como D.2.2.2.1. Esta superfície encontra-se, portanto, desdobrada em dois níveis: os fundos de vales amplos e rampeados, situados 20 a 40 metros abaixo de uma outra superfície de topo sustentada por horizontes concrecionários ferruginosos, constituídas por carapaças pisolíticas de 3 a 4 metros de espessura (figura 5). Esta superfície sustentada pelas crostas lateríticas seria correlatas às Superfícies Velhas de idade Neógena, enquanto os amplos vales escavados seriam, possivelmente, de idade Pleistocênica. O padrão de relevo resultante delineia uma morfologia ondulada, marcada pela alternância de topos planos e vales largos com baixas declividades, em torno de 5°.

À medida que se dirige para oeste, nota-se uma coalescência destes amplos vales pleistocênicos e uma destruição da superfície de topos planos sustentada pelas crostas lateríticas. Assim sendo, entre a vicinal de Morrinhos e a localidade de Jaci-Paraná observam-se apenas remanescentes dessa superfície, caracterizadas por baixos platôs lateríticos. Estes baixos platôs consistem de feições residuais e estão elevadas 20 a 30 metros acima do piso das superfícies aplanadas. Seus rebordos erosivos formam vertentes acentuadas de 10 a 20° de declividade. Curiosamente, o ZSEE-RO classifica os baixos platôs lateríticos ou seus produtos do desmantelamento erosivo (colinas tabulares ou morrotes residuais terrosos) como sendo *hillocks* e *tors*, mesmo não sendo rochosos, não tendo sido mantidos no presente estudo.



Figura 5. Superfície de aplanamento medianamente dissecada, desdobrada numa superfície de topo e em vales amplos e abertos. Local: BR-364 entre Porto Velho e a vicinal Teotônio.

Estes platôs lateríticos apresentam sua máxima expressão nas imediações do rio Madeira entre as corredeiras de Morrinhos e Teotônio em ambas as margens. Na localidade de Morrinhos, estes platôs formam um conjunto mais imponente com desnivelamentos entre 50 e 70 metros e fortes declividades, entre 20° e 30° que se debruçam sobre a calha do rio Madeira. Os topos planos dos platôs estão nitidamente mantidos por uma cornija da carapaça ferruginosa.

Em campo observam-se evidências de atuação intensa de erosão laminar sobre as vertentes íngremes dos rebordos erosivos (solo exposto, terracetes de pisoteio, sulcos incipientes), utilizados indevidamente para pastagens (figuras 6 e 7).

Entretanto, a maioria dos platôs lateríticos entre Morrinhos e Teotônio exhibe dimensões mais modestas com desnivelamentos em torno de 20 a 40 metros e vertentes com declividades mais suaves, com valores próximos a 10°.



Figuras 6 e 7. Erosão laminar acentuada em vertentes íngremes dos rebordos erosivos dos platôs lateríticos.

Na bacia do rio Caracol, próximo à localidade de Jaci-Paraná, os afloramentos dos granitos Rondonianos ressaltam na paisagem das superfícies aplanadas como um singular conjunto de relevos residuais rochosos, caracterizados por *hillocks*, *tors* ou blocos de granitos *in situ*, imersos nos terrenos (caos de blocos). O rio Caracol, por sua vez, produz um vale inciso em meio à superfície aplanada e apresenta águas pretas, com alta carga de ferro e/ou matéria orgânica; esta coloração escura não é freqüente entre os tributários do rio Madeira, comumente apresentando águas claras.

Os terrenos na margem direita do rio Madeira, situados a oeste da localidade de Jaci-Paraná exibem, em geral, uma superfície de aplainamento conservada e bem elaborada, com notável grau de aplainamento, apresentando apenas uma incipiente incisão fluvial por uma rede de drenagem de baixa densidade, sendo classificado pelo ZSEE-RO (1999), como D.2.2.1.1 (figura 8).



Figura 8. Superfície aplanada bem elaborada e não dissecada. Local: BR-364, entre as localidades de Jaci-Paraná e Jirau.

Em meio a esta superfície de aplainamento, destaca-se um extenso alinhamento serrano degradado e parcialmente desfeito em morrotes alinhados, marcando um importante lineamento estrutural E-W e que atravessa o rio Madeira na Cachoeira do Jirau controlando, portanto, este nível de base local. Este alinhamento, em formato de uma longa crista dissecada de topos arredondados é classificado como *Footslopes* com Média Dissecação (D.1.2) pelo ZSEE-RO

(1999), está sendo redefinido como alinhamento estrutural de morrotes e colinas - S.3.2.3. (figura 9).



Figura 9. Alinhamento de morrotes dissecados, com desnivelamentos que variam entre 30 e 50 metros, demarcando o lineamento Jirau. Local: vicinal Caldeirão.

Foram assinaladas ainda, próximas à localidade do Jirau, áreas de ocorrência de Areais Brancos com Escoamento Impedido, definidas como Unidades de Intemperismo, representadas espacialmente pela letra “E”. Estas áreas deprimidas em meio à superfície de aplanamento, apresentam mantos de alteração *in situ* com uma complexa evolução pedológica e geoquímica, originando Podzóis Hidromórficos e Areias Quartzosas (Amaral Filho *et al.*, 1978) (Espodosolos Hidromórficos e Neossolos Quartzarênicos?) recobertos, em geral, por vegetação gramíneo-arbustiva ou de campinarana (figura 10).

Cumpre assinalar que esta unidade não está contemplada na Área de Influência Direta do Entorno de Santo Antônio, localizando-se próxima ao limite indicado, sendo referido no texto pelas suas características peculiares e por ter sido objeto de exploração mineral para areia, comercializada em Porto Velho.



Figura 10. Espodosolos formando Areas brancas com escoamento impedido recobertos por uma vegetação herbáceo-arbustiva. Local BR-364, próximo à vicinal do Acampamento Jirau.

Na estrada para o assentamento União Bandeirante, registra-se um agrupamento de platôs e colinas tabulares com maior amplitude de relevo do que os baixos platôs lateríticos anteriormente relatados. Trata-se de superfícies estruturais controladas pelo acamadamento dos arenitos arcossianos da Formação Palmeiral e capeados por uma crosta detrítico-laterítica. Nota-se, em campo, o desenvolvimento de perfis lateríticos imaturos com dezenas de metros de espessura em sua seqüência completa, constituídos da base para o topo por rocha alterada (arenito arcossiano róseo-esbranquiçado com grânulos de feldspato intemperizado); horizonte pálido de coloração variegada e com alguns fragmentos de rocha alterada; horizonte mosqueado branco, amarelo ou avermelhado; horizonte colunar ferruginoso hematítico (vermelho) e gibsítico (amarelo); horizonte concrecionário/pisolítico e latossolo vermelho. Esta seqüência denota um longo desenvolvimento dos mantos de alteração, não tendo sido observada nos baixos platôs lateríticos.

As superfícies tabulares identificadas em campo apresentam, em geral, desnivelamentos entre 40 a 70 metros acima das superfícies de aplanamento, de topos planos e rebordos erosivos bem marcados, com declividades muito acentuadas, podendo atingir 20° a 30° (figura 11).



Figura 11. Superfícies aplainadas e agrupamento de platôs capeados por perfis lateríticos.

Local: vicinal União Bandeirante.

Nos terrenos situados na margem esquerda do rio Madeira ao longo da vicinal Jatuarana, destaca-se uma superfície monótona extremamente plana, dos altos terraços fluviais não dissecados do rio Madeira. Apenas alguns parques igarapés sulcam esta superfície deposicional promovendo desníveis, em geral, não superiores a 5 metros. Ainda nesta superfície, podem ser observadas depressões de pequeno porte, de tonalidade escura, onde a água é acumulada no período das chuvas, formando Áreas Alagadas (A.1.4), que se infiltram na estação seca. Comumente, notam-se processos de mosqueamento no pacote aluvial argiloso em decorrência da drenagem imperfeita destes terrenos.

Na margem esquerda, destaca-se ainda uma área caracterizada por terraços fluviais baixos, com um grau de dissecação médio, dispondo-se preferencialmente ao longo de drenagens, tendo sido representada espacialmente pela sigla A.2.2.3.

As porções mais “abaciadas” dos terraços fluviais são ainda mais suscetíveis a processos de inundação no verão. Nestas áreas, a floresta tropical aberta cede lugar a uma vegetação menos exuberante similar a uma campinarana arbórea. Observações de campo demonstram ainda um suave desnível entre os terraços e as exíguas ocorrências das superfícies aplainadas, da ordem de 15 a 20 metros.

Próximo à localidade de Vila Amazonas, junto à cachoeira Teotônio, registra-se, junto ao talvegue de um igarapé de porte médio, um excelente afloramento do terraço fluvial expondo um pacote aluvial de aproximadamente 15 metros de espessura.

## **5. GÊNESE E EVOLUÇÃO MORFODINÂMICA DO RELEVO**

De uma forma genérica, pode-se estabelecer que a morfologia do relevo de toda a seção do vale do rio Madeira, compreendido entre as localidades de Porto Velho e Abunã, caracteriza-se por uma superfície marcada por uma longa fase de denudação, erosão e aplainamento. Este fato é documentado pelo amplo domínio espacial das superfícies de aplainamento.

Assim sendo, pode-se considerar que a região em apreço experimentou, pelo menos ao longo do Terciário Superior e Quaternário, uma longa fase de baixa atividade tectônica e intensa atividade erosiva que permitiu a elaboração de uma superfície de aplainamento bem desenvolvida e espraçada.

Partindo de uma abordagem genética, a partir da qual, as superfícies de aplainamento seriam originadas pelo recuo lateral progressivo das vertentes e geração de pedimentos e pediplanos (King, 1953; Bigarella et al., 1965), os baixos platôs podem ser associados às Superfícies Velhas, ao se estabelecer uma possível analogia das análises elaboradas por King (1956) e Braun (1971) no Sudeste e Centro-Oeste Brasileiro para a região amazônica. Considerando esta premissa, o vasto pediplano observado na região norte de Rondônia poderia ser correlacionado ao pediplano Pd1 (Bigarella et al., 1965) ou à Superfície Interplanáltica (Ab'Saber, 1972).

O topo dos morros testemunhos sustentados pelos arenitos da Formação Palmeiral e dos baixos platôs não dissecados e protegidos por crostas detrítico-lateríticas representam um marco fisiográfico de grande relevância para a compreensão da evolução geomorfológica destas áreas aplainadas e florestadas em Rondônia. Observa-se, em campo, a ocorrência esporádica e fragmentada dessas superfícies.

Essas superfícies tabulares dos baixos platôs são, em geral, truncadas por rebordos erosivos com desníveis que variam entre 20 e 50 metros, abaixo das quais se desenvolve uma extensa superfície mais recente com uma ampla distribuição espacial. Esses rebordos erosivos, via de regra, são demarcados por cornijas resistentes à erosão, oriundas do afloramento da couraça ferruginosa. Portanto, os baixos platôs destacam-se na paisagem por erosão diferencial. A superfície de aplainamento, por sua vez, caracteriza-se por extensas superfícies planas a suavemente onduladas marcadas por incipiente entalhamento fluvial moderno, por vezes, mais

ou menos expressivo. Mello et al. (1978) confere uma idade neopleistocênica para o sugerido pediplano. Por sua vez, os dados contemplados pelo ZSEE-RO (1999) preferem não arriscar considerações genéticas preferindo, simplesmente, denominá-las de superfícies de aplanamento.

Entretanto, devido a sua extensão e grau de desenvolvimento, esta ampla superfície aplanada deve ter sido gerada durante todo o Cenozóico Superior (Neógeno), considerando que o Neo-Pleistoceno é um período geológico muito breve para o aplanamento avançado de uma vasta superfície de erosão, conforme já sugerido pela literatura (Young, 1983; Twidale, 1998; dentre outros). Assim sendo, consideramos que a superfície de aplanamento que abrange grande parte de área de estudo, seja correlacionada às Superfícies Velhas postuladas por King (1956), de idade Plio-Pleistocênica.

Sabe-se que o modelo clássico de evolução geomorfológica através de processos de pediplanação e pedimentação pressupõe um padrão erosivo comandado por processos de desagregação mecânica e recuo a remontante das encostas sob um regime climático dominante que oscilaria entre o semi-úmido e semi-árido. A despeito da comprovada ocorrência de paleoclimas mais secos na Amazônia durante o Quaternário, é inegável a marcante influência do intemperismo químico em ambiente quente e úmido que impera na região. Assim sendo, dificilmente poderia se explicar a evolução geomorfológica da área em apreço evocando, apenas, a geração de pediplanos em clima semi-úmido.

Thomas (1994) destaca a importância do intemperismo químico na evolução do modelado do relevo em regiões tropicais úmidas, onde podem ser registrados perfis de alteração com espessuras superiores a 50 metros. Assim sendo, podemos sugerir um predomínio de processos de “etchplanação” (Büdel, 1982) durante a vigência de climas úmidos na Amazônia. Neste sentido, os processos de “etchplanação” teriam, também, um importante papel na evolução do relevo regional, em detrimento de uma hipótese de evolução comandada exclusivamente por processos de pediplanação, conforme defendido pela literatura clássica, seguindo o modelo de King (1956), conforme proposto por Mello et al. (1978).

De acordo com o modelo de evolução por “etchplanação”, proposto originalmente por Büdel, as superfícies seriam rebaixadas progressivamente por meio de uma lenta denudação das superfícies de aplanamento, condicionadas por um progressivo rebaixamento do nível de base. Este rebaixamento estaria controlado pela velocidade do intemperismo químico (contato entre rocha sã e rocha alterada). Latrubesse (2000), a despeito de sua prudência em compartimentar o relevo de Rondônia em superfícies regionais de aplanamento, eximindo-se assim, de quaisquer implicações genéticas, advoga o modelo de etchplanação para o desenvolvimento das superfícies aplanadas rondonienses.

As evidências freqüentes dos processos de ferruginização e laterização, tanto ao longo dos canais (“mucururus”), quanto nas superfícies aplanadas (crostas lateríticas), reforçam o argumento de que a elaboração do modelado do relevo, ao longo do Cenozóico, decorre de uma intensa atuação do intemperismo químico durante fases climáticas alternadas, úmidas e semi-úmidas, conforme registrado pela literatura (Van der Hammen et al., 1994; dentre muitos outros).

Na Amazônia são identificados, regionalmente, dois eventos de laterização (Costa, 1991): o primeiro, mais antigo, caracteriza-se por crostas lateríticas maduras, com desenvolvimento de horizonte aluminoso (bauxítico), de um horizonte ferruginoso e concrecionário e no topo, um Latossolo Amarelo argiloso de cobertura, denominado de "Argila de Belterra", sendo resultante do intemperismo moderno; o segundo, mais recente, caracteriza-se por crostas lateríticas imaturas, com desenvolvimento similar as lateritas maduras, porém, incompleto, sem a elaboração do horizonte aluminoso. Horbe et al. (2001) procedem a uma interessante associação entre eventos de laterização e superfícies de aplanamento na região de Balbina, Estado do Amazonas. Neste sentido, os autores correlacionam as crostas lateríticas maduras à Superfície Sul-Americana, datada do Terciário Inferior (Paleógeno). As crostas lateríticas imaturas, por sua vez, seriam correlacionadas às Superfícies Velhas, datada do Terciário Superior (Neógeno).

Na área de estudo, é observado apenas o desenvolvimento de crostas ferruginosas incipientes, sem a elaboração do horizonte aluminoso. Portanto, segundo as considerações avaliadas anteriormente, as crostas lateríticas do entorno do Rio Madeira são imaturas, e assim, correlacionadas ao Terciário Superior.

Em síntese, os esparsos topos dos baixos platôs de aproximadamente 20 m de desnivelamento sustentados pelas couças lateríticas, representam o nível original das Superfícies Velhas. A extensa superfície aplanada, alojada em um nível inferior, demonstra uma retomada da erosão e do rebaixamento do relevo, possivelmente, durante o Pleistoceno.

Os *inselbergs*, *hillocks* e *tors* identificados pelo ZSEE-RO (1999) sobre as vastas superfícies aplanadas do Norte de Rondônia consistem em relevos residuais que resistiram ao longo processo de denudação, erosão e aplanamento que modelou tal superfície. Estes relevos residuais, em grande maioria, se destacam no relevo por erosão diferencial. Litologias mais resistentes ao intemperismo químico e à erosão podem gerar tais feições. Contudo, alguns remanescentes também podem se originar, localmente, por soerguimento tectônico.

Entretanto, mesmo os relevos residuais, ao longo do tempo geológico, tendem a ser desmantelados e ajustados ao nível de base das superfícies aplanadas, caso não ocorra um novo movimento tectônico. Este processo de desmonte e arrasamento dos relevos residuais é claramente visível em campo, podendo-se distinguir fases distintas de evolução, conforme as

dimensões e características dos relevos remanescentes: os *inselbergs* consistem em imponentes montes isolados que se destacam topograficamente das superfícies aplanadas por meio de vertentes abruptas e rochosas e desnivelamentos locais superiores a 100 m.

Os *hillocks*, por sua vez, são bem menores e menos imponentes que os *inselbergs*, demonstrando um acentuado rebaixamento erosivo. Estas feições consistem em pequenos morros e morrotes isolados com vertentes acentuadas, ora rochosas, ora recobertos por um manto de solo e blocos resultantes do desmonte do *paleo-inselberg*. De qualquer forma, os *hillocks* também se ressaltam no relevo, contudo com desnivelamentos locais que não ultrapassam os 50 m.

Os *tors* consistem num relevo residual rochoso de dimensão bem mais modesta, não ultrapassando os 20 m de desnivelamento. Apresenta-se, em geral, como um grande afloramento rochoso, bastante fraturado e fragmentado em blocos, sem a presença de matriz de solo. Representa um estágio avançado de desmantelamento do *inselberg*; o arrasamento final dos *inselbergs* ocorre através da destruição completa dos *tors* e a formação do caos de blocos. O caos de blocos apresenta-se na paisagem como um conjunto de blocos, de dimensões decimétricas a métricas, imersos nas superfícies aplanadas com uma distribuição aleatória, sem qualquer controle do substrato rochoso. Aparentemente, o caos de blocos poderia representar um material alóctone, mas são gerados *in situ*, resultantes do desmonte final dos relevos residuais.

## **6. ANÁLISE TEMPORAL DE PRODUTOS DE SENSORIAMENTO REMOTO**

Na execução do presente trabalho, procedeu-se a análise de produtos de sensoriamento remoto, distribuídos ao longo dos últimos quarenta anos, desde fotografias aéreas obtidas na década de 60 até imagens de satélite datadas de 2003. Perceberam-se, então, alterações sensíveis na espacialização de barras longitudinais dispostas ao longo do rio, indicando uma ação contínua de processos de dinâmica fluvial, associados aos fenômenos de erosão e deposição, condicionadas ao perfil longitudinal do rio Madeira, que assume um caráter de rio maduro no trecho Jirau a Santo Antônio, com nítidas feições de um rio meândrico. Exibe ainda seções retilíneas evidenciando um forte controle estrutural. Não obstante, pode-se afirmar que o rio Madeira apresenta uma relativa estabilidade no balanço entre o aporte de sedimentos e sua capacidade de transporte, visto que a morfodinâmica fluvial analisada ao longo de 40 anos não é expressiva, principalmente devido à estabilidade de suas margens, fixadas por controles lito-estruturais. Este condicionamento geológico é determinante para caracterizar este segmento do rio Madeira em análise pelo presente projeto.

Nesta análise, foram consideradas quatro áreas distintas, consideradas mais representativas destes processos, as quais consubstanciam as conclusões aqui estabelecidas. Estas áreas são denominadas localmente como Ilha do Búfalo, Ilha do Dionísio, Ilhas de São Francisco e Patrício e Ilha de Teotônio, descritas a seguir.

### **6.1. Ilha do Búfalo**

Trata-se de uma ilha localizada a montante da foz do rio Jaci-Paraná, exibindo uma conformação lenticular *sui generis*, coberta por vegetação em sua maior parte. Evidencia-se claramente a ação pronunciada dos processos erosivos e de deposição associados à evolução do formato da ilha e das próprias margens do rio Madeira, com uma maior intensidade nas margens côncavas, como àquela da margem direita, que demonstra nitidamente uma ação progressiva da erosão para sul e a conseqüente deposição ao longo da margem esquerda da ilha do Búfalo. Na margem esquerda do rio Madeira, a erosão é menos acentuada.

A feição mais representativa está vinculada ao expressivo assoreamento pela margem direita do rio Madeira, estendendo-se à montante desta ilha, o que vem estrangulando o canal entre essa margem e a própria ilha, que poderá estar completamente assoreada em algumas décadas, impossibilitando a navegação. Observam-se bancos arenosos contínuos, distribuídos notadamente na borda sul da ilha do Búfalo. Evidencia-se ainda o prolongamento da ilha à montante onde ocorre intensa deposição de pacotes arenosos, conforme se pode identificar na imagem de satélite do ano de 2003.

Associados a esta deposição no leito ativo são comuns cordões longitudinais desenvolvidos na atual planície de inundação, representando pretéritos traçados do rio Madeira, modificados gradualmente pela sua migração lateral em ambas as margens. Essas áreas são submetidas ainda hoje a inundações sazonais (figura 12).

### **6.2. Foz do Rio Jaci-Paraná**

Outra feição notável observada no rio Madeira ocorre na foz do rio Jaci-Paraná, com o desenvolvimento de uma extensa ilha, resultante de um vigoroso processo deposicional de uma barra longitudinal favorecida pelo encontro das águas dos rios Madeira e Jaci-Paraná, e que se encontra parcialmente protegida por uma cobertura vegetal.

O estudo das imagens de satélite dos últimos 30 anos demonstra inequivocamente o acréscimo longitudinal da ilha a partir da deposição de sedimentos arenosos carreados

principalmente pelo rio Madeira, estimando-se um crescimento ao longo do eixo do rio Madeira em torno de 200 metros para o período avaliado. Além disso, aparenta ter ocorrido à junção de duas ilhas menores para a formação da ilha do Dionísio, observado notadamente na imagem de satélite do ano de 1973.

Esta contínua deposição de sedimentos provocou o espessamento dos bancos arenosos, propiciando que aflorem mesmo na estação das chuvas, e com isso, permitindo o desenvolvimento gradual de uma vegetação inicialmente mais rasteira - gramíneas, seguida por espécies arbustivas e finalmente, por árvores de maior porte.

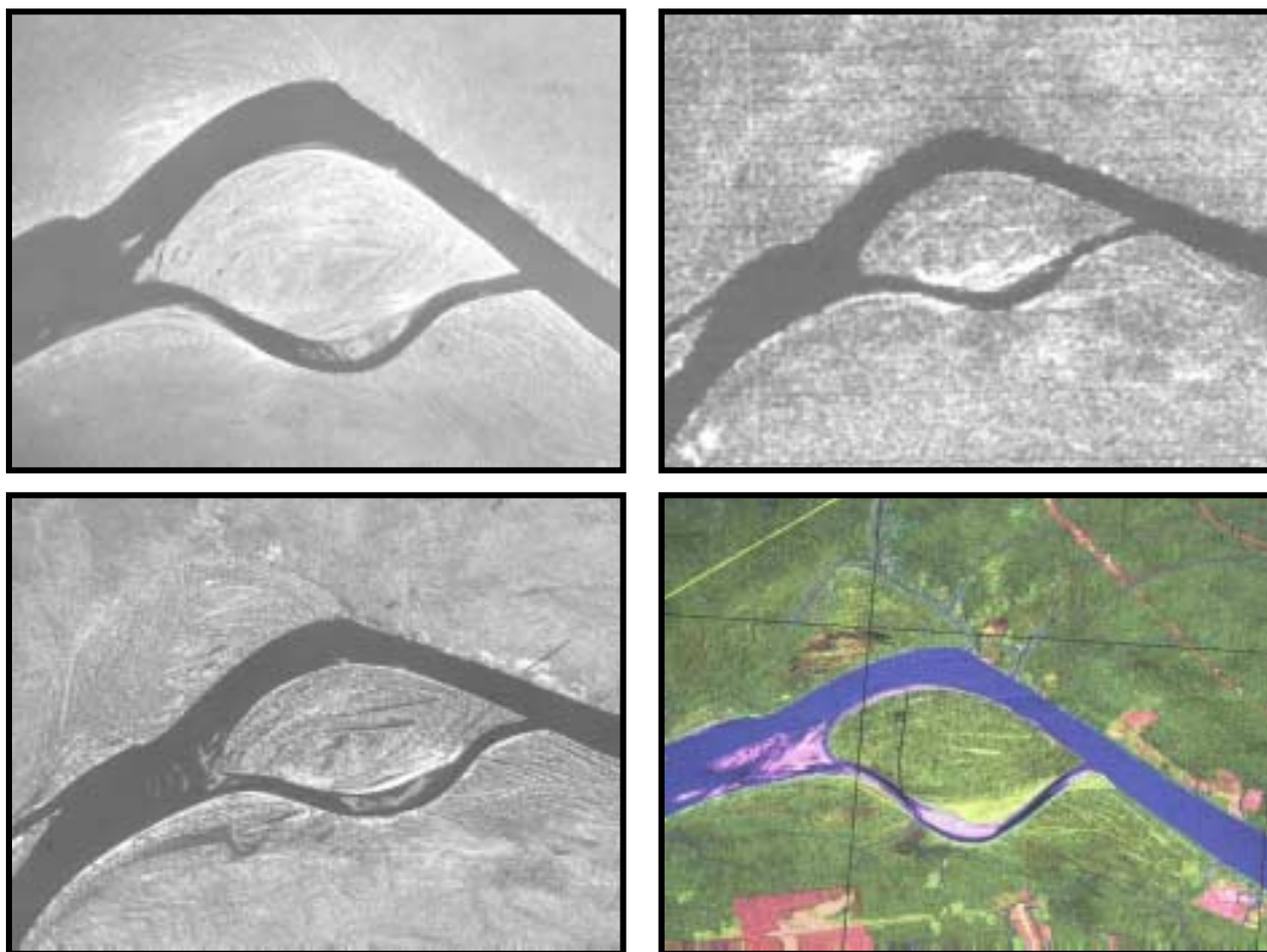


Figura 12. Foto aérea (1964) e imagens de satélite dos anos 1973, 1984 e 2003, respectivamente, exibindo a evolução dinâmica da Ilha do Búfalo.

O processo de assoreamento e a conseqüente formação de bancos arenosos foram acelerados a partir da década de 80, favorecido pela remoção da cobertura vegetal nativa até mesmo nas margens das drenagens, intrinsecamente associado à implantação de atividades agropecuárias. Foi favorecida também pela ação intensa de garimpagem aurífera no leito ativo e terraços do rio Madeira, que originaram volumes cada vez maiores de sedimentos em suspensão,

superando a capacidade de transporte do rio e obrigando a deposição em locais mais favoráveis (figura 13).

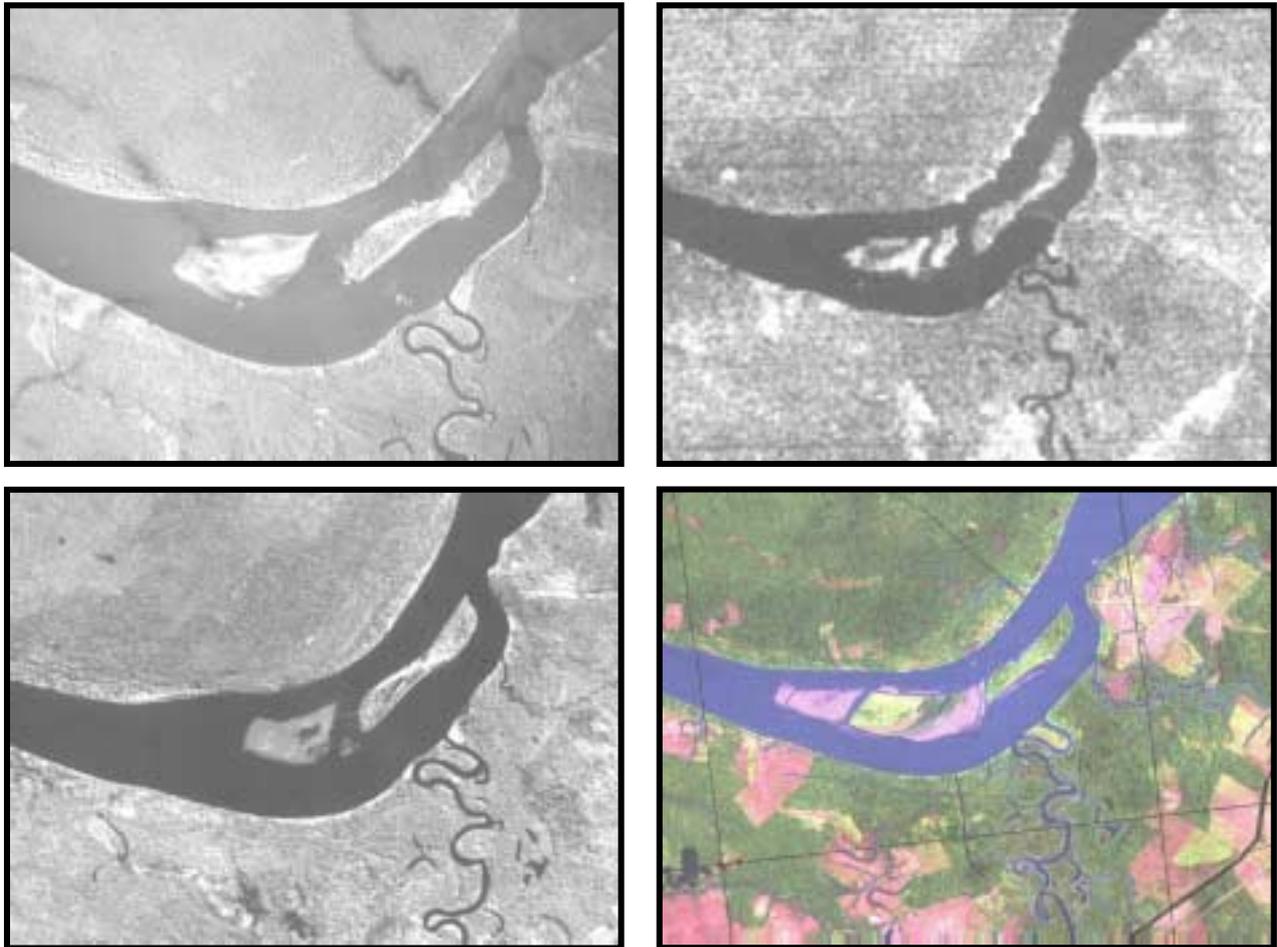


Figura 13. Diferentes cenas da Ilha do Dionísio, junto à foz do Rio Jaci-Paraná. Correspondem à foto aérea (1964) e imagens de satélite Landsat, referentes aos anos de 1973, 1984 e 2003, respectivamente.

À jusante da ilha em questão, extensos afloramentos rochosos foram identificados, mormente pela margem direita do rio, constituindo-se em verdadeiros anteparos ao processo erosivo intenso desencadeado pela ação das águas fluviais e pluviais, favorecendo a preservação física da margem. Mais abaixo, pela descontinuidade desses afloramentos, observam-se “socavões” oriundos da erosão da margem côncava do rio, formada por sedimentos inconsolidados e que avançam margem adentro.

Merece destaque ainda o comportamento do rio Jaci-Paraná, de médio porte, que não aporta volumes consideráveis de sedimentos para o rio Madeira. No entanto, a erosão de suas margens manifesta-se de forma intensa, expressa em radicais alterações do curso de suas águas, a partir da remoção parcial de sua margem côncava originando um novo traçado do curso principal e isolando a porção meandrante. No trecho compreendido entre a vila homônima e a sua foz,

caracterizam-se três locais afetados por esse fenômeno. Ressalta-se àquele observado junto ao rio Madeira, onde a antiga foz visível em imagens de satélite de 1984 foi abandonada em detrimento de uma nova desembocadura em face da remoção pelo rio Madeira de um barranco de 100 metros de extensão, fato ocorrido em menos de 20 anos, já sendo visível na imagem datada de 2003.

O maior assoreamento neste trecho do rio Madeira é largamente favorecido pela desembocadura do rio Jaci-Paraná, que ao desaguar suas águas no rio principal, conduz a uma redução da velocidade das águas e conseqüente perda de competência de transporte, induzindo a deposição à jusante.

### **6.3. Ilhas de São Francisco e Patrício**

Apresentam um comportamento semelhante àquele caracterizado na Ilha do Búfalo, diferindo pela escala de ocorrência. Estas ilhas localizam-se entre a foz do rio Jaci-Paraná e a Cachoeira do Caldeirão, exibindo amplas barras longitudinais, resultantes da fusão temporal de bancos arenosos menores, estando revestidos parcialmente por uma cobertura vegetal de árvores de grande porte até uma vegetação mais rasteira (figura 14).

Estas ilhas apresentam acreções laterais de depósitos arenosos, bem como a montante, diferenciando-se entre si pela intensidade da deposição. Na Ilha São Francisco o processo erosivo é mais pronunciado, distinguindo-se um crescimento da faixa aquosa entre a ilha e a margem esquerda do rio Madeira.

Por outro lado, a Ilha Patrício caracteriza-se por um ampla faixa de assoreamento entre a ilha e a margem direita do rio, associado a uma menor velocidade das águas e conseqüente redução da competência de transporte de sedimentos. É previsível o assoreamento completo deste trecho em algumas décadas, inviabilizando a navegação fluvial. Diferentemente da ilha do Dionísio, estes bancos arenosos afloram apenas na estação seca, ficando submersos no período de chuvas, denunciando pequena espessura, impedindo também o desenvolvimento de uma vegetação de maior porte.

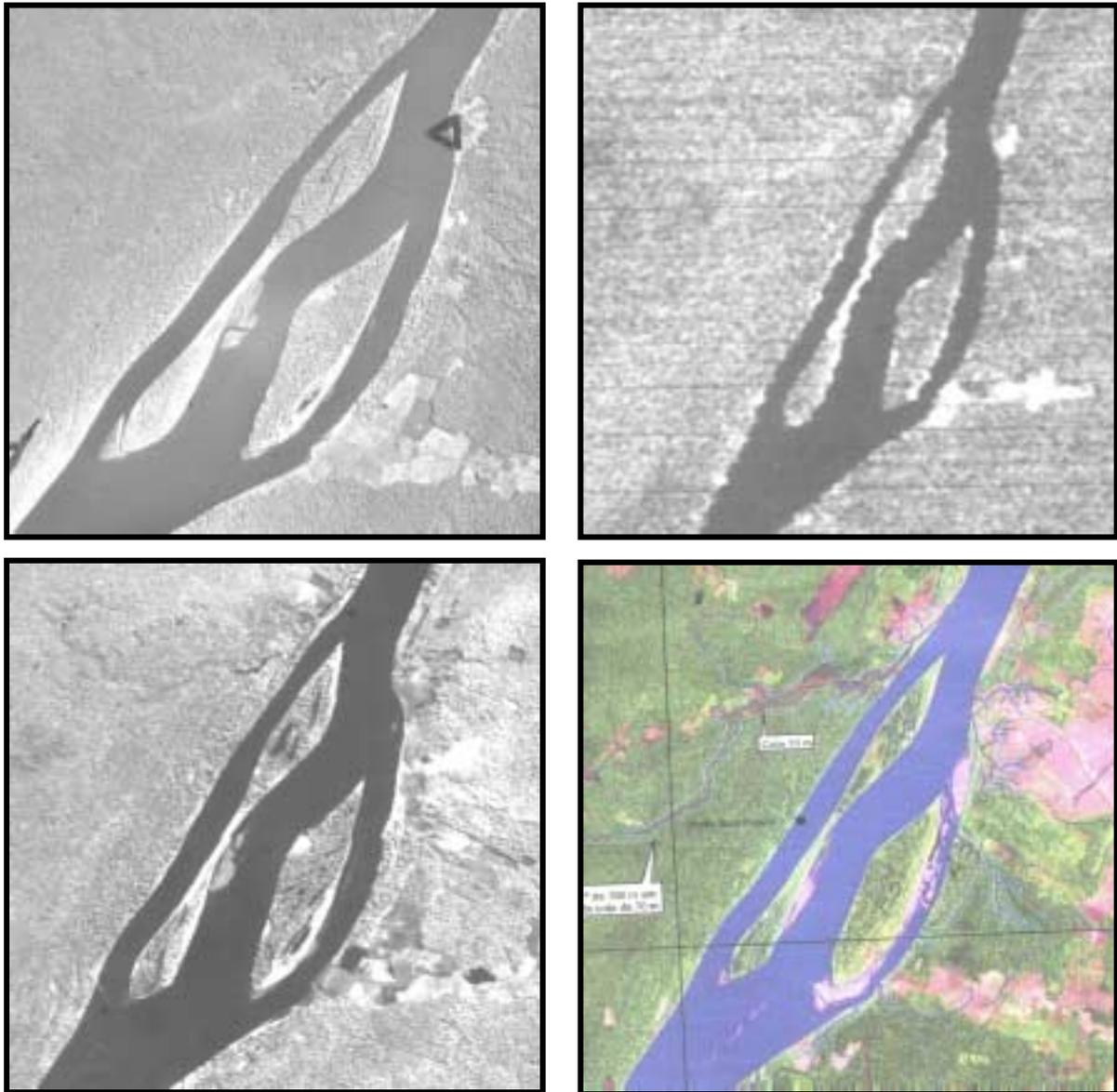


Figura 14. Representações das ilhas São Francisco e Patrício dos anos 1964 (foto aérea), 1973, 1984 e 2003 (imagens de satélite), revelando a evolução geodinâmica temporal.

#### 6.4. Cachoeira do Teotônio

A Cachoeira de Teotônio representa um acidente geográfico notável nas imediações de Porto Velho, constituindo um sério obstáculo à navegação, sendo originado por afloramentos rochosos da Suíte Intrusiva Rondoniense (granitos subalcalinos).

Duas grandes ilhas foram formadas, em um grande embaíamento a jusante da cachoeira as quais, ao longo dos anos, aumentaram expressivamente sua área de exposição, através do crescimento das barras longitudinais distribuídas na parte central do rio Madeira, conforme pode ser confrontado através das imagens de 1973 e 2003. Contudo, como as imagens foram obtidas

em diferentes períodos do ano, àquela com maior exposição poderá estar associada a um estágio mais avançado da estação seca.

Por outro lado, é evidente o avanço do processo erosivo notabilizado pelos “embaíamentos ou sacos fluviais” em ambas as margens, principalmente pela margem esquerda. Da mesma forma, a ilha próxima da margem esquerda exibe uma parte vegetada, com árvores de médio porte, ausente na imagem datada de 1973, sugerindo um maior espessamento dos bancos arenosos, favorecendo a emersão permanente dessa ilha, mesmo em períodos de cheias (figura 15).

Anteparos rochosos estão presentes à jusante das ilhas, minimizando os efeitos provocados pela erosão fluvial e resguardando parcialmente suas margens.

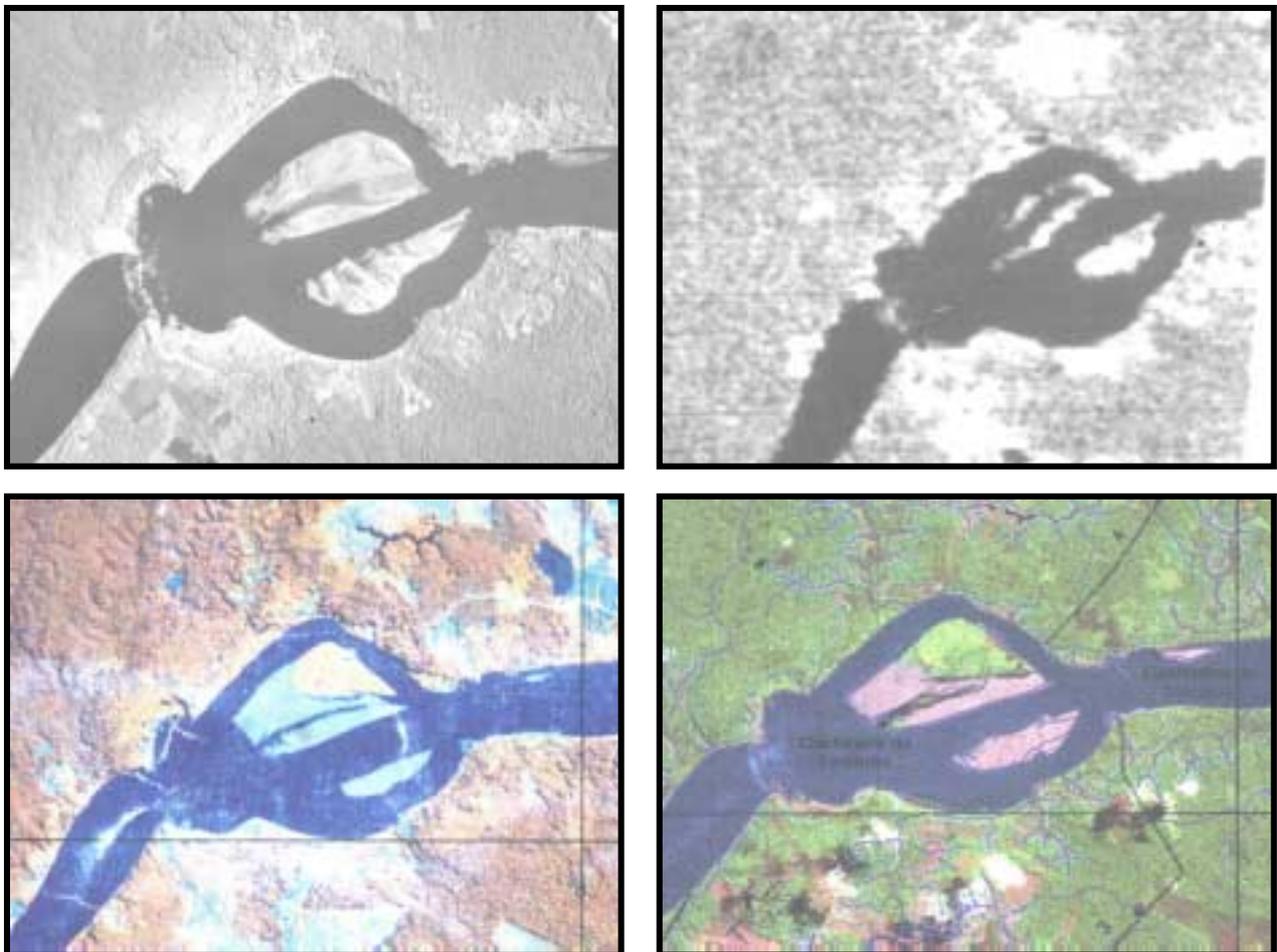


Figura 15. Evolução dinâmica temporal da Cachoeira do Teotônio e ilhas próximas, correspondentes aos anos 1964, 1973, 1995 e 2003.

## **7. DINÂMICA FLUVIAL DO RIO MADEIRA E SUAS IMPLICAÇÕES NA IMPLANTAÇÃO DAS HIDRELÉTRICAS**

A seção do rio Madeira compreendida entre Jirau e Santo Antônio apresenta, em linhas gerais, um padrão similar ao já observado na seção Abunã - Jirau, com referência a sua dinâmica fluvial. Entretanto, diferenças relevantes foram registradas em campo quanto ao comportamento do rio Madeira. Essas nuances acarretam variações na capacidade de transporte e no balanço de sedimentos do rio Madeira entre as duas seções. Inicialmente, serão abordados aspectos da dinâmica fluvial do trecho do rio Madeira compreendido entre as cachoeiras do Jirau e Santo Antônio; e, em seguida, se procederá a uma compartimentação geomorfológica do rio Madeira no trecho estudado, ou seja, entre a Vila do Abunã e a cidade de Porto Velho.

Para fins de análise, recorreu-se à subdivisão da seção Jirau - Porto Velho em cinco segmentos: Jirau - Caldeirão; Caldeirão - Morrinhos; Morrinhos - Teotônio; Teotônio - Santo Antônio e Teotônio - Porto Velho.

### **7.1. Trecho Jirau - Caldeirão**

No curto trecho entre os níveis de base locais Caldeirão e Jirau, o rio Madeira encontra-se retificado, com cotovelos estruturais, ladeados por morrotes em série associados ao lineamento estrutural do Jirau. Estes morrotes apresentam-se imponentes junto às margens do rio Madeira, evidenciando desníveis entre 50 a 80 metros e declividades acentuadas entre 15 e 25° (Figura 16). Em tais margens rochosas aflora o granito sub-vulcânico, dominante também nas corredeiras. Neste pequeno segmento do rio Madeira observa-se, efetivamente, um controle estrutural mais atuante em toda a área analisada, sendo comandada pelo lineamento estrutural do Jirau.



Figura 16. Morrote com vertentes acentuadas na margem esquerda do rio Madeira, a jusante do salto Jirau. Feição de relevo integrada ao lineamento estrutural do Jirau.

## 7.2. Trecho Caldeirão - Morrinhos

Este segmento exibe uma característica importante observada no rio Madeira, representada pela sucessão de uma seqüência alternada de estrangulamentos e alargamentos da calha deste rio. Estes vários estrangulamentos, via de regra, estão em condicionamento por afloramentos rochosos (rochas graníticas, metarenitos, blocos maciços de arenitos ferruginizados). Estes afloramentos situados nas margens do rio formam verdadeiros "cabos rochosos" que impedem, ou pelo menos, retardam, localmente, processos de abrasão fluvial. Assim sendo, nas margens fixadas por afloramentos rochosos, os processos de erosão fluvial tendem a ser inexpressivos (reco lateral das margens) e o canal tende a ser mais estreito e profundo em sua seção transversal. Por outro lado, nas margens adjacentes não protegidas por tais promontórios, a erosão fluvial tem se revelado particularmente atuante, promovendo reco lateral das margens e o alargamento do canal. Neste caso, sua seção transversal é mais extensa e rasa. Em situações especiais, o rio Madeira chega a exibir formas de embaçamento, como aquele observado a jusante da cachoeira Teotônio (figura 17) ou mesmo "sacos fluviais".



Figura 17. Cachoeira do Teotônio no rio Madeira, exibindo as formas de embaçamento, favorecendo o desenvolvimento de ilhas fluviais à jusante.

Esta peculiar configuração morfológica da calha do rio Madeira, marcada pela alternância de estrangulamentos e alargamentos tem marcante influência na dinâmica de transporte e estocagem de sedimentos ao longo do leito do rio. Tal hipótese é reforçada pela geração de ilhas fluviais junto aos segmentos alargados do rio Madeira.

De fato, nos trechos estrangulados, o rio Madeira, mais estreito e aprofundado, apresenta maior competência fluvial (capacidade de transporte de sedimentos) devido à maior velocidade do fluxo d'água neste trecho. Entretanto, essa energia cinética se dissipa à medida que o canal

atinge um segmento mais largo e raso. Nesta situação, a competência do rio Madeira é reduzida, assim como a velocidade do fluxo d'água. Desta forma, em porções do leito do rio mais próximas das margens, a velocidade do canal torna-se suficientemente baixa para depositar bancos arenosos durante a vazante. Ao longo de vários ciclos sazonais, estes bancos de areia média a grossa evoluem para ilhas fluviais (figura 18).



Figura 18. Geração de ilhas fluviais em formato longitudinal ao longo da calha do rio Madeira, com desenvolvimento de mata aluvial. Ilhas do Patricio e de São Francisco, entre a corredeira Morrinhos e a foz do rio Jaci-Paraná.

Essas ilhas fluviais são periodicamente inundadas, constituindo típicas planícies de inundação com vegetação pioneira, herbáceo-arbustiva. As áreas mais altas das ilhas fluviais exibem uma floresta aluvial mais exuberante desenvolvida acima do nível das cheias sazonais.

Diversas ilhas fluviais foram formadas a partir de afloramentos rochosos no leito do rio, gerando condições locais de retenção de sedimentos. A maioria das ilhas situadas junto aos níveis de base locais (em especial, as ilhas das corredeiras do Paredão, Caldeirão, Morrinhos e Santo Antônio) são, em parte, rochosas ou consistem de extensos afloramentos emersos na calha do rio Madeira.

Os estudos de campo destacam uma atuante morfodinâmica das ilhas fluviais, apresentando, de forma sincrônica, pontais em fase de erosão / destruição em oposição a outras margens em fase de deposição / acreção de pontais; ou ilhas em processo de subdivisão, em oposição a ilhas em processo de soldagem. Aparentemente, a pequena mobilidade espacial da

sedimentação na calha do rio Madeira promove, em certos casos, uma lenta e progressiva migração de ilhas fluviais ao longo do leito do rio. Uma avaliação temporal das imagens de radar entre 1973 e 1990 demonstra uma morfodinâmica ativa, mas pouco expressiva, das ilhas fluviais em contraste com a grande estabilidade das margens do rio, muitas vezes, claramente fixadas junto a lineamentos estruturais.

Em adendo as considerações estabelecidas acima, outro fator digno de atenção para o entendimento do balanço de sedimentos ao longo do perfil longitudinal do rio Madeira é observado em sua confluência com seus tributários maiores. Trata-se de um efeito de molhe fluvial promovido, mais destacadamente, pelos rios Jaci-Paraná e Mutum Paraná. Este fenômeno, assim denominado, consiste numa alusão ao processo descrito por Domingues et al. (1983) para explicar o bloqueio efetivado pelas desembocaduras fluviais na deriva litorânea de sedimentos. Com efeito, a descarga hidráulica dos afluentes de vazão mais expressiva bloqueia, em parte, o transporte de sedimentos do Rio Madeira. Com isso, a redução da velocidade do fluxo d'água do Rio Madeira conduz a uma situação propícia à deposição de sedimentos no leito do canal, formando ilhas fluviais defronte às barras dos rios Jaci-Paraná e Mutum-Paraná.

Ao contrário do rio Madeira, o rio Jaci-Paraná, maior tributário do rio Madeira na área de estudo, exhibe um padrão meândrico de alta sinuosidade, caracterizado por meandros abandonados em uma dinâmica fluvial marcada pela avulsão do canal (figura 19). As barrancas são mais baixas que as do rio Madeira (entre 4 e 6 metros de altura), perfazendo uma extensa planície de inundação que domina todo o baixo curso desse rio. Este padrão de canal induz à formação de barras em pontal nas margens convexas e, conseqüentemente, uma erosão acelerada nas margens côncavas. Contudo, a capacidade de transporte do canal meândrico é baixa, conduzindo a uma retenção de sedimentos na bacia.

Assim sendo, o rio Jaci-Paraná - um rio de águas claras - contribui com uma inexpressiva carga sólida para o rio Madeira. Esta situação é observada em todos os tributários do rio Madeira abrangidos pela área de estudo, sejam rios de águas claras ou rios de águas pretas.

O trecho compreendido entre as localidades de Caldeirão e Morrinhos apresenta a maior quantidade de ilhas fluviais, onde se destacam as ilhas da Pedreira, do Búfalo, do Patrício e de São Francisco. A maioria delas é longitudinal ao canal principal com formato estreito e muito alongado e intenso morfodinâmica. Outras, como a Ilha do Búfalo, apresentam formato mais arredondado ou ovalado e tendem a se "soldar" com as margens convexas do rio Madeira. Este processo decorre de um contínuo assoreamento, culminando com a colmatagem do "paraná" que separa a ilha e a margem convexa do rio.



Figura 19. Meandro recém-abandonado no baixo curso do rio Jaci-Paraná.

Desta forma, com o crescente bloqueio da passagem das águas pelo “paraná”, cada vez mais estreito e raso, toda a descarga líquida do rio Madeira passa a fluir pelo canal principal promovendo, não somente a erosão e o remodelamento da ilha fluvial em sua margem voltada para o rio Madeira, como também uma forte erosão da sua margem côncava.

Este cenário demonstra um intrincado conjunto de processos de transporte, deposição e remobilização de sedimentos ao longo da calha do rio Madeira.

### **7.3. Trecho Morrinhos - Teotônio**

No trecho compreendido entre os níveis de base locais de Morrinhos e Teotônio, o rio Madeira mantém características similares, destacando-se a formação de ilhas fluviais num canal marcado pela alternância de seções estranguladas e alargadas. Entretanto, neste trecho, o rio Madeira percorre um vale imprensado pelas ombreiras de um conjunto de colinas e baixos platôs lateríticos numa extensão aproximada de 25 km.

Este fato é especialmente intrigante quando se observa, em escala regional, que ambas as margens registram relevos baixos e planos dos terraços fluviais (em sua margem esquerda) e das superfícies aplainadas (em sua margem direita).

Novamente, a única explicação plausível para que as águas do rio Madeira optassem pelo caminho mais tortuoso (serpenteando por entre os baixos platôs) seria um basculamento neotectônico de blocos e conseqüente migração progressiva da calha do rio Madeira para sul-sudeste até ser forçado a atravessar um terreno pontilhado pelos remanescentes de uma superfície de um antigo e vasto platô laterítico.

Os platôs apresentam-se, por vezes, desfeitos em colinas e morros tabulares ou dissecados. Este conjunto de formas de relevo exhibe desníveis médios entre 30 e 50 metros e gradiente das vertentes entre 10 e 20°, podendo atingir 25 ou 30° nos rebordos erosivos mais acentuados. Localmente, alguns platôs situados nas margens do rio Madeira podem atingir desnivelamentos de até 70 metros.

As vertentes íngremes, freqüentemente, mergulham para a calha do rio Madeira. Em campo, foi constatado o desmatamento de muitas dessas vertentes, convertidas posteriormente em pastagens plantadas, acionando processos de erosão laminar e sulcos sobre os solos, freqüentemente expostas.

Esses rebordos erosivos dos baixos platôs lateríticos devem ser considerados áreas prioritárias para a recuperação de áreas degradadas (RAD) através do reflorestamento com espécies nativas, devido ao alto potencial de contribuição de sedimentos para o futuro reservatório. Do mesmo modo, verifica-se a remoção da mata ciliar e o plantio de pastagens em barrancas do rio, tornando-as particularmente vulneráveis a erosão.

#### **7.4. Trecho Teotônio - Porto Velho**

No trecho compreendido entre a cachoeira do Teotônio e Porto Velho, seccionando também a corredeira Santo Antônio, observa-se um padrão similar de morfologia fluvial àqueles descritos à montante. Destacam-se, neste segmento, os cotovelos estruturais e os estrangulamentos promovidos por cabos rochosos graníticos. Notabiliza-se o amplo embaíamento produzido à jusante de Teotônio (vide figura 17).

Merece referência ainda, uma situação peculiar identificada neste trecho do rio Madeira representada pela expressiva ocorrência de bancadas de arenitos ferruginizados (mucururus), por vezes conglomeráticos, com espessuras entre 3 e 5 metros, aflorantes na barranca do rio. Nos afloramentos observados, esta feição litológica aparenta não ser penetrativa, sendo geradas apenas junto à zona de oscilação sazonal das águas do rio. De qualquer forma, essas bancadas de arenitos ferruginizados desempenham um papel importante na dinâmica fluvial ao retardar o processo de migração lateral do canal (figura 20).



Figura 20. Bancada de arenito ferruginizado (mucucuru), formando talude resistente à erosão fluvial na barranca do rio Madeira. Margem esquerda do rio Madeira junto à baía de Teotônio.

Por vezes, caracterizam-se blocos desses arenitos modernos na base das barrancas do rio, resultantes do processo de dismantelamento das bancadas de mucururus. Estas formações têm continuidade longitudinal por vários quilômetros à jusante de Porto Velho. Em diversas situações, nota-se um processo diferencial de endurecimento (ou encrostamento) dessas bancadas de arenitos ferruginizados, controlados pela própria arquitetura faciológica do depósito fluvial. Neste sentido, estratos mais arenosos e permeáveis tendem a se endurecer mais rapidamente (tais como arenitos de canal com estruturas de estratificação cruzada), enquanto que estratos mais finos e impermeáveis tendem a se mosquear, porém mantendo-se inconsolidados (tais como siltitos e argilitos maciços de planícies de inundação). Tal encrostamento diferencial também explicaria ondulado das bancadas de arenitos ferruginizados que, ora afloram na porção superior da barranca, ora “mergulha” abaixo do nível do canal, seguindo a estratigrafia original do arenito fluvial (figura 21).



Figura 21. Camadas de arenitos ferruginizados separados de horizontes pelíticos não endurecidos. Trecho Abunã - Penha.

## **8. COMPARTIMENTAÇÃO GEOMORFOLÓGICA DO RIO MADEIRA ENTRE VILA DE ABUNÃ E PORTO VELHO**

Com a conclusão dos trabalhos de campo estabelecidos em duas etapas sucessivas, tornou-se possível proceder a uma análise integrada da compartimentação geomorfológica da área de estudo, onde foram caracterizados seis setores distintos, conforme se segue:

- Setor 1: Abunã - Mutum-Paraná
- Setor 2: Mutum-Paraná - Jirau
- Setor 3: Jirau - Caldeirão
- Setor 4: Caldeirão - Morrinhos
- Setor 5: Morrinhos - Teotônio
- Setor 6: Teotônio - Porto Velho.

### **8.1. Setor 1: Abunã - Mutum-Paraná**

O Setor 1, compreendido entre as localidades de Abunã e Mutum-Paraná, está inserido na Bacia Sedimentar do Abunã. O rio Madeira apresenta, inicialmente, uma direção preponderante

N-S (seguindo o lineamento Guajará-Mirim - Abunã), infletindo bruscamente para SW/NE a partir da foz do rio Abunã, acompanhando o megalineamento Madre de Dios-Itacoatiara. Direções subordinadas NW-SE e E-W também demarcam seções do rio Madeira, invariavelmente, sob forte controle estrutural.

A montante da confluência com o rio Abunã, o rio Madeira cruza, transversalmente, esta Bacia Sedimentar Quaternária. A jusante desta confluência, o rio Madeira parece delimitar sua borda norte limitado que está em sua margem esquerda pelos afloramentos de arenitos ortoquartzíticos da Formação Mutum-Paraná.

Em sua margem direita, desenvolve-se uma extensa área deprimida, em grande parte inundável, caracterizada como as planícies embrejadas e os terraços aluviais da Bacia do Abunã. Em sua margem esquerda desenvolve-se uma vasta superfície aplanada e uma sucessão de *inselbergs*, serras isoladas e elevados platôs escarpados que constituem superfícies estruturais.

O padrão do canal é retilíneo com freqüentes cotovelos estruturais. As corredeiras de Pederneiras/Tamborete e do Paredão também sugerem um intenso condicionamento estrutural da calha do rio Madeira e localmente, um padrão de canal anastomosado rochoso.

Evidências de neotectônica, neste segmento do rio Madeira, são reforçadas pelos afloramentos de antigos perfis lateríticos alçados ao mesmo nível estratigráfico dos sedimentos aluviais modernos nas barrancas do rio; ou pelo surgimento de travessões com arestas subverticais (planos de falha) ao longo da calha do rio.

A ocupação humana é pouco expressiva, restringindo-se às localidades de Abunã e Vai-Quem-Quer e ocupações isoladas de ribeirinhos. Localmente, verificam-se barrancas submetidas à erosão fluvial (fenômeno de terras caídas). Todavia, é muito freqüente a geração de arenitos ferruginizados no leito do canal e nas barrancas.

O padrão de sedimentação no leito do canal limita-se a longas e estreitas barras arenosas longitudinais ao longo das suaves margens convexas do rio Madeira. Destaca-se ainda o desenvolvimento de diques marginais ao longo de dezenas de quilômetros do rio Madeira, principalmente, junto a sua margem direita. Frequentemente os terrenos constituídos pelos diques marginais consistem nas áreas melhor drenadas quando comparadas com a retro-área das planícies de inundação da Bacia do Abunã. Neste trecho, o rio Madeira recebe águas apenas de pequenos tributários com vazão muito reduzida, onde se destacam apenas o igarapé Castanho, que drena grande parte da planície do Abunã e o rio São Simão.

Este trecho foi submetido à intensa garimpagem aluvionar em busca de ouro nas décadas de 80 e 90, sendo que nos dias atuais esta atividade está restrita a algumas dezenas de dragas

dispersas em sítios mais favoráveis, enquanto que a garimpagem manual está praticamente erradicada.

## **8.2. Setor 2: Mutum-Paraná - Jirau**

O Setor 2, compreendido entre as localidades de Mutum-Paraná e a Cachoeira do Jirau, está embasado por arenitos ortoquartzíticos da Formação Mutum-Paraná; arenitos arcoseanos da Formação Palmeiral e Granitos Rondonianos. Estas litologias, por sua vez, foram submetidas a um prolongado período de intemperização sob clima úmido e/ou semi-úmido ao longo do Cenozóico, gerando mantos de alteração muito espessos e, freqüentemente, sotopostos a estes, foram desenvolvidos perfis lateríticos imaturos, numa fase posterior e mais avançada de intemperização das rochas. O rio Madeira apresenta uma direção principal SW-NE, sendo desviada, ocasionalmente, por cotovelos estruturais ou amplos arcos de curvatura do rio (sem caracterizar meandros), conferindo uma direção secundária N-S. Um forte controle estrutural ainda está claramente impresso na rede de drenagem, todavia não foram identificados níveis de base locais entre a corredeira Caldeirão e o salto Jirau, excetuando-se alguns travessões na margem esquerda da ilha Mutum-Paraná.

A partir de ambas as margens do rio Madeira, desenvolvem-se extensas superfícies aplanadas, conferindo um grau de senilidade do relevo, aliás, comum a toda área de estudo. Na margem esquerda, a superfície aplanada encontra-se pontilhado por *inselbergs* (ora montes e *hillocks* rochosos de granitos, ora platôs elevados sustentados pelos arenitos ortoquartzíticos). Na margem direita, as vastas superfícies aplanadas encontram-se, ora interrompidas por pequenos agrupamentos de colinas e morros, ora, por platôs restritos sustentados pelos arenitos da Formação Palmeiral e por carapaças ferruginosas que capeiam tais platôs, formando cornijas.

Destaca-se ainda, bastante próximo à margem esquerda do rio, um alinhamento de morrotes que demarca um importante lineamento estrutural na região. Este lineamento cruza o rio Madeira justamente no salto Jirau. Este lineamento, aqui denominado de Lineamento Jirau, consiste a evidência mais importante dos processos neotectônicos implantados em escala regional, produzindo uma crista de morrotes alinhados e o próprio salto Jirau. Fundamentado neste exemplo, sugere-se que a maior parte dos *knickpoints* detectados ao longo do perfil longitudinal do rio Madeira tenham sido originados por reativações neotectônicas de antigos planos de falha.

A ocupação humana é inexpressiva, assim como o fenômeno de terras caídas. Nota-se, contudo, o desenvolvimento espreado de arenitos ferruginizados no leito do canal e nas barrancas.

O padrão de sedimentação no leito do canal apresenta ainda longas e estreitas barras arenosas longitudinais ao longo das margens convexas do rio e esparsas ilhas fluviais, destacando-se a ilha de Mutum-Paraná e a ilha do Avião. As planícies de inundação são exíguas. Os diques marginais, por sua vez, são menos presentes. Neste trecho, o rio Madeira recebe águas de tributários mais caudalosos, tais como os rios Mutum-Paraná, São Lourenço e o igarapé Jirau.

A atividade garimpeira também está presente, concentrada em algumas áreas mais favoráveis.

### **8.3. Setor 3: Jirau - Caldeirão**

Este setor, compreendido entre os níveis de base local do salto Jirau e da corredeira Caldeirão, consiste num curto trecho do rio Madeira, onde se verifica um intenso controle estrutural comandado pelo Lineamento Jirau, já mencionado anteriormente. O padrão de canal é retilíneo a anastomosado rochoso (este, junto aos knickpoints), assumindo uma direção geral SW-NE, truncado por cotovelos estruturais e apresentando, freqüentemente, margens rochosas constituídas pelo granito sub-vulcânico. Esta litologia também aflora nos *kinckpoints* de Jirau e Caldeirão. Em algumas elevações circundantes ocorrem arenitos e conglomerados da Formação Palmeiral.

Neste setor, o gradiente do perfil longitudinal é muito elevado, sugerindo reativações neotectônicas. Este perfil longitudinal, com alta declividade local, irá se refletir no padrão de sedimentação local, pois devido à alta energia cinética do rio, não há condições para a deposição de sedimentos aluviais, mesmo em forma de barras longitudinais. Planícies de inundação, praticamente, não ocorrem neste curto trecho.

Um relevo regional movimentado vislumbra-se a partir de ambas as margens do rio Madeira, com ocorrência disseminada de *inselbergs*, agrupamentos de colinas e morros e o extenso alinhamento de morrotes do Lineamento Jirau (figura 22).

Este trecho é, praticamente, desabitado e não apresenta erosão fluvial. Formações de arenitos ferruginizados (mucururus) e diques marginais também são inexistentes nesta área, assim como afluentes expressivos.



Figura 22. Alinhamento de morrotes dissecados do lineamento Jirau cruzando o rio Madeira junto ao salto Jirau.

#### **8.4. Setor 4: Caldeirão - Morrinhos**

O Setor 4, estabelecido entre os níveis de base locais de Caldeirão e Morrinhos, está embasado por arenitos arcoseanos da Formação Palmeiral e Granitos Rondonianos, capeados, por sua vez, por mantos de alteração muito espessos e, freqüentemente, sotopostos a estes, perfis lateríticos imaturos de espessura decamétrica. O rio Madeira apresenta uma direção principal SW-NE, com mudanças de direção promovidas por longos arcos de curvatura do rio, numa configuração morfológica semelhante a meandros abertos. Nota-se, partir de Caldeirão, em direção à jusante, um menor controle estrutural na rede de drenagem. Não foram identificados níveis de base locais entre a corredeira Caldeirão e os travessões de Morrinhos.

A partir de ambas as margens do rio Madeira, desenvolvem-se extensas superfícies aplanadas, proporcionando um caráter monótono ao relevo, fato este que pode ser estendido regionalmente. Entretanto, relevos residuais que se espraiam sobre a superfície aplanada, quebram tal monotonia, podendo ser constituídos por *hillocks* e *tors* graníticos ou colinas tabulares e baixos platôs lateríticos.

A característica mais destacada neste trecho do rio Madeira consiste na alternância de pontos de estrangulamento e alargamento da calha do rio. Tais estrangulamentos, controlados por cabos rochosos graníticos, regem a dinâmica de sedimentação aluvial no leito do rio e os

processos de erosão fluvial, sendo que os fenômenos de terras caídas tornam-se muito mais freqüentes a partir deste trecho.

O padrão de sedimentação fluvial difere sensivelmente daquele que foi analisado a montante do salto Jirau. As barras longitudinais ancoradas nas margens convexas do rio tornam-se menos freqüentes. Por outro lado, registra-se o desenvolvimento de grande número de ilhas fluviais na calha do rio Madeira, situadas nas porções mais alargadas e de menor competência fluvial do rio. Tais ilhas exibem diversos formatos e uma notável morfodinâmica, demonstrando uma complexa dinâmica de transporte, deposição e remobilização de sedimentos na calha do rio Madeira.

A ocupação humana torna-se bastante expressiva, com o aparecimento de fazendas com pastagens na beira do rio, geralmente destruindo a mata ciliar. O fenômeno de terras caídas torna-se significativo com a exposição de extensas falésias fluviais em barrancas. Este incremento da erosão fluvial decorre de dois fatores associados: desmatamento das matas ciliares, expondo as barrancas à erosão laminar e o conseqüente solapamento (figura 23); e à maior sinuosidade do canal promovendo um recuo lateral de algumas margens côncavas. O processo de migração das ilhas fluviais pode acentuar tal processo. Os arenitos ferruginizados e os diques marginais tornam-se pouco expressivos, contudo, as planícies de inundação e os terraços fluviais estão mais desenvolvidos. Neste trecho, o rio Madeira recebe águas de tributários mais caudalosos, tais como os rios Jaci-Paraná e Caracol e os igarapés Azul e Maparaná.



Figura 23. Barranca desmatada do rio Madeira com marcas de erosão laminar e solapamentos. Situa-se na margem esquerda do rio Madeira, entre a corredeira Morrinhos e a foz do rio Jaci-Paraná.

## 8.5. Setor 5: Morrinhos - Teotônio

O Setor 5, situado entre os níveis de base locais de Morrinhos e Teotônio, está sustentado pelo embasamento polimetamorfizado do Complexo Jamari e Granitos Rondonianos. Mantos de alteração muito espessos capeiam estas rochas e, freqüentemente, sotopostos a estes, perfis lateríticos imaturos que dominam grandes extensões junto à calha do rio Madeira.

A direção preferencial SW / NE continua se mantendo ao longo deste trecho do rio Madeira, apresentando um padrão retilíneo alternado com meandros abertos de longo raio de curvatura, quando percorre extensos trechos sinuosos por entre os baixos platôs lateríticos. Neste segmento, o rio Madeira consiste num canal imprensado pelas ombreiras das vertentes declivosas das colinas e baixos platôs que margeiam o rio. Não foram identificados níveis de base locais entre os travessões de Morrinhos e a cachoeira Teotônio.

Na margem direita do rio Madeira desenvolve-se extensas superfícies aplanadas, pontilhadas por baixos platôs lateríticos, principalmente, próximo à calha do rio Madeira. Na sua margem esquerda, registram-se extensas áreas planas de antigos terraços fluviais, sazonalmente inundáveis (figura 24).



Figura 24. Terraços quaternários na margem esquerda do rio Madeira, sazonalmente inundáveis. Imagem obtida na estação seca, após uma forte chuva.

Em prosseguimento ao setor anterior, destaca-se a alternância de pontos de estrangulamento e alargamento da calha do rio. Este processo acentua-se com a formação de embaíamentos e sacos fluviais. Os referidos estrangulamentos, controlados por cabos rochosos graníticos ou afloramentos de arenitos conglomeráticos ferruginizados, regem a dinâmica de sedimentação aluvial no leito do rio e os processos de erosão fluvial (figura 25). A erosão fluvial mantém-se muita ativa neste setor, com a exposição de amplas barrancas com falésias fluviais (figura 26). Considera-se, portanto, que o padrão de sedimentação fluvial aqui caracterizado é similar ao analisado no setor Caldeirão-Morrinhos.



Figura 25. Estrangulamento do rio Madeira produzido por cabo rochoso, conforme observado no canto noroeste da foto. À direita, o rio Madeira encontra-se bem mais amplo. Foto obtida do alto de um platô laterítico junto à margem esquerda do rio Madeira, a jusante da corredeira Morrinhos.

A ocupação humana é bastante expressiva, com a consolidação de fazendas de pecuária na beira do rio, numa área relativamente próxima a Porto Velho. Os fenômenos de erosão fluvial, ressaltados no setor Caldeirão-Morrinhos repetem-se entre Morrinhos e Teotônio e ainda são agravados pelo desmatamento indiscriminados das vertentes íngremes das colinas tabulares e platôs lateríticos situados às margens do rio Madeira apresentando, localmente, erosão laminar severa (figura 27).



Figura 26. Falésias fluviais da margem esquerda do rio Madeira a jusante da corredeira Morrinhos. A erosão fluvial, neste trecho, manifesta-se em grande extensão, através do progressivo solapamento da base das margens em talude (barrancas), gerando o fenômeno de “terras caídas”.



Figura 27. Vertente íngreme de platô laterítico desmatada e com solo exposto, acelerando os processos de erosão superficial. Local: margem esquerda do rio Madeira entre Morrinhos e Teotônio.

## 8.6. Setor 6: Teotônio - Porto Velho

O Setor 6, distribuído entre a cachoeira Teotônio e a cidade de Porto Velho, sustenta-se pelo embasamento polimetamorfizado do Complexo Jamari e Granitos Rondonianos, que afloram próximo às margens do rio Madeira. As litologias identificadas apresentam espessos mantos de intemperismo, freqüentemente, capeados por perfis lateríticos imaturos.

O rio Madeira apresenta um padrão de canal retilíneo com uma direção principal SW-NE, sendo desviada, ocasionalmente, por cotovelos estruturais ou amplos arcos de curvatura do rio (sem caracterizar meandros), conferindo uma direção secundária N-S. Ainda observa-se um nítido controle estrutural, principalmente no trecho situado entre a cachoeira Teotônio e a corredeira Santo Antônio.

A cachoeira Teotônio, juntamente com o salto Jirau, representam os dois mais importantes knickpoints em toda a área de estudo, sendo os únicos intransponíveis à navegação fluvial de pequenas a médias embarcações. A cachoeira Teotônio é constituída por dois imponentes degraus que perfazem um desnivelamento total de aproximadamente 15 metros. Excetuando-se o salto Jirau, nenhum outro nível de base local promove tamanho desnível, produzindo apenas corredeiras e travessões no leito do rio Madeira (figura 28).



Figura 28. Cachoeira Teotônio.

Na margem direita do rio Madeira se desenvolve superfícies aplanadas dissecadas por uma rede de drenagem de baixa densidade. Estas superfícies apresentam, esporadicamente, morrotes graníticos, como observado na calha do rio Madeira. Na sua margem esquerda, estendem-se os antigos terraços fluviais, já mencionados no setor Morrinhos-Teotônio.

A alternância de pontos de estrangulamento e alargamento da calha do rio prossegue entre Teotônio e Santo Antônio. A baía de Teotônio e suas duas ilhas fluviais, formadas a jusante da cachoeira homóloga, demonstram o peculiar aspecto da morfologia do rio Madeira e seu padrão de sedimentação, que se estende desde a corredeira Caldeirão até a corredeira Santo Antônio.

Apesar de estar situado nas cercanias de Porto Velho, o trecho do rio Madeira entre Teotônio e Santo Antônio encontra-se esparsamente ocupado, talvez devido à dificuldade de acesso. Entretanto, a erosão fluvial ainda é bastante ativa. Um fato novo neste setor do rio Madeira é o surgimento de espessas bancadas de arenitos ferruginosos nas barrancas do rio, retardando, ou mesmo, impedindo a migração lateral o canal, devido a sua elevada resistência a abrasão fluvial. Estas bancadas de arenitos estendem-se a jusante de Porto Velho por vários quilômetros (figura 29).



Figura 29. Bancada de arenito ferruginizado desenvolvido na barranca da margem esquerda do rio Madeira, a jusante de Porto Velho.

A jusante da corredeira de Santo Antônio, o rio Madeira vai se distanciando do Alto Estrutural Porto Velho - Guajará-Mirim, sendo que a partir deste ponto, os afloramentos rochosos de rochas pré-cambrianas tornam-se cada vez mais raros. Por outro lado, as planícies de inundação próprias de um rio maduro, distribuem-se por áreas cada vez mais extensas e o vale do Madeira perde seu típico aspecto encaixado, presente em toda a área de estudo, independente de que o padrão de seu canal mantenha-se retilíneo, seguindo o megalineamento Madre de Deus - Itacoatiara.

## 9. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A Bacia do rio Madeira, no trecho compreendido entre a Cachoeira do Jirau e a cidade de Porto Velho apresenta características similares àquelas analisadas no segmento Abunã - Cachoeira do Jirau. Verifica-se um amplo predomínio das vastas superfícies aplainadas a partir de sua margem direita, predominando uma morfologia plana ou pouco movimentada, com altitudes modestas, pontilhados por relevos residuais constituídos por platôs lateríticos ou agrupamentos de colinas e morros dissecados ou tabulares, por *hillocks* e *tors* graníticos. Estas feições residuais destacam-se 30 a 60 metros acima da superfície regional aplanada e/ou etchplanada. Por sua vez, pela margem esquerda do rio Madeira foi depositada, por extensões muito amplas, antigos terraços fluviais que formam, por vezes, o divisor rebaixado Madeira - Purus.

A localização deste segmento do rio Madeira no Alto Estrutural Porto Velho - Guajará Mirim propicia o desenvolvimento de um trecho do perfil longitudinal do rio Madeira com elevado gradiente (quando comparado com o grande médio dos rios amazônicos), ocorrência de níveis de base locais e um canal de padrão retilíneo e encaixado com inflexões de meandros e cotovelos estruturais. Essas características da morfologia do canal refletem um marcante controle estrutural imposto ao canal.

A incidência destas condições favorece o aumento das velocidades das águas e o fluxo constante dos sedimentos. Da mesma forma, essas condições presentes neste trecho do rio Madeira favorecem o trânsito de sedimentos ao longo do perfil longitudinal do canal.

Devido tais condições, esparsas planícies de inundação foram estabelecidas ao longo do segmento em análise gerando um cenário adverso para a estocagem de sedimentos, pois a competência do canal é muito expressiva. Assim sendo, o transporte de sedimentos deverá ser considerado quando da implantação das barragens das hidrelétricas, em face da possível perda de competência do rio.

Todavia, entre Caldeirão e Santo Antônio, controles litológicos ou lito-estruturais (cabos rochosos e níveis de base locais) exercem uma peculiar influência na configuração morfológica do rio Madeira, através da geração de uma sucessão de estrangulamentos e alargamentos da calha do rio Madeira. Esta configuração irregular afeta a dinâmica de transporte, retenção e remobilização de sedimentos ao longo do leito do rio, onde a energia cinética do rio (velocidade do fluxo d'água) é a variável-chave. A resultante mais visível é a formação de ilhas fluviais e barras arenosas centrais em porções de mais reduzida competência fluvial (capacidade de transporte de sedimentos).

Ao se observar esta dinâmica natural do rio Madeira, torna-se possível presumir o impacto da introdução de um barramento artificial no balanço de sedimentos ao longo de seu perfil longitudinal, corroborando com a hipótese de estocagem de sedimentos a montante da barragem.

Por outro lado, a despeito da contribuição de sedimentos advindos de tributários locais (rios e igarapés de águas claras ou pretas, que apresentam baixa descarga sólida); do desbarrancamento de margens em talude do rio Madeira (fenômeno de "terras caídas") e da erosão laminar decorrente de áreas desmatadas próximas às margens do rio Madeira, a grande parte da descarga de sedimentos que conflui para o rio Madeira, inquestionavelmente, é proveniente do rio Beni, cuja bacia drena uma expressiva área da Cordilheira dos Andes, submetida a intensos processos erosivos.

Assim posto, a produção e o transporte de sedimentos ao longo da calha do rio Madeira decorre de processos de grande magnitude e que devem ser considerados no projeto de construção das barragens.

Considerando a grande contribuição do rio Beni-Madre de Dios sobre o material em suspensão do rio Madeira, é recomendável o acompanhamento permanente das condições climáticas reinantes nas cabeceiras dessa bacia, na vizinha Bolívia, onde a elevação da temperatura provoca um degelo expressivo na cordilheira andina e conseqüentemente o aumento da carga carregada para as drenagens. Essa informação é importante, permitindo prever o afluxo de um maior volume de sedimentos em suspensão, os quais associados à mensuração da velocidade das águas, favorecerão a adoção de medidas prévias que, se existentes, impedirão uma maior deposição de sedimentos, que poderiam acelerar o assoreamento da barragem.

Apesar de que tenha sido atestado que a imensa maioria da carga de sedimentos em trânsito no rio Madeira não seja local, é de fundamental importância à preservação da vegetação ciliar ao longo de toda a calha do rio, bem como das matas que recobrem as vertentes declivosas dos baixos platôs lateríticos e de outros relevos residuais. Além disso, deve ser considerada a

recuperação das áreas desmatadas, principalmente, os rebordos erosivos marginais ao rio Madeira.

Neste sentido, o impacto da intervenção humana junto às margens do rio Madeira é muito mais intenso no trecho compreendido entre Caldeirão e Porto Velho. A destruição das matas ciliares, a apropriação de extensas áreas ribeirinhas, incluindo mesmo suas barrancas, para introdução de pastagens e o desmatamento indiscriminado das vertentes íngremes das colinas tabulares e dos rebordos erosivos dos baixos platôs lateríticos, consistem nos principais impactos hidro-erosivos para a calha do rio Madeira. Medidas de recuperação de áreas degradadas pelo desmatamento através da recomposição florestal com mata nativa são necessárias em áreas onde os processos erosivos estão mais atuantes. Em contraste, a montante da corredeira Caldeirão, até a localidade de Abunã, a intervenção humana é pouco expressiva.

Com relação à formação do reservatório à montante da barragem, uma atenção especial deve ser conferida às planícies de inundação situadas nas margens do rio Madeira e nos baixos cursos dos cursos tributários, bem como aquelas áreas situadas à retaguarda dos diques marginais, nitidamente mais elevados. Como essas planícies consistem em áreas sazonalmente inundadas, a elevação e estabilização do nível da água do rio Madeira à cota das cheias anuais como consequência do barramento das águas, tende a manter as planícies de inundação permanentemente inundadas, incorporando-as ao lago da hidrelétrica.

Neste sentido, os terraços fluviais de presumível idade pleistocênica, que ocupam as extensas áreas planas pela margem esquerda do rio Madeira, representam áreas suscetíveis à inundação prolongada de suas porções mais deprimidas. Embora possam estar acima das cotas normais de cheia do rio, os terraços fluviais apresentam relevo extremamente plano e solos argilosos, dificultando sobremaneira o escoamento das águas pluviais. Num cenário de elevação regional do nível freático, o escoamento pluvial poderá ser ainda mais dificultado, criando novas zonas embrejadas em decorrência da implantação do reservatório da UHE Santo Antônio.

Recomenda-se, portanto, a importância de serem avaliadas criteriosamente as repercussões da elevação permanente do nível freático do rio Madeira sobre todas as áreas baixas marginais.

A etapa de campo de junho, ocorrida após a cheia sazonal do verão de 2005, demonstrou a pouca expressividade dos fenômenos de erosão fluvial sobre as barrancas do rio Madeira e sua relativa estabilidade morfodinâmica, fato este, que corrobora para a avaliação de que a descarga de sedimentos local não é relevante para a calha do rio Madeira. Todavia, sugere-se um monitoramento de novos eventos de cheias para assegurar a estabilidade erosiva das barrancas

fluviais, em virtude do fato de que a cheia de 2005 não foi significativa, estando abaixo da média histórica.

## 10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AB'SABER, A.N. Participação das depressões periféricas e superfícies aplainadas na compartimentação do planalto brasileiro: considerações finais, conclusões. **Geomorfologia**, 28, p.1-38, 1972.
- ADAMY, A. **Zoneamento Ecológico-Econômico Brasil - Bolívia eixo Rio Abunã-Vale do Guaporé**. Informe final. S.l., CPRM/SUDAM/OEA, 2000. 3 v.
- ADAMY, A.; ROMANINI, S.J. (Orgs.). **Geologia da Região de Porto Velho - Abunã**; Folhas Porto Velho (SC.20-V-B-V), Mutumpananá (SC.20-V-C-VI), Jaciparaná (SC.20-V-D-I) e Abunã (SC.20-V-C-V). Estados de Rondônia e Amazonas. Brasília: DNPM/CPRM, 1990. 273p.
- AMARAL FILHO, Z.P.; NEVES FILHO, J.P.; CUNHA, N.G. da. Pedologia. In: BRASIL. DNPM. Projeto RADAMBRASIL. **Folha SC. 20 Porto Velho**; geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro, 1978. 663p. il. (Levantamento de Recursos Naturais, 16). p. 252-412.
- BARROS-SILVA, S.; SILVA, M.T. da; SILVA, F.C.F.; COSTA, E.P. da. Vegetação. In: BRASIL. Projeto RADAMBRASIL. **Folha SC. 20 Porto Velho**; geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro, 1978. 663p. il. (Levantamento de Recursos Naturais, 16). p. 415-562.
- BEMERGUY, R.L.; COSTA, J.B.S.; HASUI, Y.; BORGES, M.S.; SOARES Jr., A.V. Structural geomorphology of the Brazilian Amazon Region. In: KLEIN, E.L.; VASQUEZ, M.L.; ROSA-COSTA, L.T. (Eds.). **Contribuições à geologia da Amazônia - v. 3**. Belém: SBG-Núcleo Norte, 2002. 318p. il. p. 245-257.
- BIGARELLA, J.J.; MOUSINHO, M.R.; SILVA, J.X. Pediplanos, Pedimentos e seus depósitos correlativos. **Boletim Paranaense de Geografia**, n. 16/17, p. 117-151, 1965.
- BRAUN, O.P.G. Contribuição a geomorfologia do Brasil Central. **Revista Brasileira de Geografia**, v. 32, n. 3, p. 3-39, 1971.

- BÜDEL, J. **Climatic geomorphology**. Princeton: Princeton University Press, 1982. 443p.
- COSTA, M.L. Aspectos geológicos dos lateritos da Amazônia. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 21, n. 2, p. 146-160, 1991.
- HORBE, A.M.C.; HORBE, M.A.; COSTA, M.L.; SUGUIO, K. A laterização na gênese das superfícies de aplanamento da região de Presidente Figueiredo - Vila Balbina, Nordeste do Amazonas. In: REIS, N.J.; MONTEIRO, M.A .S.; (Coords.). **Contribuições à Geologia da Amazônia - v. 2**. Manaus: SBG-Núcleo Norte, 2001. 463p. il. p. 145-176.
- IGREJA, H.L.S.; CATIQUE, J. Análise neotectônica do lineamento de Itacoatiara centro-leste do Estado do Amazonas. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ESTUDOS TECTÔNICOS, 6, 1997, Pirenópolis (GO). **Anais**. Pirenópolis: SBG-Núcleo Brasília, 1997. 380p. p.131-133.
- ITERON/SEPLAD. Geomorfologia. In: Zoneamento sócio-econômico ecológico do Estado de Rondônia. Porto Velho: Tecnosolo/DHV Consultants EPTISA, 1999. 51p.
- KING, L.C. Canons of landscape evolution. **Bulletin of the Geological Society of America**, 64, p. 721-752, 1953.
- KING, L.C. A geomorfologia do Brasil Oriental. **Revista Brasileira de Geografia**, v. 18, n. 2, p. 147-266, 1956.
- LATRUBESSE, E. Geomorfologia. In: ADAMY, A. **Zoneamento Ecológico-Econômico Brasil - Bolívia eixo Rio Abunã-Vale do Guaporé**. Informe final. S.l., CPRM/SUDAM/OEA, 2000. v. 1. Cap. 4, p. 30-40.
- LEOPOLD, L.B.; WOLMAN, M.G.; MILLER, J.P. **Fluvial processes in geomorphology**. San Francisco: W. H. Freeman, 1964. 535p.
- MELO, D.P.; COSTA, R.C.R.; NATALI FILHO, T. Geomorfologia. In: BRASIL. Projeto RADAMBRASIL. **Folha SC. 20 Porto Velho**; geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro, 1978. 663p. il. (Levantamento de Recursos Naturais, 16). p. 187-254.

PENCK, W. **Morphological analysis of the landforms**. London: MacMillan, 1952. 429p.

QUADROS, M.L.E.S.; SILVA FILHO, E.P.; REIS, M.R.; SCANDOLARA, J.E. Considerações preliminares sobre a evolução dos sistemas de drenagem dos rios Guaporé, Mamoré e Madeira, Estado de Rondônia. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 5, 1996, Belém. **Boletim de Resumos Expandidos e Guia de Excursões**. Belém: SBG-Núcleo Norte, 1996. 427p. p. 242-245.

RIZZOTTO, G.J.; QUADROS, M.L.E.S.; OLIVEIRA, J.G.F.; CASTRO, J.M.R. **Geologia e recursos minerais do entorno de Jirau**. Porto Velho: FURNAS/CPRM, 2004. No prelo.

SOUSA, R. da S.; ARAÚJO, L.M.N. Análise geoambiental da hidrovia do rio Madeira, Amazônia, Brasil. In: DIALOGO INTERAMERICANO DE GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS, 4, 2001.

SOUZA FILHO, P.W.M.; QUADROS, M.L.E.S.; SCANDOLARA, J.E.; SILVA FILHO, E.P.; REIS, M.R. Compartimentação morfoestrutural e neotectônica do sistema fluvial Guaporé-Mamoré-Alto Madeira, Rondônia, Brasil. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 29, n. 4, p. 469-476, 1999.

SUGUIO, K.; BIGARELLA, J.J. **Ambiente fluvial**. Curitiba: Ed. Universidade Federal do Paraná, 1979. 183p.

THOMAS, M.F. **Geomorphology in the tropics**. New York: John Wiley & Sons, 1994. 460p.

TWIDALE, C.R. Antiquity of landforms: an 'extremely unlikely' concept vindicated. **Australian Journal of Earth Sciences**, 45, p. 657-668, 1998.

VAN DER HAMMEN, T.; ABSY, M.L. Amazonia during the last glacial. **Palaeogeography, Palaeoclimatology and Palaeoecology**, 109, p. 247-261, 1994.

YOUNG, R.W. The time of geomorphological change: evidence from southeastern Australia. **Journal of Geology**, 91, p. 221-230, 1983.

**LEVANTAMENTO DE INFORMAÇÕES PARA SUBSIDIAR O  
ESTUDO DE VIABILIDADE DO APROVEITAMENTO  
HIDRELÉTRICO (AHE) DO RIO MADEIRA**

**APROVEITAMENTO HIDRELÉTRICO DO SANTO ANTONIO  
(AHE - SANTO ANTÔNIO)**

**CAPITULO III - HIDROGEOLOGIA**

## APRESENTAÇÃO

O presente capítulo deste relatório se refere aos levantamentos hidrogeológicos desenvolvidos para o Estudo de Viabilidade do Aproveitamento Hidrelétrico do Santo Antônio, abrangendo a Área de Influência Indireta (AII) e a Área de Influência Direta (AID).

Os resultados aqui apresentados envolvem a integração dos dados já existentes a respeito da hidrogeologia do Estado de Rondônia com as pesquisas de campo realizadas e apresentadas anteriormente no Relatório de Progresso (Julho/2005) aliado aos resultados das análises físico-químicas referentes à qualidade das águas subterrâneas na área enfocada.

Desta forma, estão sendo apresentados dois mapas hidrogeológicos em escala 1:250.000 (AII) e 1:100.000 (AID) e dois mapas de vulnerabilidade natural das águas subterrâneas, também em escala 1:250.000 (AII) e 1:100.000 (AID).

## SUMÁRIO

3.1.	INTRODUÇÃO.....	203
3.2.	METODOLOGIA.....	203
3.3.	RECURSOS HÍDRICOS.....	206
3.3.1.	Hidrologia.....	206
3.3.2.	Hidrogeologia.....	206
3.3.2.1.	Sistemas Aquíferos.....	206
3.4.	VULNERABILIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS.....	207
3.5.	TRABALHOS EXECUTADOS.....	208
3.5.1.	Sistemas Hidrogeológicos.....	208
3.6.	ÁREA DE INFLUÊNCIA INDIRETA (AII).....	210
3.6.1.	Mapa Hidrogeológico.....	210
3.6.2.	Mapeamento da Vulnerabilidade Natural das Águas Subterrâneas.....	211
3.7.	ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA (AID).....	214
3.7.1.	Mapa Hidrogeológico.....	214
3.7.2.	Mapeamento da Vulnerabilidade Natural das Águas Subterrâneas.....	219
3.8.	QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS.....	220
3.8.1.	Análise Físico-Química das Amostras de Água Subterrânea na AID.....	223
3.9.	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	228
3.10.	REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....	232

## ANEXOS:

- III.1 MAPA HIDROGEOLÓGICO DA ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA DO SANTO ANTÔNIO (escala de 1:100.000).
- III.2 MAPA HIDROGEOLÓGICO DA ÁREA DE INFLUÊNCIA INDIRETA DO SANTO ANTÔNIO (escala de 1:250.000).
- III.3 MAPA DE VULNERABILIDADE NATURAL DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DA ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA DO SANTO ANTÔNIO (escala 1:100.000).
- III.4 MAPA DE VULNERABILIDADE NATURAL DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DA ÁREA DE INFLUÊNCIA INDIRETA DO SANTO ANTÔNIO (escala 1:250.000).

### 3.1. INTRODUÇÃO

A cartografia hidrogeológica é reconhecida como ferramenta útil no planejamento, desenvolvimento, assim como na gestão e proteção ambiental de quase todos os países do mundo. Conseqüentemente, há inúmeros mapas hidrogeológicos disponíveis que variam no modo de apresentação, principalmente, conforme a escala, finalidade e usuários alvo. Como exemplo pode-se citar o mapa hidrogeológico delimitando áreas de proteção específicas das águas subterrâneas na Dinamarca, devido a importância e a grande utilização desse recurso natural naquele país (Thomsen *et al.*, 2004). A legenda internacional da UNESCO define mapas hidrogeológicos como mapas nos quais são apresentadas as extensões dos aquíferos junto com quaisquer feições de caráter geológico, hidrogeológico, meteorológico e hidrológico de superfície necessária para propiciar uma boa compreensão da ocorrência de água subterrânea (Mente, no prelo).

Dessa forma, assim como no relatório do empreendimento Jirau, o presente capítulo busca agrupar os diversos tipos de informação geológica, estrutural e hidrogeológica em dois mapas hidrogeológicos básicos nas áreas de influência direta e de influência indireta compreendidas no entorno do empreendimento Santo Antônio. Além de, obter as áreas naturalmente vulneráveis à alteração da qualidade das águas subterrâneas, através da atividade antrópica; parâmetro este ilustrado nos dois mapas de vulnerabilidade natural das águas subterrâneas, apresentados da mesma forma para as áreas de influência direta e indireta do empreendimento Santo Antônio.

### 3.2. METODOLOGIA

No mapeamento hidrogeológico das áreas de influência direta e indireta das UHE's do Rio Madeira foi adotada a metodologia implementada por Mente *et al.* (1989), para mapas de pequena escala (1:1.000.000 ou maior), mapas de média escala (1:200.000 ou maior) e mapas de grande escala (1:200.000 ou menor). Esse método é uma evolução do modelo proposto para a uniformização internacional de legendas para mapas hidrogeológicos (ANON, 1970). Nos produtos gerados são apresentadas as extensões dos aquíferos, junto com feições de caráter geológico, hidrogeológico e hidrológico de superfície necessária para propiciar uma boa compreensão da ocorrência da água subterrânea.

O mapeamento foi realizado de acordo com o contrato estabelecido com FURNAS em duas escalas de trabalho, cujos produtos são um Mapa Hidrogeológico Geral (1:250.000), na área

de influência indireta do entorno Santo Antônio, baseando-se em dados bibliográficos e investigações de campo; e o Mapa Hidrogeológico Específico, em escala 1:100.000 em sua área de influência direta, baseando-se principalmente no levantamento de campo realizado; sendo útil para o planejamento e a condução dos impactos humanos gerados no regime hídrico local, utilizando dados quantitativos e qualitativos (Mente *et al.*, 1989).

De acordo com a metodologia adotada, os aquíferos investigados foram divididos em dois grupos: o primeiro constituído por aquíferos intergranulares e o segundo por aquíferos fissurais. Nos aquíferos intergranulares, a capacidade de armazenamento e circulação de água é função da porosidade das rochas sedimentares e dos sedimentos quaternários. No caso dos aquíferos fraturados, a propriedade de armazenamento e circulação da água depende exclusivamente da existência de juntas e fraturas abertas assim como da interconexão entre as mesmas.

Os aquíferos intergranulares identificados que abrangem extensas áreas e apresentam elevada produtividade são apresentados na cor azul escuro; os aquíferos granulares com produtividade local ou descontínuos ou extensos com moderada produtividade são apresentados na coloração azul claro. Os aquíferos fissurais extensos que apresentam considerável produtividade são apresentados na coloração verde escuro; os aquíferos produtivos locais ou descontínuos ou extensos e que apresentam baixa produtividade são apresentados na cor verde clara.

Aquíferos intergranulares, porém, com um elevado grau de cimentação, fator este prejudicial para sua capacidade de armazenamento de água, armazenam água em função predominante do seu grau de fraturamento, sendo classificados desta forma como aquíferos intergranulares/fissurais, sendo concebida uma coloração azul esverdeada para essa unidade.

Os aquícludes, ou seja, unidades geológicas com alguma capacidade de armazenar água, no entanto, com baixíssimos valores de transmissividade são representadas pela cor marrom escura. Os aquífugos, por sua vez, que são unidades geológicas com baixíssima ou nenhuma capacidade de armazenamento de água, foram representados com a cor marrom clara.

Além do mapeamento hidrogeológico, foi produzido ainda, o mapa de vulnerabilidade natural das águas subterrâneas à contaminação nas áreas de influência direta e indireta do empreendimento Santo Antônio. Esse produto deverá ser utilizado durante o processo de remobilização dos moradores das localidades afetadas pela inundação; uma vez que, este mapa temático permite indicar os locais mais propícios para a criação de novos assentamentos urbanos, onde o impacto sobre a qualidade das águas subterrâneas será menor, favorecendo desta forma a qualidade de vida da população local.

A metodologia adotada para esta segunda modalidade temática foi o modelo GOD, desenvolvido por Foster & Hirata (1993) onde cada letra representa um parâmetro a ser avaliado; sendo "G" (Groundwater occurrence) o tipo de ocorrência da água subterrânea; "O" (*Overall litology of aquiperm*) o litotipo da zona não saturada e "D" (*depth of water*) a profundidade do nível estático. Esses três parâmetros são multiplicados entre si, gerando o índice final de vulnerabilidade para o aquífero. A figura 3.1 ilustra os parâmetros citados e os índices de vulnerabilidade correspondentes. As modificações introduzidas estão relacionadas à profundidade do nível estático, cujos níveis foram mais bem adaptados para a realidade local, assim como os valores dos sedimentos que constituem a zona não saturada.

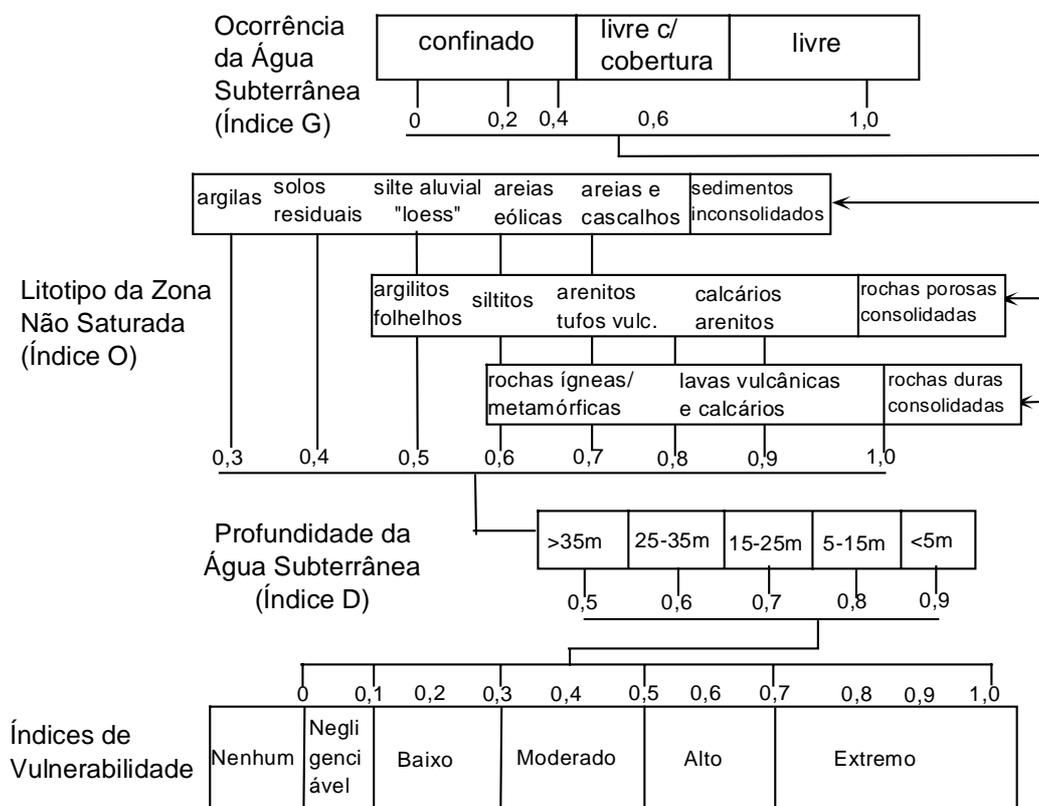


Figura 3.1 - Parâmetros utilizados na avaliação da vulnerabilidade natural de um aquífero através do método GOD (Modificado de Foster & Hirata 1993).

### **3.3. RECURSOS HÍDRICOS**

#### **3.3.1. Hidrologia**

A bacia hidrográfica do Rio Madeira possui uma área de  $1,37 \times 10^6$  km<sup>2</sup> sendo a mais importante entre os tributários do Rio Amazonas, representando 23% da totalidade da bacia amazônica. Seus principais afluentes são os rios Beni, Madre de Dios e Mamoré, provenientes da Cordilheira Oriental do Peru e Bolívia, além do Guaporé (Guyot, 1993 *apud* Marques & Adamy, 2000).

O Rio Madeira nasce junto a Vila Nova, correndo para norte por aproximadamente 80 km até receber o Rio Abunã; então, seu curso inflecte para nordeste, seguindo nessa direção até sua foz no Rio Amazonas.

#### **3.3.2. Hidrogeologia**

As informações relativas a poços tubulares na região investigada são bastante incompletas, tratando principalmente de dados como profundidade e vazão de exploração, não havendo informações sobre perfis litológicos, testes de bombeamento e capacidade específica dos poços (Morais, 1998). Na sede do município de Porto Velho, apesar do grande número de poços perfurados, estes se encontram mal distribuídos ao longo do principal aquífero que os abastece, além do mais, muitas das informações dos perfis litológicos são pobres em qualidade técnica (Campos, 1999).

Para serem obtidos dados geológicos/hidrogeológicos relativos aos principais sistemas aquíferos da região foi realizada uma campanha de campo onde se cadastrou diversos poços cacimba ao longo da BR-364 até a localidade de Jaciparaná, assim como na margem esquerda do rio Madeira ao longo dos ramais da Jatuarana e Morrinhos. Os poços cadastrados, assim como suas principais informações relacionadas encontram-se ilustrados na tabela 3.1.

##### **3.3.2.1. Sistemas Aquíferos**

Um sistema aquífero é definido por um conjunto de características geométricas (forma, limites, contatos, etc.) e físicas (transmissividade, permeabilidade, coeficiente de armazenamento, etc.). Os sistemas aquíferos da área investigada foram definidos tendo como base a litologia, a estrutura e a permeabilidade (tipo e ordem de grandeza). A partir da definição

da estrutura de cada sistema aquífero e de seus limites, baseada no comportamento hidrogeológico das litologias predominantes, obteve-se uma compartimentação hidrolitológica entre diversos aquíferos intergranulares e aquíferos fissurais.

### **3.4. VULNERABILIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS**

O conceito inicial de vulnerabilidade das águas subterrâneas foi originalmente definido na França por Margat (*apud Vrba & Zoporozec, 1994*) e o termo tem sido quase sempre relacionado à contaminação de aquíferos.

A idéia de descrever diversos graus de vulnerabilidade das águas subterrâneas em relação a cargas contaminantes, como função das condições hidrogeológicas locais, através de mapas, foi concebida como um esforço em criar consciência do perigo da contaminação desse recurso natural; pois a visualização fornecida pelos mapas provou ser a maneira mais eficiente de ilustrar as informações de uma área (Melo Junior, 2002).

Apesar do conceito de vulnerabilidade ter sido desenvolvido há mais de três décadas, ainda não há um consenso no que diz respeito ao seu conhecimento e aceitação (Melo Junior, 2002). Uma das primeiras definições encontradas na literatura é a de Albinet & Margat (*apud Vrba & Zoporozec, 1994*). Segundo esses autores, a vulnerabilidade de um aquífero seria a possibilidade de percolação e difusão de contaminantes superficiais nos níveis freáticos, sob condições naturais. Por sua vez, Olmer & Rézac (*apud Vrba & Zoporozec, 1994*) sugeriram que a vulnerabilidade das águas subterrâneas seria “o grau de risco, determinado pelas condições naturais, independente das fontes de poluição presentes”. Segundo os autores, a vulnerabilidade na zona não saturada depende da permeabilidade vertical enquanto que, no aquífero, depende do gradiente hidráulico e da velocidade do fluxo subterrâneo.

Villumsen *et al.* (*apud Vrba & Zoporozec, 1994*) classificaram como vulnerabilidade das águas subterrâneas “o risco de substâncias químicas usadas ou dispostas sobre ou próximo à superfície do terreno influenciarem a qualidade das águas subterrâneas”.

Foster (1987) apresentou uma definição baseada no risco de contaminação das águas subterrâneas, considerando a interação entre a vulnerabilidade natural de um aquífero e a carga contaminante que é, ou será, aplicada ao ambiente como resultado da atividade humana. O autor utilizou o termo “vulnerabilidade à poluição do aquífero” para representar as características intrínsecas que determinam a sensibilidade de várias partes de um aquífero a ser adversamente afetado por uma carga contaminante.

### **3.5. TRABALHOS EXECUTADOS**

Durante a campanha de campo do empreendimento Santo Antônio foram cadastrados cerca de sessenta poços do tipo cacimba além de uma nascente natural de água subterrânea nas margens do rio Madeira, mais precisamente, na cachoeira do Teotônio, assim como; a caracterização dos principais litotipos que constituem os aquíferos, aquícludes e aquífugos da região.

O cadastramento dos poços tipo cacimba ou amazonas consistiu na sua localização geográfica através de equipamento GPS, da obtenção do nível estático através de medidor de nível e da tentativa de obter o perfil geológico aproximado do material retirado durante a construção do poço. Todos os dados levantados durante o cadastro dos poços encontram-se na tabela 3.1.

A caracterização dos litotipos consistiu em identificar as estruturas geradas nas rochas capazes de armazenar água, como fraturas, cavernas, dolinas, assim como avaliar suas dimensões e seu grau de penetração em subsuperfície.

#### **3.5.1. Sistemas Hidrogeológicos**

Os sistemas hidrogeológicos correspondem à relação entre os sistemas aquíferos e as unidades litoestratigráficas, ou seja, as diversas unidades geológicas que apresentam as mesmas características hidráulicas e capacidade de armazenamento de água. Os principais sistemas hidrogeológicos intergranulares e fissurais das áreas de influência direta e indireta do empreendimento Santo Antônio foram compartimentados em: Aquíferos Intergranulares Descontínuos Livres (Aidl); Aquíferos Intergranulares Descontínuos Livres a Semiconfinados (Aidlsc); Aquíferos Intergranulares/Fraturados Contínuos, Livres (Aifcl); Aquíferos Fraturados Descontínuos, Livres (Afdl); Aquíferos Locais Restritos as Zonas Fraturadas (Alrzf); Aquícludes (Aqc) e Aquífugos (Aqg).

Poço	UTM N	UTM E	Proprietário	Endereço	NE (m)	Profundidade (m)	CE (mS/cm)
41	9031516	393279		Início Estr. Jatuarana	5,90		19,62
42	9031506	390836		Estr. Jatuarana	1,95	9,00	56,10
43	9031571	389770		Estr. Jatuarana	3,30	40,00	31,60
44	9031516	385678		Estr. Jatuarana	1,70		26,30
45	9030411	381461	Restaurante da D. Francisca	Estr. Jatuarana	7,90	14,00	69,60
46	9028330	379480	Fazenda c/ barragem Poço Enterrado	Estr. Jatuarana			
47	9026863	378243		Estr. Jatuarana	3,50	12,00	109,10
48	9022949	373819		Estr. Jatuarana	10,30	12,00	26,40
49	9019354	370141		Estr. Jatuarana	0,30		57,10
50	9017826	369735	Escola Bela Vista	Estr. Jatuarana	0,20	48,00	59,90
51	9012192	368083		Estr. Jatuarana	8,30	11,00	9,46
52	9010427	364097			0,30	8,00	29,00
53	9012692	361664	Maria da Conceição Cabral		0,40	9,00	28,80
54	9007792	360920	Francisco de Araújo		1,60	2,50	29,70
55	9006866	351899	D. Germania		1,70	6,00	
56	9005122	350686	Ismael dos Santos		2,60	4,10	81,90
57	9004093	351367	Maria das Graças		10,10	12,00	109,00
58	9023058	396697	UNIR	BR-364 Km 10			154,60
59	9016233	394462	Valdino Santo Coelho	BR-364	5,00	8,00	24,00
60	9015173	394032			2,60	8,00	39,80
61	9008549	389781	Antenor Mariano	BR-364	1,86	4,00	45,30
62	8996935	384188	Florinda Macedo	Escola na BR-364	10,20	12,00	17,19
63	8992681	378223	Pedreira do Coelho	BR-364	3,20		58,70
64	8987046	368116	Bar da Eulália	BR-364	2,60	6,00	16,54
65	8980019	352256			2,65	5,00	40,60
66	8982418	354109			14,60		
67	8982406	358524			10,85		
68	8983222	361080	João Trajano	BR-364	5,40	13,00	118,90
69	9014870	389598	Vila Madeira Mamoré L-25	Estr. Cach. Teotônio	8,20		24,50
70	9020213	383311	Mario Ferreira Santos	Cach. Teotônio	1,40	8,00	74,30
71	9020108	383352	Rosimeire Marques Silva	Cach. Teotônio	3,26	5,00	96,10
72	9019894	383528	Nascente	Falésia na margem do rio Madeira			7,35
R1	9027922	400993	Ione Souza Albina	Rua Júpiter 2762	1,81		49,70
R2	9027948	401086	Lucenira Barroso da Silva	Rua Júpiter 2872	8,0		19,50
R3	9028008	401214	Rizaldo Ferreira Da Silva	Rua Júpiter 3021	13,17		185,50
R4	9028060	401280	Lídia de Abreu Monteiro	Rua Júpiter 3101	13,34		164,30
R5	9028152	401392	Antônio luz Máximo	Rua Júpiter 3241	13,30		67,00
R6	9028232	401474	4° DP - semi-artesiano 52m	Rua Júpiter 3311	12,80		89,20
R7	9027810	401259	Elisangela	Rua Samaumeira 2993	12,90		164,50
R8	9027810	401379	Maria Neuza nunez	Rua Samaumeira 3182	10,62		96,00
R9	9027796	401490	Elzineide Frankli lopes	Rua Samaumeira 64	12,00		96,90
R10	9027644	401628	João Miranda Morilo	Rua Angico 3390	11,60		129,60
R11	9027630	400939	Terezinha	Rua Angico 2771	57,71		289,00
R12	9027624	401305	Francisca	Rua Angico 3120	12,46		139,00
R13	9027698	400890	Oscilene	Rua Bartolomeu Pereira 2753	7,00		220,00
R14	9027708	400975	Júlia Almeida de Souza	Rua Bartolomeu Pereira 2843	7,67		182,70
R15	9027688	401383	Conceição Maria Teixeira	Rua Bartolomeu Pereira 3292	10,09		233,00
R16	9027446	401420	Emanuel Constantino	Rua Bartolomeu Pereira 3502	5,40		75,20

R17	9027548	401530	Inácio Araújo	Rua Algodoeiro 3331	6,70		116.80
R18	9027574	401354	Nair Jhone de Andrade	Rua Algodoeiro 3181	7,65		216.00
R19	9027494	400995	Ângela Passos Vieira	Rua Algodoeiro 2810	9,14		118.60
R20	9033568	400720	CPRM	Rua Lauro Sodré 2561	18,60	90	61.80

Tabela 3.1- Principais dados obtidos durante o cadastramento de poços.

### 3.6. ÁREA DE INFLUÊNCIA INDIRETA (AII)

#### 3.6.1. Mapa Hidrogeológico

O mapa hidrogeológico da Área de Influência Indireta encontra-se na escala 1:250.000, onde estão ilustradas as principais unidades armazenadoras de água subterrânea. Este mapa foi obtido de produtos pré-existentes como o mapa geológico (Scandolara *et al*, 1996) e o mapa hidrogeológico de Rondônia (Morais, 1998) sendo identificadas as seguintes unidades:

#### **Aqüíferos Intergranulares Descontínuos Livres (Aidl)**

Correspondem aos sedimentos terciários da Formação Jaciparaná compostos por terraços arenosos e sedimentos aluvionares recentes também de composição predominantemente arenosa. Esta unidade pode ser considerada como os melhores aquíferos da região.

#### **Aqüíferos Intergranulares Descontínuos Livres a Semi Confinados (Aidlsc)**

Essa unidade é representada pelos pediplanos argilo-silto arenosos da Formação Jaciparaná e sedimentos aluvionares indiscriminados. São aquíferos que devido a presença de argila não fornecem vazões semelhantes aos aquíferos intergranulares descontínuos livres.

#### **Aqüíferos Intergranulares/Fraturados Contínuos, Livres (Aifcl)**

Correspondem aos litotipos da Formação Palmeiral, compostos predominantemente por arenitos ortoquartzíticos e paraconglomerados fortemente cimentados. Essa cimentação confere um caráter de rocha cristalina a esta unidade, cuja percolação de água se dá principalmente nas fraturas e vênulas geradas pela tectônica imposta a seu arcabouço.

#### **Aqüíferos Locais Restritos as Zonas Fraturadas (Alrzf)**

Corresponde às rochas vulcânicas ácidas inseridos na Suíte Intrusiva Serra da Providência, bem como aos basaltos de composição vulcânica básica (Adamy & Romanini, 1990).

A permeabilidade desse sistema é variável, comumente baixa; no entanto, os poços que exploram estes aquíferos apresentam produtividade média maior que aqueles que exploram os aquíferos fraturados descontínuos, livres.

### **Aquíferos Fraturados Descontínuos, Livres (Afdl)**

Correspondem às fraturas abertas existentes nas rochas ortognáissicas de composição granítica do Complexo Jamari. Frequentemente estes sistemas aquíferos são ampliados pela ocorrência de uma cobertura de sedimentos coluvionares constituída por materiais detrítico argilo-arenosos, com espessura variável, podendo chegar a 40 m (Adamy & Romanini, 1990). A Suíte Intrusiva Alto Candeias assim como a Suíte Intrusiva Teotônio também compõem esse sistema aquífero, sendo composto principalmente por granitos porfiríticos de granulação média a grossa.

### **Aquíferos (Aqg)**

São caracterizadas por litotipos pouco favoráveis ao armazenamento de água subterrânea, além de apresentarem um relevo bastante acidentado (Adamy & Romanini, 1990), o que dificulta ainda mais a infiltração. Correspondem aos sills basálticos da Formação Nova Floresta. Enquadra-se ainda nesta compartimentação as coberturas detrito-lateríticas e os lateritos maduros da Formação Solimões, os lateritos imaturos mosqueados e concrecionários da Formação Jaciparaná, as rochas das Suítes Intrusivas São Lourenço-Caripunás e Rondônia, as rochas da Suíte Metamórfica Rio Crespo e finalmente, as rochas da Suíte Intrusiva Santo Antônio.

### **3.6.2. Mapeamento da Vulnerabilidade Natural das Águas Subterrâneas**

Na Área de Influência Indireta, para se caracterizar a vulnerabilidade das águas subterrâneas se utilizou o método GOD (Foster & Hirata, 1993) onde havia poços a cadastrar ou sondagens geotécnicas realizadas por FURNAS. O modelo GOD (Foster & Hirata, 1993) utiliza três parâmetros para determinar a vulnerabilidade natural das águas subterrâneas, sendo estes: O tipo de aquífero (Índice G), o litotipo da zona não saturada (Índice O) e a profundidade do nível

estático (Índice D). Para cada parâmetro é atribuído um valor que, quando multiplicados entre si, fornecem o índice de vulnerabilidade final para o aquífero investigado (Melo Junior, 2002), conforme ilustra a figura 3.1. No entanto, devido a extensão e a precária realidade da área investigada, não há dados hidrogeológicos disponíveis. Por este motivo, na determinação da vulnerabilidade natural das águas subterrâneas em regiões distantes, com ausência de poços e de difícil acesso, se utilizou somente o arcabouço geológico como base para a avaliação deste parâmetro, de acordo com Aller *et al.* (1987), que descreveram os litotipos mais vulneráveis à contaminação antrópica. Através de modelamento matemático, com o método da *Inverse Distance Weighted* (IDW) e utilizando-se o *software* ArcView 3.2 foi produzido o mapa de vulnerabilidade natural das águas subterrâneas para a Área de Influência Indireta.

Vale destacar que a utilização do litotipo como critério para definir os índices de vulnerabilidade das águas subterrâneas é uma estratégia válida, conforme descreveram Aller *et al.* (1987) para as mais diversas litologias existentes, sendo esta classificação dos aquíferos de acordo com o potencial natural à contaminação, em ordem crescente, sendo:

- a) Folhelho maciço - folhelhos acamadados espessos, argilitos ou argilas que fornecem geralmente pequenas quantidades de água através de suas fraturas, apresentam baixo potencial de contaminação, sendo este potencial relacionado diretamente ao grau de fraturamento da rocha;
- b) Rochas ígneas/metamórficas - rochas consolidadas de origem ígnea ou metamórfica com pouca ou nenhuma porosidade primária e que fornecem água somente através de suas fraturas. Geralmente apresentam baixo potencial de contaminação, estando este também ligado ao grau de fraturamento da rocha;
- c) Rochas ígneas/metamórficas intemperizadas - materiais inconsolidados, conhecidos por regolito ou saprólito, derivados do intemperismo das rochas consolidadas subjacentes e que contêm porosidade primária. Apresentam uma relação muito próxima entre o teor de argila do material e o potencial de contaminação do aquífero; logo, quanto maior a quantidade de material argiloso, menor o potencial de contaminação do aquífero;
- d) Til glacial - misturas inconsolidadas ou semi-consolidadas de cascalho, areia, silte e argila, pobremente selecionados e estratificados. Embora os tills glaciais apresentem baixa

permeabilidade, os poços construídos nesse material são tipicamente rasos, logo, mais susceptíveis à contaminação;

- e) Arenito acamadado, Calcário e Folhelho - geralmente ocorrem como seqüências de rochas sedimentares finamente acamadadas, contendo porosidade primária. O fator que mais influencia no potencial de contaminação é o grau de fraturamento das rochas;
- f) Arenito maciço - arenitos consolidados que possuem tanto porosidade primária como secundária. Apresentam o potencial de contaminação relacionado tanto ao grau de fraturamento como à porosidade primária;
- g) Calcário maciço - calcários ou dolomitos maciços compostos por espessos depósitos. Apresentam o potencial de poluição relacionado ao grau de fraturamento e ao volume de cavidades de dissolução no calcário;
- h) Areia e cascalho - misturas inconsolidadas de areia e cascalho com pequenas quantidades de material fino, sendo conhecidos como limpos. Em geral, quanto menos limpos e mais grosseiro o aquífero, maior será o potencial de contaminação;
- i) Basalto - nesse tipo de rocha ígnea extrusiva, com planos de acamamento, fraturas e porosidade vesicular, o potencial de poluição é influenciado pela quantidade de aberturas interconectadas presentes no material do fluxo da lava;
- j) Calcário cárstico - o calcário consolidado é dissolvido ao ponto que cavidades largas, abertas e interconectadas encontram-se presentes, além de fraturas. Nesse caso, o potencial de contaminação é muito elevado;

Foram identificados, portanto, índices de vulnerabilidade altos a extremamente altos na porção noroeste da AII do empreendimento Santo Antônio entre as localidades de Jirau e Jaciparaná, assim como na margem esquerda do rio Madeira e em sua porção extremo nordeste onde se localizam os poços 43, 44 e 46 ao longo da estrada da Jatuarana, através do modelo GOD (Foster e Hirata, 1993). Baseado no arcabouço geológico também foram identificados índices altos de vulnerabilidade na porção centro nordeste e centro sul da AII Santo Antônio (Anexo III.4).

### **3.7. ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA (AID)**

#### **3.7.1. Mapa Hidrogeológico**

O mapa hidrogeológico da Área de Influência Direta do empreendimento Santo Antônio está apresentado na escala 1:100.000, onde se delinea as principais unidades armazenadoras de água subterrânea. Este mapa foi elaborado principalmente através do levantamento de campo realizado, quando foram identificados os litotipos, assim como as principais estruturas capazes de armazenar água nas rochas, além do cadastramento de poços amazonas, os quais nos permitiram identificar as seguintes unidades hidrogeológicas:

#### **Aqüíferos Intergranulares Descontínuos Livres (Aidl)**

Essa unidade corresponde aos sedimentos quaternários arenosos inconsolidados e aos depósitos da Formação Jaciparaná constituídos por terraços arenosos, todos com origem aluvionar (Figura 3.3). Estes sedimentos mal selecionados apresentam granulometria variando de cascalho a argila, com caráter inconsolidado a pouco consolidado. Esse sistema aquífero ocorre de forma mais ampla na margem esquerda do rio Madeira, desde a proximidade da cachoeira do Santo Antônio até logo após a cachoeira Morrinhos, apresentando forma alongada com sentido NE-SW. Ocorre ainda na margem direita do mesmo rio ao longo de uma parte da BR-364 entre a sede do município de Porto Velho e a vila de Jaciparaná (Anexo III.1). Este sistema aquífero é o principal responsável pelo abastecimento de água da população local, tanto na zona urbana como na zona rural de Porto Velho; sendo que em ambas, se dá através, principalmente, de poços amazonas. De uma maneira geral, esse sistema aquífero apresenta as melhores vazões da área investigada, no entanto, nos únicos poços onde os proprietários possuíam este tipo de dado, esta se encontra limitada entre 0,5 a 1,3 m<sup>3</sup>/h, o que deve se dar principalmente em função da precariedade do equipamento de bombeamento utilizado (Figura 3.2).



Figura 3.2 - Poço cacimba com precário sistema de bombeamento cadastrado na vila de Jaciparaná.



Figura 3.3 - Sedimentos areno-argilosos da Formação Jaciparaná, que compõem o sistema aquífero intergranular descontínuo livre.

### **Aqüíferos Intergranulares Descontínuos, Livres a Semiconfinados (Aidlsc)**

Na AID do Santo Antônio correspondem aos sedimentos da Formação Jaciparaná compostos principalmente por pediplanos argilo-siltosos com areia assim como a sedimentos aluvionares indiscriminados. Os sedimentos variam de areia fina a média por vezes conglomeráticas com algum teor de argila. sendo geralmente cobertos por uma camada argilosa ou silto-argilosa, o que lhes confere o caráter de semi-confinamento. Localiza-se principalmente na margem direita do rio Madeira e em um trecho da parte sul da área de influência direta à margem esquerda do rio Madeira, como pode ser observado no mapa hidrogeológico do anexo III.1.

### **Aqüíferos Intergranulares/Fraturados Contínuos, Livres (Aifcl)**

Correspondem aos litotipos da Formação Palmeiral, compostos predominantemente por paraconglomerados fortemente cimentados por matriz arcoseana bastante silicática. Essa cimentação confere um caráter de rocha cristalina a esta unidade, cuja percolação de água se dá principalmente nas fraturas e vênulas geradas pela tectônica imposta a seu arcabouço. Ocorre principalmente na margem direita do rio Madeira ao longo da BR-364 na porção sul da AID, após a vila de Jaciparaná (Figura 3.4).



Figura 3.4 – Conglomerados centimétricos a decimétricos da Formação Palmeiral com cimentação silicática que constituem os Aqüíferos Intergranulares/Fraturados Contínuos, Livres.

### **Aqüíferos Fraturados Descontínuos Livres (Afdl)**

Essa unidade corresponde às fraturas abertas existentes nas rochas de composição granítica da Suíte Intrusiva Teotônio (Figura 3.5). Frequentemente estes sistemas aquíferos são ampliados pela ocorrência de uma cobertura de sedimentos coluvionares constituída por materiais detrítico argilo-arenosos, com espessura variável, podendo chegar a dezenas de metros (Adamy & Romanini, 1990). Sua ocorrência se dá principalmente na região da cachoeira do Teotônio, em ambas as margens do rio Madeira.



Figura 3.5 - Detalhe da fratura em litotipo de composição granítica que compõe os Aqüíferos Fraturados Descontínuos, Livres.

### **Aqüíferos Locais Restritos as Zonas Fraturadas (Alrzf)**

Corresponde às rochas graníticas inseridas na Suíte Intrusiva Serra da Providência (Adamy & Romanini, 1990).

A permeabilidade desse sistema é variável, comumente baixa, tendo sido identificadas rochas graníticas com baixo grau de fraturamento cujas fraturas encontram-se seladas por veios de quartzo leitoso. Esse é o sistema aquífero menos extenso na área estudada e o que apresenta menor potencial para armazenamento e transmissividade de água, a recarga é feita de maneira direta pela precipitação pluviométrica, ou através da saturação de seu manto de intemperismo, localmente identificado. Ocorre principalmente na margem esquerda do rio Madeira (Figura 3.6).

## Aqüicludes (Aqc)

Corresponde a litologias porosas, mas não permeáveis, incapazes de ceder água economicamente a obras de captação, devido estar contida no meio por forças moleculares, onde enquadram-se os sedimentos aluvionares compostos por argila (Figura 3.7). Sua maior ocorrência é uma ilha localizada no leito do rio Madeira.

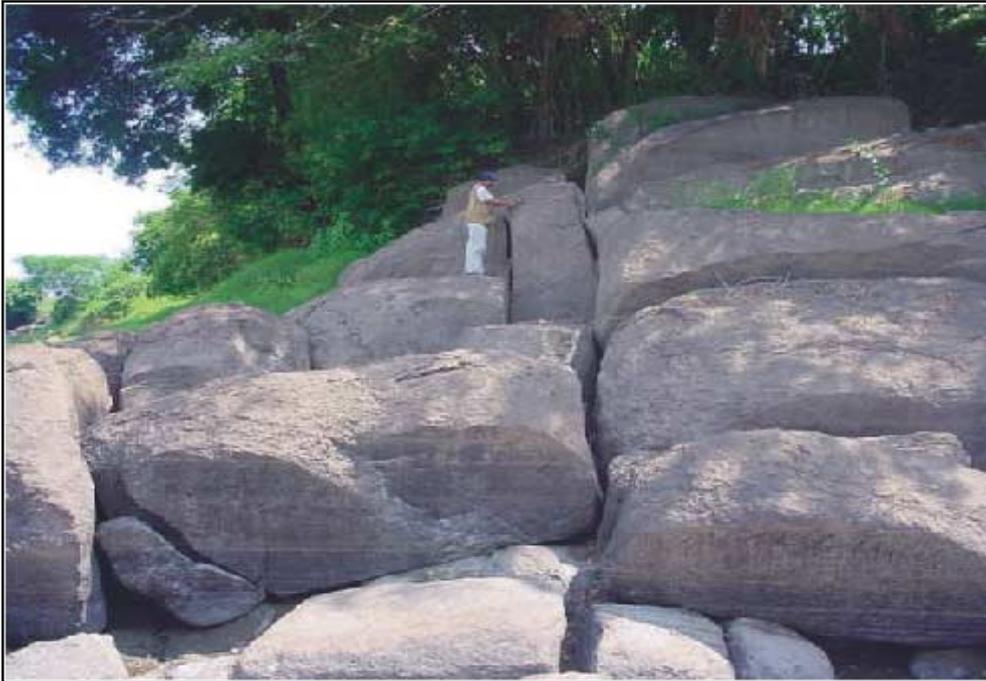


Figura 3.6 - Rochas graníticas da Suíte Intrusiva Rondônia que constituem os Aqüíferos Locais Restritos às Zonas Fraturadas na margem esquerda do rio Madeira.



Figura 3.7 - Gretas de dissecação em sedimentos argilosos classificados como aqüicludes, localizados em uma praia no leito do rio Madeira.

## Aqüíferos (Aqg)

São caracterizadas por litotipos com pouca ou nenhuma favorabilidade ao armazenamento de água subterrânea. Corresponde às ocorrências de coberturas detrito lateríticas. Enquadra-se ainda nesta compartimentação os lateritos imaturos mosqueados e concrecionários da Formação Jaciparaná, as rochas das Suítes Intrusivas São Lourenço-Caripunas, Rondônia e Santo Antônio, e, finalmente, aos lateritos maduros da Formação Solimões.

### 3.7.2. Mapeamento da Vulnerabilidade Natural das Águas Subterrâneas

Assim como na área de influência indireta, foi aplicado na área de influência direta do empreendimento Santo Antônio o modelo GOD, desenvolvido por Foster & Hirata (1993) para determinar a vulnerabilidade natural das águas subterrâneas à contaminação; conforme delineado no item 3.7.1 deste capítulo nos locais onde foi possível obter os dados aplicados no método. Nas regiões sem acesso e onde não se foi possível obter os dados necessários, se utilizou, conforme Aller *et al.* (1987) o arcabouço geológico como instrumento de proteção natural às águas subterrâneas.

Na área de influência direta, o tipo de aquífero (Índice G), o litotipo da zona não saturada (Índice O) e a profundidade do nível estático (Índice D) foram identificados ao longo da BR-364 e na vila de Jaciparaná, assim como na margem esquerda do rio Madeira, através do cadastramento dos poços amazonas; nas regiões desabitadas adotou-se o mesmo procedimento da área de influência indireta para os índices G e O, ou seja, através da unidade geológica identificada no local, uma vez que, não foi possível realizar sondagens ao longo de uma área tão extensa. Desta forma, os índices de vulnerabilidade finais também foram obtidos através de modelamento matemático, por meio do método de *Inverse Distance Weighted*, utilizando-se o *software* ArcView 3.2.

Assim sendo, foram identificados índices de vulnerabilidade altos a extremamente altos na Área de Influência Direta do Santo Antônio nas seguintes regiões:

- a) onde se localizam os poços 43, 45, 46 e 51 na porção nordeste da área, à margem esquerda do rio Madeira, mais precisamente na estrada da Jatuarana, com base no método GOD (Foster & Hirata, 1993);

- b) na margem esquerda do rio Madeira na região localizada entre a vila de Jaciparaná e a localidade do Jirau, baseado na geologia local, composta por pediplanos argilo-silto-arenosos da Formação Jaciparaná e que constituem o Aquífero Intergranular Descontínuo Livre a Semi-Confinado.

### **3.8. Qualidade das Águas Subterrâneas**

A água subterrânea apresenta geralmente excelente qualidade física e química, sendo apta para o consumo humano, muitas vezes sem tratamento prévio. A contaminação ocorre quando alguma alteração na água coloca em risco a saúde ou o bem estar de uma população (Teixeira *et al*, 2003).

Entre os compostos inorgânicos, o nitrato é o contaminante de ocorrência mais ampla em aquíferos. As fontes mais comuns deste contaminante são os sistemas de saneamento *in situ* (fossas e latrinas) e a aplicação de fertilizantes nitrogenados na agricultura. A grande preocupação ambiental associada ao nitrato está no fato dessa substância possuir grande mobilidade e persistência em condições aeróbicas (Teixeira *et al*, 2003).

Sistemas *in situ* de esgotamento sanitário, como fossas sépticas, latrinas, fossas ventiladas e secas, entre outras são adequadas para a disposição de efluentes domésticos em zonas rurais, vilas e pequenas cidades a um custo bastante reduzido, comparativamente a redes de esgoto e estações de tratamento de efluentes. No entanto, os efluentes domésticos possuem elevadas concentrações em carbono orgânico, cloreto, nitrogênio, sódio, magnésio, sulfato e alguns metais, incluindo ferro, zinco e cobre, além de concentrações variadas de microorganismos patogênicos (Teixeira *et al*, 2003).

Os compostos nitrogenados nos dejetos humanos podem causar uma persistente e extensa contaminação em aquíferos livres em zonas urbanas e peri-urbanas. Por exemplo, uma área de densidade populacional de 20 pessoas por hectare pode gerar uma carga de 100 kg/hab/ano de nitrogênio, que, se oxidado por 100 mm/ano de infiltração da água da chuva, poderia resultar em uma recarga local ao aquífero de 100 mg/l de nitrato, ou seja, quase 10 vezes maior que o padrão de potabilidade aceito pelo Ministério da Saúde. Este exemplo demonstra que áreas sem rede de esgoto, mesmo em climas bastante úmidos, podem ser alvos de contaminações significativas (Teixeira *et al*, 2003).

Um dos grandes problemas que a região amazônica apresenta são os índices de saneamento básico nas áreas urbanas de suas diversas cidades (Maia Neto, 1998). Isso provoca a disseminação de fossas sanitárias para a destinação dos esgotos domésticos e a perfuração de

poços tubulares e cacimba para abastecimento d'água. Esta conjuntura tem propiciado freqüentemente a contaminação das águas subterrâneas consumida pela população por dejetos provenientes do saneamento *in situ* (Campos, 2003).

Ao longo dos últimos anos, o Serviço Geológico do Brasil, vêm desenvolvendo estudos na região Amazônica visando identificar os principais aspectos hidrogeológicos regionais a fim de caracterizar as águas subterrâneas quanto à sua qualidade para o consumo humano (Campos, 2003). Estes estudos vêm sendo dirigidos através da identificação de valores de condutividade elétrica, uma vez que, esta propriedade apresenta uma correlação direta com íons de nitrato e cloreto (Ferreira & Hirata, 1993).

A introdução de sais e outros elementos nas águas subterrâneas através de fossas sanitárias *in situ* permite com que a condutividade elétrica se transforme em um ótimo parâmetro indicativo da contaminação deste recurso natural, principalmente pelo fato de elementos como nitrato e cloreto serem altamente conservativos na zona saturada (Feitosa & Manoel Filho, 2000). O problema identificado para este tipo de contaminação consiste no fato de que, o nitrato como produto final do ciclo do nitrogênio possui uma relação comprovada com doenças como cianose em recém-nascidos, causando alterações na composição sanguínea dando à pele uma coloração azulada; além de estimular a produção de nitrosaminas pelo estômago (Feitosa & Manoel Filho, 2000) e acumular-se na bexiga através de seu consumo prolongado (Weyer *et al.* 2003) podendo levar ao desenvolvimento de um câncer.

Durante o mapeamento hidrogeológico e da vulnerabilidade natural das águas subterrâneas à contaminação na área estudada, foram coletadas amostras de água nos poços amazonas cadastrados e nas nascentes, às margens do rio Madeira, para avaliar-se a condutividade elétrica da água subterrânea, a fim de, mais uma vez, utilizar-se essa ferramenta como um indicativo da contaminação causada pelo saneamento *in situ* (Figuras 3.8 e 3.9). Como foi possível observar no poço 49 localizado na Escola Bela Vista, ramal do Jatuarana, onde a fossa sanitária (Figura 3.7) encontra-se repleta de dejetos humanos e o nível estático encontra-se a somente 0,20 m da superfície do terreno, além do que, o poço 49 (Figura 3.6) encontra-se a cerca de 15 metros de distância da fossa.

Os valores obtidos para a condutividade elétrica da água subterrânea foram elevados, com média de 86,13  $\mu\text{S}/\text{cm}$  e valores máximos e mínimos de 289,00  $\mu\text{S}/\text{cm}$  e 7,35  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , respectivamente (Figura 3.10). Sendo que, 32,26% das amostras analisadas apresentaram valores superiores a 50  $\mu\text{S}/\text{cm}$  e 30,65% encontram-se com valores acima de 100  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . O *background* regional da condutividade elétrica das águas subterrâneas do município de Porto Velho encontra-se em torno de 30  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , segundo Campos *et al.* (2004). Portanto, considera-se que os valores

anômalos identificados já sejam um forte indicativo da alteração da qualidade das águas subterrâneas.



Figura 3.8 - Poço semi-artesiano responsável pelo abastecimento da Escola Bela Vista, localizado a cerca de 15 m de distância da fossa sanitária.



Figura 3.9 - Fossa sanitária localizada no quintal da Escola Bela Vista, ramal da Jatuarana.

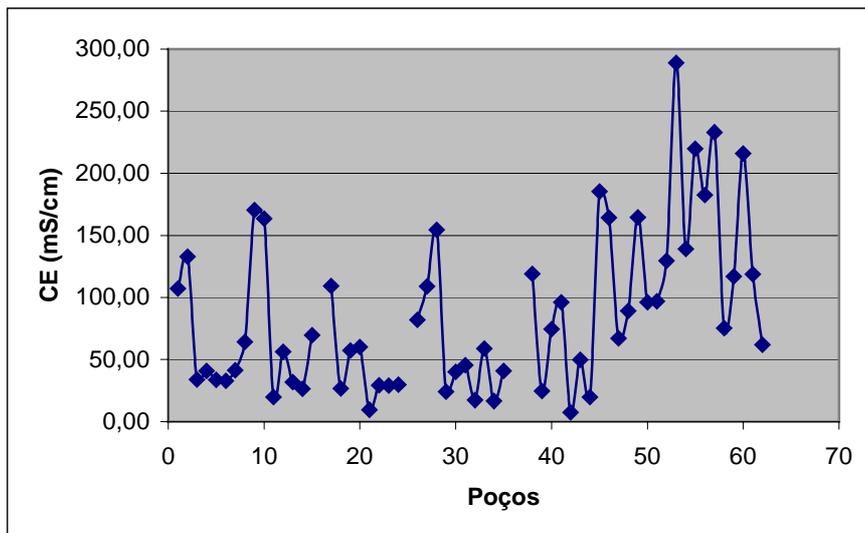


Figura 3.10 - Valores de condutividade elétrica, obtidos nas águas subterrâneas na área de influência do empreendimento Santo Antônio.

### 3.8.1 - Análise Físico-Química das Amostras de Água Subterrânea na AID

Para avaliar a qualidade das águas subterrâneas na AID do empreendimento Santo Antônio, as amostras coletadas foram enviadas para o AGROLAB - Análise Ambientais, laboratório certificado para este tipo de análise. De um total de 62 pontos d'água cadastrados foram analisadas 28 amostras de águas subterrâneas, cujos parâmetros físicos avaliados foram alcalinidade de carbonatos e bicarbonatos, cor, pH, turbidez, condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos e dureza total; enquanto que, os parâmetros químicos investigados correspondem ao cálcio, sódio, magnésio, potássio, sulfato, cloreto, nitrato, nitrito, amônia, bicarbonato e ferro total.

De acordo com o laudo da AGROLAB em anexo, todos os poços cadastrados se apresentaram dentro dos limites físico-químicos de potabilidade segundo a Portaria 518/04 do Ministério da Saúde.

O principal objetivo de se avaliar a qualidade das águas subterrâneas na AID além de se obter o *background* regional da condutividade elétrica e dos parâmetros investigados foi observar a influência antrópica nesse recurso natural de extrema importância, e, amplamente explorado através de poços cacimba e semi-artesianos.

De acordo com o exposto anteriormente, focou-se a questão da qualidade das águas subterrâneas nas concentrações dos elementos nitrato e cloreto; além de observar-se a sua relação direta com a condutividade elétrica e a saúde da população envolvida.

Segundo os resultados das análises físico-químicas, verificou-se que os teores de cloreto encontram-se abaixo do limite estabelecido pela portaria 518/2004 do Ministério da Saúde. Sendo que, os valores máximo e mínimo de cloreto encontrado para as amostras de água subterrânea foram de 51 mg/L e 1,0 mg/L, respectivamente, nos poços R13 e 04; com média de 16,70 mg/L, conforme ilustra a figura 3.11.

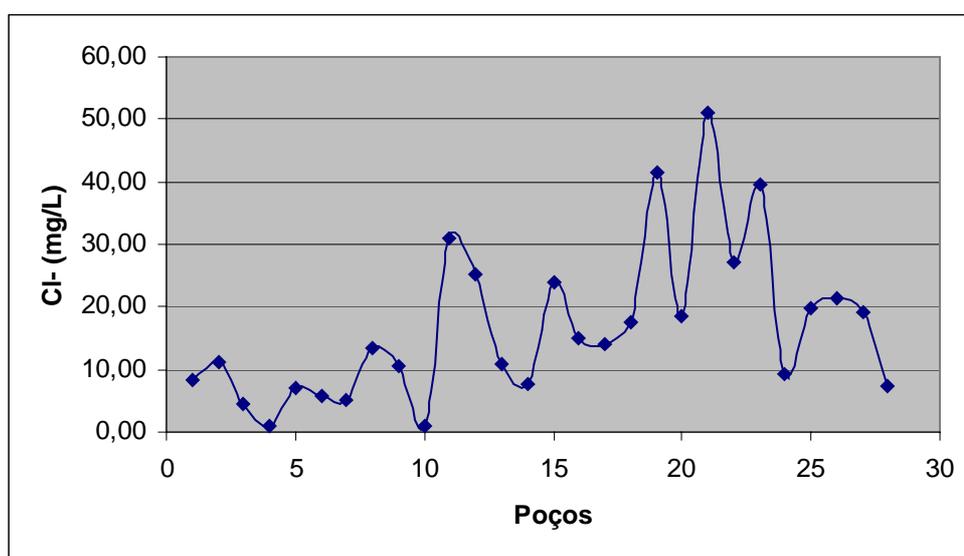


Figura 3.11 - Teores de cloreto obtidos nas amostras de águas subterrâneas na área de influência do empreendimento Santo Antônio.

De acordo com o que foi observado por autores como Campos (2003) nos municípios de Campo Novo, Buritis, Mirante da Serra e as localidades de Extrema e Nova Califórnia em Rondônia, assim como em Boa Vista (RR), e Campos *et al.* (2004) na sede do município de Porto Velho (RO), verificou-se uma correlação direta entre os íons cloreto e a condutividade elétrica das águas subterrâneas na AID do empreendimento Santo Antônio, conforme ilustra a figura 3.12, onde obteve-se um coeficiente superior a 85% ente os parâmetros investigados.

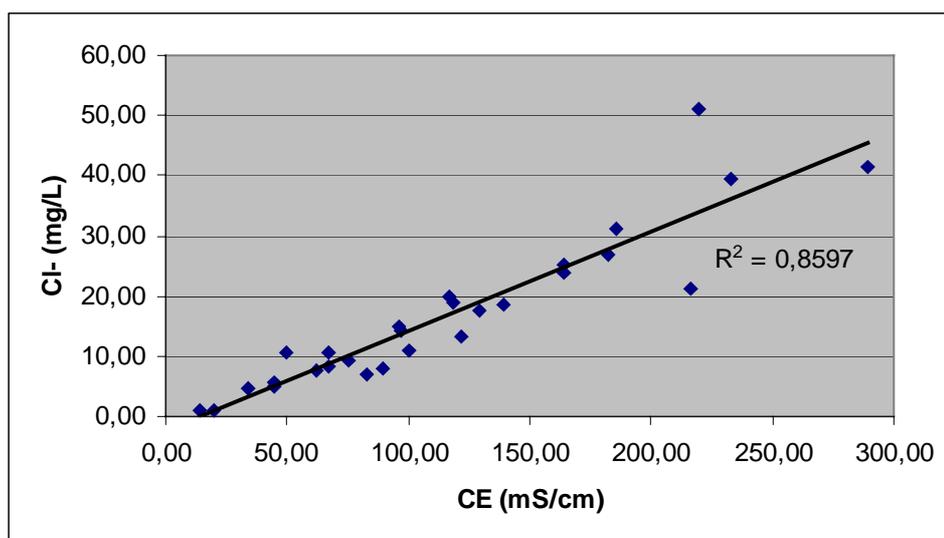


Figura 3.12 - Gráfico de correlação entre a condutividade elétrica e os íons cloreto na AID do empreendimento Santo Antônio.

Conforme mencionado anteriormente, o nitrato é o contaminante de maior ocorrência em aquíferos, quer em zonas rurais quer em zonas urbanas, estando diretamente relacionado à atividade agrícola, devido à intensa aplicação de fertilizantes ou devido o uso de fossas negras como alternativa para a falta de um sistema de coleta e tratamento de esgoto. Por este motivo, nossa atenção se concentrou na identificação e avaliação da presença deste elemento nas águas subterrâneas da área investigada, com o intuito de se considerar se a presença de fossas negras mal construídas é uma fonte real de contaminação, nos principais aglomerados populacionais da área investigada.

De acordo com o resultado da análise química das amostras investigadas, os teores de nitrato nas águas subterrâneas variaram entre 0,20 mg/L de  $\text{NO}_3/\text{N}$  nos poços R2 e 10 e 8,0 mg/L de  $\text{NO}_3/\text{N}$  no poço R11 (Figura 3.13). Verificou-se que, 17 amostras de um universo de 28 analisadas, o que representa 60,71% do total, apresentaram teores de nitrato acima de 3,0 mg/L de  $\text{NO}_3/\text{N}$ , o que segundo a *Environmental Protection Agency* (1996) dos Estados Unidos já é um indicativo da influência antrópica na qualidade das águas subterrâneas. De acordo com o Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS, 1993), os níveis esperados de nitrato em águas subterrâneas não poluídas devem estar abaixo de 1 mg/L. O USGS (1993) realizou um estudo comparativo em 344 pontos espalhados em todo o território americano, onde observou que, 80% dos pontos investigados apresentaram teores de nitrato abaixo de 1 mg/L, 16% entre 1 a 3 mg/L e 4% encontravam-se acima de 3 mg/L; sendo que, dos locais investigados cujos teores de nitrato se apresentaram acima de 1 mg/L, 30% se encontravam em áreas urbanas e 40% em zonas rurais.

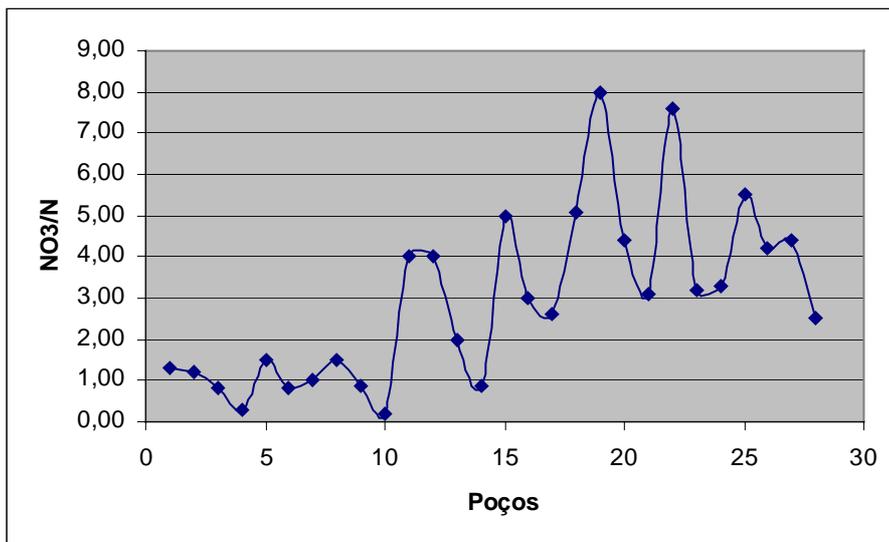


Figura 3.13 - Teores de nitrato obtidos nas amostras de águas subterrâneas da área de influência do empreendimento Santo Antônio.

Não foi observada uma relação tão estreita entre a condutividade elétrica e os teores de nitrato, da mesma forma como para o cloreto, nas amostras de água subterrânea, cuja relação encontra-se em torno de 59%. Este fato pode estar relacionado a diversos fatores, como, a complexidade da geologia local, a correlação da condutividade elétrica com outros elementos químicos, e, o intervalo de tempo entre a coleta das amostras e a execução da análise físico-química no AGROLAB, em Recife. No primeiro fator, a condutividade elétrica pode se apresentar elevada em função principalmente da liberação de sais na água subterrânea provenientes das rochas graníticas existentes na região; o segundo caso relaciona-se diretamente a presença de outros elementos químicos na água subterrânea, que, associados a elementos inseridos artificialmente como detergentes domésticos e outros compostos utilizados em produtos de limpeza elevam este parâmetro físico. A terceira possibilidade diz respeito ao intervalo entre a coleta e a análise das amostras de água subterrânea, que ficou entre 7 a 10 dias, em decorrência da necessidade das amostras serem realizadas em laboratório certificado, o que não existe na cidade de Porto Velho para o fim desejado, fato este que pode ter comprometido a avaliação do teor de nitrato nas amostras coletadas.

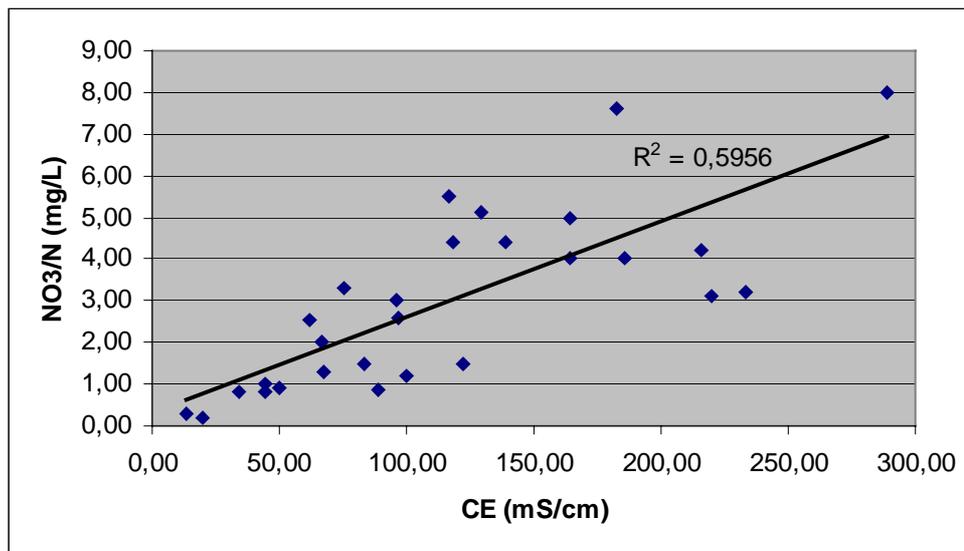


Figura 3.14 - Correlação entre a Condutividade elétrica e os teores de nitrato na água subterrânea da área de influência do empreendimento Santo Antônio.

Embora as concentrações de cloreto e nitrato nas amostras de água subterrânea na AID dos empreendimentos Jirau e Santo Antônio se encontrem dentro dos limites estabelecidos pela portaria 518/04 do Ministério da Saúde, as amostras de nitrato, cujos teores se encontrem próximo ou acima de 3,0 mg/L de NO<sub>3</sub>/N, relacionados à áreas densamente povoadas, como no bairro Eletronorte na sede do município de Porto Velho, onde se encontram os poços R1 a R19 e nas proximidades do poço 16, localizados em Jaciparaná, são um forte indicativo de contaminação por fossas sanitárias mal construídas. Como o nitrato é um elemento com alta mobilidade e cumulativo, no caso da fonte contaminante não ser anulada ou retirada, os limites de tolerância poderão ser alcançados, o que representa um risco para a saúde da população local.

Vale destacar que, após a remoção da população de algumas localidades atingidas pelo empreendimento Santo Antônio, se terá uma oportunidade ímpar de assentar essas pessoas em locais onde a vulnerabilidade natural das águas subterrâneas não é alta e de serem construídas fossas sépticas de acordo com as normas técnicas estabelecidas pela ABNT; uma vez que, se deve ressaltar o fato de que é muito mais simples e barato evitar, prevenir a contaminação desse recurso natural tão precioso que são as águas subterrâneas do que se lançar mão de processos de remediação da contaminação já instalada, quando muitas vezes, a qualidade da água dificilmente volta a seu estado natural.

### 3.9. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

De acordo com os dados coletados durante o mapeamento hidrogeológico e da vulnerabilidade natural das águas subterrâneas à contaminação nas áreas de Influência Direta e Indireta do empreendimento Santo Antônio, além dos resultados obtidos pelas análises físico-químicas das amostras de água subterrânea, foi possível se atingir as seguintes conclusões:

- 1) Dentre os sistemas aquíferos identificados os principais reservatórios de água subterrânea nas Áreas de Influência Direta do empreendimento Santo Antônio são os aquíferos intergranulares descontínuos, livres (AIDL), sendo estes compostos por sedimentos pouco consolidados a inconsolidados da formação Jaciparaná (terraços arenosos) e pelos sedimentos aluvionares predominantemente arenosos, localizados nas porções extremo nordeste e nordeste da AID do Santo Antônio. Destacam-se ainda os aquíferos intergranulares descontínuos livre a semi-confinados (AIDLSC) compostos pelos pediplanos argilo-silto-arenosos da formação Jaciparaná e pelos sedimentos aluvionares indiscriminados localizados nas porções extremo nordeste e nordeste da AID do empreendimento Santo Antônio;
- 2) Em relação à vulnerabilidade natural das águas subterrâneas, os valores mais elevados para esse parâmetro foram identificados na porção nordeste da AID do Santo Antônio, à margem esquerda do rio Madeira, mais precisamente na estrada da Jatuarana, assim como na margem esquerda do rio Madeira na região localizada entre a vila de Jaciparaná e a localidade do Jirau, composta por pediplanos argilo-silto-arenosos da Formação Jaciparaná e que constituem o Aquífero Intergranular Descontínuo Livre a Semi-Confinado. Na região sudeste da área, onde se encontram as rochas da Formação Palmeiral que constituem o Aquífero Intergranular Fraturado Descontínuo Livre, e, finalmente, na região extremo leste da área de estudo, onde a geologia local é constituída pelas rochas do Complexo Jamari, as quais constituem o Aquífero Fraturado Descontínuo Livre;
- 3) Os menores índices de vulnerabilidade natural das águas subterrâneas foram identificados na parte central do mapa entre o poço 30 e a localidade do Jirau, ao longo da BR-364 e na margem esquerda do rio Madeira, assim como na região nordeste da área entre a localidade de Jaciparaná e o poço 66 na BR-364 e na margem esquerda do rio Madeira, na porção extremo nordeste entre os poços 57 e 60 ao longo da BR-364, na margem esquerda do rio

Madeira em sua porção extremo nordeste ao longo dos poços 40 a 50, e, finalmente, na porção centro-nordeste da AID do Santo Antônio com base na geologia local;

- 4) Devido à inexistência de uma rede de distribuição de água em todas as localidades investigadas, os moradores dessas vilas utilizam quase que totalmente de poços amazons para seu abastecimento doméstico, assim como, de fossas sépticas para a deposição de seus dejetos, sendo que, a maioria destas não é construída adequadamente. O sistema poço x fossa é uma das principais fontes de contaminação das águas subterrâneas em países em desenvolvimento como o Brasil (Ferreira & Hirata, 1993); sendo que, essa alteração da qualidade das águas confirmou-se nas localidades investigadas através dos valores de condutividade elétrica das amostras coletadas, onde, 79% das amostras apresentaram valores acima do background regional, de 30  $\mu\text{S}/\text{cm}$  e 32,26% das amostras apresentaram valores acima de 100  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , o que se deve considerar alarmante;
- 5) Os valores da condutividade elétrica na água subterrânea coletada em nascentes às margens do rio Madeira e em poços ao longo da BR-364, distantes, portanto, de aglomerados urbanos apresentaram-se dentro dos limites do *background* regional, de 30  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Indicando, assim, a boa qualidade desse recurso natural para o consumo humano, e; principalmente que, este deve ser preservado com o intuito de manter-se sua qualidade natural, considerando-se que, é muito mais barato preservar aquíferos do que remediar contaminações já existentes;
- 6) Dentre os diversos elementos químicos analisados para identificar a potabilidade da água subterrânea foi dado ênfase ao cloreto e ao nitrato, uma vez que, elevadas concentrações destes elementos nas águas subterrâneas são prejudiciais para a saúde humana, considerando-se também sua mobilidade e persistência no meio natural;
- 7) Dentre as 28 amostras analisadas de água subterrânea, nenhuma apresentou concentrações de cloreto ou nitrato acima do padrão de potabilidade estabelecido pela portaria 518/2004 do Ministério da Saúde, no entanto; de acordo com a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA, 1996), teores de nitrato nas águas subterrâneas acima de 3,0 mg/L já são um forte indicativo da alteração de sua qualidade pela atividade antrópica exercida no local, fato este observado onde se encontram os poços R1 a R19, na sede do município de Porto Velho, e, nas proximidades do poço 16, localizado em Jaciparaná;

- 8) Tratando-se da correlação dos teores de nitrato e cloreto com a condutividade elétrica das águas subterrâneas, foi observada uma boa relação somente entre a condutividade elétrica e o elemento cloreto onde se obteve um coeficiente superior a 85%, em relação ao nitrato, o coeficiente de correlação obtido foi de cerca de 59%, considerado não muito satisfatório. Esse fato pode ter ocorrido por influência de diversos fatores, como a geologia local, responsável pela liberação de sais diversos, que não de nitrato nas águas subterrâneas, o que eleva os valores da condutividade elétrica, assim como pela somatória entre os demais elementos químicos naturais existentes na água subterrânea, associados a elementos inseridos artificialmente como detergentes domésticos e outros compostos utilizados em produtos de limpeza, fazendo com que este parâmetro físico seja elevado, e, finalmente, se pode inferir a não correlação entre os teores de nitrato e a condutividade elétrica em decorrência do intervalo de tempo entre a coleta e a análise das amostras de água subterrânea, que ficou entre 7 a 10 dias, devido a necessidade das amostras serem analisadas em laboratório certificado, o que não existe na cidade de Porto Velho para o fim desejado, fato este que pode ter comprometido a avaliação do teor de nitrato nas amostras coletadas.

Baseado nas conclusões obtidas durante a presente avaliação, foi possível ponderar as seguintes recomendações para o desenvolvimento da implantação da UHE do Santo Antônio:

- 1) Novas sondagens geotécnicas e perfurações a trado devem ser realizadas para se confirmar o modelo matemático da vulnerabilidade natural das águas subterrâneas nas áreas menos susceptíveis à contaminação, com o intuito de obter-se dados do meio físico, como profundidade do nível estático, tipo de aquífero e tipo de sedimentos da zona não saturada. As sondagens devem ser executadas na parte central da AID ao longo da BR-364 e da margem esquerda do rio Madeira, assim como na região nordeste da área entre a localidade de Jaciparaná e o poço 66 abrangendo desde a BR-364 até a margem esquerda do rio Madeira, na porção extremo nordeste entre os poços 57 e 60 ao longo da BR-364, na margem esquerda do rio Madeira em sua porção extremo nordeste ao longo dos poços 40 a 50, e, finalmente, na porção centro-nordeste da AID do Santo Antônio;
- 2) Ao se confirmar o modelo matemático da vulnerabilidade natural das águas subterrâneas, a população atingida pela inundação das localidades em que residem devem ser removidas

para estas áreas, onde o impacto sobre a qualidade das águas subterrâneas será menor, influenciando diretamente na qualidade de vida da população local;

- 3) As sondagens realizadas nos pontos indicados, para a obtenção de dados do meio físico deverão ser aproveitadas, em seguida, como poços de monitoramento das águas subterrâneas, a fim de obter-se dados contínuos da variação sazonal do lençol freático, assim como da qualidade das águas subterrâneas;
- 4) Amostras de água subterrânea devem ser coletadas periodicamente para posterior análise físico-química e bacteriológica, com o objetivo de realizar o monitoramento desse recurso natural tão precioso, e, avaliar-se a concentração, principalmente, dos elementos nitrato, cloreto e coliformes fecais, responsáveis em grande parte pela disseminação de doenças de veiculação hídrica;
- 5) A falta de sistemas de saneamento básico consiste em uma das principais fontes de contaminação antrópica das águas subterrâneas. Com o objetivo de diminuir o máximo possível o impacto da urbanização sobre os recursos hídricos, recomenda-se que, nas localidades para onde a população será removida sejam implantados sistemas de abastecimento de água potável e coleta e tratamento da rede de esgoto local.

### 3.10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADAMY, A. **Zoneamento ecológico-econômico Brasil-Bolívia eixo Rio Abunã-Vale do Guaporé**. Informe final. S.I., CPRM/SUDAM/OEA, 2000. 3v.
- ADAMY, A.; ROMANINI, S. J. (Orgs.). **Geologia da Região Porto Velho - Abunã**; Folhas Porto Velho (SC.20-V-B-V), Mutumparaná (SC.20-V-C-VI), Jaciparaná (SC.20-V-D-I) e Abunã (SC.20-V-C-V). Estados de Rondônia e Amazonas. Brasília: **DNPM/CPRM**, 1990. 273p.
- ALLER, L.; BENNET, T.; LEHR, J.H.; PETTY; R.J. **Drastic**: a standardized system for evaluating groundwater pollution potential using hydrogeological settings. U.S.EPA Report 600/2-85/018, 1987.
- ANON. **International legend for hydrogeological maps**. London: UNESCO/IAHS/Inst. Geol. Sciences, 1970. 101p.
- CAMPOS, J.C.V. Morfologia dos aquíferos da área urbana de Porto Velho - RO. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 13, 1999, Belo Horizonte, 1 CD-Rom.
- CAMPOS, J.C.V. A problemática dos recursos hídricos subterrâneos na Amazônia na visão do Serviço Geológico do Brasil - CPRM. In: ENCONTRO NACIONAL DE PERFURADORES DE POÇOS, 13, 2003, Petrópolis. SIMPÓSIO DE HIDROGEOLOGIA DO SUDESTE, 1. **Anais**. Petrópolis: ABAS, 2003. 380p. p. 133-141.
- CAMPOS, J.C.V.; SILVA FILHO, E.P.; OLIVEIRA, I.R. Contaminação do aquífero Jaciparaná na cidade de Porto Velho (RO). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 13, 2004, Cuiabá. **Anais**. Cuiabá: ABAS, 2004. 1 CD-Rom.
- FEITOSA, F.A.C.; MANOEL FILHO, J. (Coords.). **Hidrogeologia**: conceitos e aplicações. 2. Ed. Fortaleza: CPRM/LABHID-UFPE, 2000. 391p.

- FERREIRA, L.M.R.; HIRATA, R.C.A. Determinação de riscos de contaminação das águas subterrâneas por sistemas de saneamento *in situ*. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 10, 1993, Gramado, p. 443-452.
- FOSTER, S.S.D.; HIRATA, R.C.A. Determinação do risco de contaminação das águas subterrâneas: um método baseado em dados existentes. **Boletim do Instituto Geológico**, v. 10, 1993.
- MELO JUNIOR, H.R. **Mapeamento da vulnerabilidade e análise de risco de contaminação como instrumentos de proteção das águas subterrâneas em áreas industriais: Caso da ALBRAS, Barcarena-PA.** 2002. 138p. Dissertação (Mestrado em Geologia) - Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 2002.
- MENTE, A.; MONT'ALVERNE, A.F.; GODOY, E.V.; DA FRANÇA, N.R.A. Hydrogeological map of South America at Scale 1:5.000.000. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON HYDROGEOLOGICAL MAPS AS TOOLS FOR ECONOMIC AND SOCIAL DEVELOPMENT, 1989, Hannover, p. 337-348.
- MORAIS, P.R.C. **Mapa Hidrogeológico do Estado de Rondônia;** texto explicativo. Porto Velho: CPRM, 1998. 32p. 1 mapa color. Escala 1:1.000.000.
- SCANDOLARA, J.E. (Org.). **Geologia e recursos minerais do Estado de Rondônia;** texto explicativo e mapa geológico do Estado de Rondônia. Brasília: CPRM, 1999. 97p.
- TEIXEIRA, W.; TOLEDO, M.C.M.; FAIRCHILD, T. R.; TAIOLI, F. **Decifrando a terra.** São Paulo: Oficina de Texto, 2003. 568p.
- THOMSEN, R.; SONDERGAARD, H.; SORENSEN, K.I. Hydrogeological mapping as basis for establishing site-specific groundwater protection zones in Denmark. **Hydrogeology Journal**, v. 12, n. 5, p. 550-562, 2004.
- U. S. Environmental Protection Agency. **Environmental indicators of water quality in the United States.** EPA 841-R-96-002. Washington, D.C. 1996

U.S. GEOLOGICAL SURVEY. **National water summary 1990-1991**. In: HYDROLOGIC EVENTS AND STREAM WATER QUALITY. Water Supply Paper 2400. United States Government Printing Office, 1993.

VRBA, J.; ZOPOROZEC, A. **Guidebook on mapping groundwater vulnerability**. International Association of Hydrogeologists, 1994. 131p.

## **ANEXOS:**

- 1 – Glossários: Geológico, Geomorfológico e Hidrogeológico
- 2 – Tabela 8 referente Pontos de Afloramentos do AHE de Santo Antônio
- 3 – Tabela 9 referente Processos / DNPM (Situação Legal de Áreas)
- 4 – Planilhas de Descrições Petrográficas
- 5 – Análises Físico - Químicas de Amostras de Águas da AII de Santo Antônio

## ANEXO 1

**GLOSSÁRIOS: GEOLÓGICO, GEOMORFOLÓGICO E HIDROGEOLÓGICO**

## GLOSSÁRIO DE TERMOS GEOLÓGICOS

A...

### **Afanítica**

[*Ant. fanerítica, vítrea*]

Textura micro ou criptocristalina de uma rocha em que os componentes minerais são tão pequenos que não podem ser reconhecidos macroscopicamente.

O uso do termo afanítica é aplicável, fundamentalmente, às rochas ígneas, micro ou criptocristalinas, como às de borda resfriada de pluton, vulcânicas. Entretanto, não é raro o seu uso para outros tipos de rochas como *hornfels* (rocha metamórfica de contato), rochas sedimentares químicas ou de origem coloidal de granulação muito fina.

### **Afloramento**

Exposição natural ou artificial de rocha mãe, permitindo o seu estudo direto.

Afloramentos naturais são as exposições da rocha devidas à ação de processos naturais, como erosão e deslizamentos de solos, em rios, cachoeiras, escarpas; já os afloramentos artificiais são devidos à ação do Homem: cortes de estradas, túneis, poços.

É importante diagnosticar se uma rocha exposta corresponde a um afloramento *in situ* e não deslocado da rocha subjacente ou a um bloco rochoso deslocado ou alóctone como, por exemplo, um grande matacão tombado em meio ao solo de uma estrutura de deslizamento e avalanche ou um grande bloco errático dentro de antigo depósito de moraina. Isto se diagnostica comparando-se a continuidade estrutural e de tipo de rocha com várias exposições de rochas próximas

### **Albita**

Mineral do grupo dos plagioclásios correspondente ao termo masi sódico da série isomórfica.

## Allanita

[*Sin.* orthita]

Mineral do grupo dos epidotos apresentando terras raras em sua composição:  
 $(Ca,Fe,La,Ce,Y,Na)_2(Al,Mg,Mn,Fe)_3Si_3O_{12}OH$

Ocorre em diversos tipos de rocha, sendo comum em granitos e pegmatitos. Em epidotos zonados pode ocorrer no núcleo, muitas vezes metamictizado, provocando auréolas pleocróicas em minerais como biotita, cordierita, hornblenda.. devido a sua radioatividade.

## Alteração hidrotermal

Alteração de minerais e rochas pela reação de água hidrotermal com as fases sólidas desses minerais e rochas.

Alteração hidrotermal é um processo de alteração metassomática, no qual a H<sub>2</sub>O, combinada em maior ou menor quantidade com outros componentes químicos como o CO<sub>2</sub>, F,..., atua como fluido fortemente aquecido e sob alta pressão, frequentemente no estado supercrítico, provocando a hidratação e/ou lixiviação de minerais silicáticos, oxidação de sulfetos, aporte de cátions metálicos,.. entre outros processos, em uma dinâmica que vai depender das condições termodinâmicas e geoquímicas das rochas e do fluido envolvidos. Na esteira das alterações hidrotermais e de processos associados de lixiviação, transporte e deposição de metais e outros elementos químicos, ocorrem, frequentemente, concentrações minerais de interesse econômico.

## Aluvião

[*Sin.* alúvio; depósito aluvionar]

Areia, cascalho e/ou lama depositados por um sistema fluvial no leito e nas margens da drenagem, incluindo as planícies de inundação com material mais fino.

Os depósitos aluviais são muito retrabalhados e mutáveis devido à erosão fluvial: depositados durante as secas ou nos locais de remansos quando cai a energia da corrente do rio, vão ser, em seguida, erodidos pela força da água da cheia ou pela mudança do curso do rio. Normalmente são depósitos clásticos mal classificados e mal selecionados, de cascalho, areias e

lamas, podendo ocorrer depósitos de blocos maiores, às vezes bem arredondados nas regiões elevadas das cabeceiras com maior energia fluvial.

Apresentam maior desenvolvimento nas planícies de inundação, com lamas (silte e argilas) por extensas áreas, e em sopés de montanhas como leques aluviais, com depósitos comuns de fanglomerados e areias associados que atingem boa expressão areal e grandes espessuras. Os depósitos aluvionares, normalmente muito férteis para a agricultura, tem sido fator da maior importância para o desenvolvimento das sociedades humanas.

### **Anfibolito**

Rocha metamórfica de grau médio a alto que tem a hornblenda e o plagioclásio como paragênese característica.

O anfibolito pode ser derivado de rochas ígneas básicas, como o basalto, o gabro (ortoanfibolito) ou de rochas sedimentares, como calcários impuros (para-anfibolito), ou, ainda, ser derivado de misturas como rochas vulcanoquímicas.

Pode se apresentar maciço, bandado ou, mais comumente, com lineação e textura nematoblástica.

Pode ou não conter quartzo e se o teor em quartzo aumentar acima de 10%, o anfibolito gradua para anfibólio plagioclásio gnaisse.

### **Anisotropia**

Condição de variabilidade de propriedades físicas de um corpo rochoso ou mineral segundo direções diferentes, como, por exemplo, a variação da velocidade de propagação da luz (birrefringência) em minerais anisótropos; a variação de propagação de ondas sísmicas em massas rochosas estratificadas segundo diferentes direções..

### **Arcósio**

Rocha sedimentar arenítica com mais de 25% de feldspato, muito quartzo e alguns fragmentos de rocha, cores róseas a cinzas.

O arcósio confunde-se, muitas vezes, a um olhar mais rápido, com fácies de rochas graníticas pela aparência maciça em afloramentos.

Revela processo de erosão e de deposição rápidas de terrenos graníticos e gnáissicos em áreas tectonicamente instáveis.

São comuns estruturas de estratificação cruzada e as camadas, muitas vezes, apresentam-se em cunhas.

## **Areia**

Fragmento de mineral ou de rocha, menor do que grânulo e maior do que silte, e que na escala de Wentworth, de amplo uso em geologia, corresponde a diâmetro  $> 64 \mu\text{m}$  (1/16 mm) e  $< 2 \text{ mm}$ .

O tamanho de areia, divide-se, granulometricamente, em:

**areia fina** ( $> 1/16\text{mm}$  e  $< 1/4\text{mm}$ ),

**areia média** ( $> 1/4 \text{ mm}$  e  $< 1 \text{ mm}$ ) e

**areia grossa** ( $> 1 \text{ mm}$  e  $< 2\text{mm}$ ).

## **Arenito**

[Sin. psamito -> grego: *psamos*=areia e sufixo *ito*=rocha]

[inglês: *sandstone*]

Rocha sedimentar clástica cujas partículas são predominantemente do tamanho de areia (0,62 a 2,00 mm de diâmetro).

O arenito possui, frequentemente, matriz fina, síltico-argilosa, e cimento que pode ser de sílica, óxido/hdróxido de ferro, calcita.. O tamanho de areia que predomina pode dar o nome: arenito grosso, médio ou fino. Muitas vezes apresenta boa estratificação, mas pode se apresentar maciço.

A designação arenito sem indicações adicionais, costuma subentender rocha rica em quartzo. Por exemplo, caso contenha feldspato em proporções apreciáveis ( $> 25\%$ ) denomina-se arcósio.

## **Argila**

(a) Material constituído de partículas com menos de  $1/256 \text{ mm}$  ( $< 4 \mu\text{m}$ ) de diâmetro.

A fração argila, comum como componente de lamias e solos, é constituída, principalmente de minerais do grupo das argilas aos quais agregam-se hidróxidos coloidais floculados e diversos outros componentes, cristalinos ou amorfos.

Quando componente principal de material sedimentar denomina-se sedimento argiloso o qual, compactado e litificado, dá origem às rochas sedimentares clásticas mais finas (lutitos ou pelitos) como os folhelhos, bem estratificados, e os argilitos, com pouca ou nenhuma estratificação.

(b) Família de minerais filossilicáticos hidratados, aluminosos de baixa cristalinidade e pequenas dimensões, como a caolinita, montmorilonita, illitas,.. estáveis, geralmente, nas condições termodinâmicas e geoquímicas da superfície terrestre ou de crosta rasa.

### **Argilito**

[inglês: *mudstone*]

Rocha sedimentar de granulação fina, constituída por argilas e minerais na fração de silte, maciça, pouco ou não estratificada no que se diferencia de folhelho que é rocha finamente laminada e geralmente friável.

### **Assoreamento**

Deposição de material sedimentar ou material coluvionar, resultando no aterramento ou entulhamento de áreas mais baixas.

O assoreamento de uma bacia sedimentar implica em uma taxa de deposição de sedimentos mais rápida do que à de afundamento tectônico da bacia.

Importante processo relacionado à degradação do meio ambiente refere-se ao desmatamento de uma região expondo-a à intensificação dos processos erosivos com a consequente colmatagem do canal fluvial o que leva, durante as épocas de enxurradas, a ocorrência de constantes enchentes.

### **Atitude**

[*Sin.* coordenadas geológicas]

a) Atitude ou coordenadas geológicas de um **plano** ou superfície geológica planar (estratificação, foliação metamórfica, falha, fratura..) é a definição da disposição espacial deste plano com relação ao plano horizontal e à linha meridiana N-S verdadeira.

Para definir e anotar a atitude do plano usam-se dois parâmetros:

- a **direção** (*strike*) é dada pelo ângulo entre a linha N-S e a linha da interseção do plano geológico com o plano horizontal sempre referida ao N verdadeiro;

- o **mergulho** (*dip*) definido pelo ângulo diedro entre o plano geológico e o plano horizontal (=mergulho real), e pelo quadrante para o qual mergulha o plano.

Se a camada é horizontal, não se tem direção e o mergulho é zero graus; se for vertical o mergulho é de 90 graus sem quadrante de mergulho.

Exemplos de notações de atitudes de camada ou plano:

-horizontal: H;

-vertical: N20EV; N45WV

-com mergulho: N30E45SE; N70W35NE

**b)** Atitude ou coordenadas geológicas de uma **linha** ou lineação geológica (lineação metamórfica, eixo de dobra, interseção de planos metamórficos...) é a definição da disposição espacial desta linha com relação ao plano horizontal e à linha meridiana N-S verdadeira

Para definir e anotar a atitude da lineação usam-se dois parâmetros:

- o ângulo entre a linha geológica e o plano horizontal;

- o rumo da linha geológica projetada no plano horizontal.

Se a lineação é horizontalizada o ângulo é zero; se é verticalizada, não se tem rumo indicado.

Ver exemplos de notações de atitudes de linha ou lineação:

-horizontal: HN35W

-vertical: V

-mergulhante: 30S45W

## **Autólito**

[*auto*=mesmo/próprio; *litos*= rocha]

Fragmento magmático, já solidificado, envolvido por novos afluxos magmáticos do mesmo processo intrusivo em eventos ou pulsos magmáticos sucessivos.

Esses fragmentos (autólitos) normalmente foram incorporados das bordas frias da intrusão ou do duto de acesso magmático.

O autólito distingue-se de xenólito (=rocha estranha) que é um fragmento de qualquer outro tipo de rocha arrancado de bordas dos dutos ou de encaixantes e envolvido pelo magma da intrusão.

## **Azimute**

Medida angular de um rumo ou de uma direção com relação ao N verdadeiro, contado em 360 graus no sentido horário, ou seja: N=0 ou 360°; E=90°; S=180°; W=270°.

**B...**

## **Barra**

a) Desembocadura de um rio.

b) Faixa alongada e elevada de sedimento, normalmente um banco de areia, depositado ao longo de uma linha onde uma corrente de água passa junto de águas mais calmas, perdendo energia o que provoca a deposição do material clástico predominantemente arenoso.

Ocorre em vários ambientes como: no mar junto a desembocaduras de rios, junto a correntes marinhas costeiras fechando pontões de uma baía (restinga), nas saídas de meandros onde o fluxo fluvial é acelerado com erosão da margem na curva de ataque e deposição logo a seguir onde a corrente encontra a água mais calma.

## **Bioturbação**

Estrutura sedimentar gerada pela deformação e/ou mistura de material sedimentar devida a ação de seres vivos como, por exemplo, as minhocas que deformam camadas já sedimentadas em um fundo de lago lodoso

## **Bússola de geólogo**

Aparelho de uso corriqueiro do geólogo de campo que reúne dois sistemas de medidas angulares, um no plano horizontal, a agulha magnética, e outro no plano vertical, o clinômetro, objetivando estabelecer a disposição espacial de planos e/ou lineações geológicas, servindo, também, como ferramenta de localização em campo e de trabalhos topográficos expeditos com a determinação de rumos e gradientes.

Através de uma agulha imantada que se alinha segundo o fluxo do campo magnético terrestre e girando livremente no plano horizontal, a bússola permite estabelecer a orientação de uma dada

direção com relação ao Norte magnético; a direção pode ser de uma atitude de camada, de falha, de xistosidade, etc..ou definir um rumo de caminamento no campo, por exemplo. Através do clinômetro que mede os ângulos de inclinação a bússola permite definir os mergulhos de camadas e outros planos ou linhas de feições geológicas, bem como a inclinação do terreno, da drenagem, etc.

Normalmente o limbo em que se mede o ângulo do N magnético tem os quadrantes W e E invertidos e pode ser girado para compensar a declinação magnética do local na data dos trabalhos, obtendo-se, assim, medidas da direção e rumo verdadeiros diretamente sem a necessidade de se realizar cálculos.

C...

### **Caldeirão**

[*Sin.* marmita]

Cavidade perfeitamente circular, decimétrica a métrica e com profundidade variável até decamétrica, escavada na rocha por redemoinhos ao longo de rios.

A marmita desenvolve-se pela abrasão da rocha proporcionada por areia, grânulos, seixos e até blocos que giram em alta velocidade em pontos preferenciais onde se formam redemoinhos ou vórtices ao longo do rio; este processo ocorre também em drenagens sub-glaciais e flúvio-glaciais associadas a geleiras.

Em cálcio-xistos da região centro-oeste do Brasil são comuns as ocorrências de marmitas ao longo dos riachos com desenvolvimento favorecido pela solubilidade e baixa dureza do carbonato localmente concentrado no xisto.

Marmitas são comuns também associadas a drenagens em terrenos kársticos.

Os fundos dos *pot holes* são locais ótimos para pesquisar/amostrar minerais pesados como o ouro.

### **Camada**

a) Estrutura sedimentar com mais de 1 cm de espessura, de tendência tabular, individualizável e separada de camadas acima e abaixo por descontinuidade física e/ou por variações bruscas ou gradacionais de composição, de textura, de geoquímica, de conteúdo fossilífero, etc..

Uma camada pode se apresentar uniforme ou apresentar uma gradação ou, ainda, ser constituída de elementos menores de estratificação chamadas lâminas.

Termo aplicável também para estruturas de estratificação em rocha ígnea.

b) Em termos de estratigrafia corresponde a menor unidade formal que pode ser indicada.

### **Canais anastomosados**

Canais fluviais que formam um conjunto complexo de canais divergentes (distributários) e convergentes, separados por ilhas ou elevações em um padrão de drenagem anastomosado.

A anastomose de canais resulta de um excesso de carga de sedimentos que ocorre quando há forte quebra de energia fluvial por redução do gradiente de relevo ou por mudança súbita de fluxo como as chuvas torrenciais de curta duração de regiões áridas, ou, ainda, ao encontrar forças de ondas e marés na foz do rio, sendo comuns em sistemas deltaicos.

### **Canga laterítica**

[Inglês: *hardpan pro parte*]

Camada superficial de componentes lateríticos (limonita principalmente) residuais endurecidos por ressecamento, formando uma capa dura, química e fisicamente resistente aos processos intempéricos e erosivos.

O termo *hardpan* em inglês também é usado para clacrête.

### **Cascalho**

Depósito, nível ou acumulação de fragmentos de rochas e/ou minerais mais grossos do que areia, principalmente com tamanho de seixos.

O cascalho, quando litificado passa a ser um conglomerado.

### **Cataclase**

Deformação de uma rocha com fraturamentos e rotações de seus constituintes sem recristalizações minerais significativas.

Processo relacionado ao metamorfismo dinâmico ou cataclástico, em que os componentes minerais tem comportamento (reologia) frágil, predominantemente rúptil ou quebradiço, durante a ação metamórfica, favorecendo a geração de texturas de degradação com grãos minerais rotacionados, encurvados, fissurados e quebrados em grãos menores (sub-grãos) e com crescimento metamórfico muito limitado ou inexistente.

A rocha com cataclase significativa denomina-se cataclasito.

### **Cataclasito**

Rocha metamórfica cataclástica, normalmente de grão fino com tendência equidimensional como, por exemplo, rochas quartzo feldspáticas com uma estrutura maciça, pouco foliácea, no que se distingue do milonito que mostra minerais filitosos e comportamento mais plástico ou dúctil durante as tensões metamórficas.

De acordo com a percentagem de material fraturado/quebrado entre grãos minerais resistentes, não moídos, o cataclasito deve ser designado assim, segundo Sibson (1977):

- **protocataclasito** (10-50%),
- **cataclasito** (50-90%) e
- **ultracataclasito** (>90%).

### **Cenozóico**

[Grego: *kainos*=novo; *zoicos*=refere-se a vida]

Era geológica atual do eon Fanerozóico que teve início há 65 milhões de anos atrás, quando terminou o período Cretáceo da era Mesozóica.

### **Charnockito**

Rocha ígnea e/ou metamórfica de alto grau metamórfico, granítica ou granitóide, que se caracteriza por apresentar hiperstênio em sua composição.

Os charnockitos são rochas muitas vezes de granulação grosseira e com feldspatos escuros. Ocorrem como corpos de dimensões variadas, desde decimétricas até quilométricas, podendo mostrar contatos desde intrusivos até transicionais, anatéxicos ou migmáticos, com as encaixantes geralmente granulíticas nos terrenos granulíticos a migmatíticos.

## **Cementação**

(*Sin:*cimentação)

Processo de fechamento de poros e fissuras da rocha ou do corpo de minério pela precipitação e/ou cristalização de minerais que cimentam as partículas individuais diminuindo a porosidade da rocha.

Os minerais cimentantes mais comuns são os carbonatos e o quartzo. A aplicação do termo é mais comumente utilizada para o processo singenético a diagenético em rochas sedimentares. Nos depósitos minerais, abaixo do lençol freático e em condições de baixo potencial redox, tendem a precipitar os sulfetos como minerais cimentantes (zona de cimentação sulfetada) e nas zonas de alta fO<sub>2</sub>, acima, tendem a precipitar carbonatos, sulfatos e outros minerais mais oxidados; já na zona de aeração e superficialmente verifica-se forte lixiviação de elementos químicos e precipitação, geralmente coloidal, de hidróxidos de ferro como a limonita, goethita..., formando uma carapaça ou canga residual possível indicadora de jazidas sub-superficiais.

## **Cisalhamento**

[*Inglês: shear*]

Deformação das rochas em zonas tensionadas que sofrem pressão dirigida, levando a ruptura e deformações texturais e estruturais com deslocamentos paralelizados ao plano principal de ruptura próximo.

## **Clasto**

Fragmento de rocha ou de mineral.

Rochas detríticas sedimentares como conglomerados e arenitos são rochas clásticas; as texturas de rochas fragmentárias por metamorfismo dinâmico são cataclásticas e dentre estas tem-se a textura porfiroclástica; os fragmentos vulcânicos retrabalhados são epiclásticos,...

## Complexo

a) Unidade litodêmica que envolve a reunião ou mistura de duas ou mais classes genéticas (ex. ígneas e metamórficas; vulcânicas e sedimentares), e que apresentam estruturas altamente complicadas ou não tão complicadas.

Apesar de não hierarquizada, o complexo como unidade litodêmica é comparável ao conceito de suíte e de supersuíte. Com o avanço dos conhecimentos geológico-estratigráficos da área, um complexo tende a ser desdobrado em unidades formais melhor definidas. Os complexos são muitas vezes designados por nome regionais onde ocorrem; exemplo: Franciscan Complex.

b) Termo informal utilizado em mapeamentos regionais para designar e cartografar uma associação de rochas de diferentes tipos cujo relacionamento estrutural e stratigráfico ainda não está definido. *Ex:* Complexo cristalino

## Conglomerado

[*Sin. rudito; psefito - (Latim: rudus=cacos; fragmentos)-(Grego: psefos=seixo ou calhau e sufixo ito=rocha)*]

Rocha sedimentar clástica composta por fragmentos com mais de 2mm de diâmetro (grânulos, seixos, matacões), misturados em maior ou menor quantidade com matriz arenosa e/ou mais fina, sílica e/ou argilosa e cimentada por carbonato, óxido ou hidróxido de ferro, sílica e/ou por argila ressecada comumente.

Os fragmentos grosseiros podem ser desde arredondados até bem angulosos. Quando estes predominam, a rocha é chamada de brecha sedimentar.

A proporção, a classificação, a seleção, o arredondamento e a natureza dos componentes do conglomerado, a par de terem relação direta com o ambiente de origem e com os processos de transporte e de sedimentação (fluvial, glacial, marinho, residual, coluvionar), são a base da classificação das rochas conglomeráticas.

Para alguns autores o termo conglomerado é reservado para rochas sedimentares com mais de 50% de componentes clásticos grosseiros, acima de 2mm de diâmetro.

## Contato geológico

Superfície ou zona de separação de unidades geológicas ou estratigráficas como corpos e camadas rochosos.

Os contatos podem ser bem definidos, nítidos ou difusos e mal definidos; podem ser bruscos ou gradacionais; podem ser concordantes ou discordantes devido a ocorrência de erosão; podem ser intrusivos, com metamorfismo de contato; podem ser tectônicos com as unidades geológicas separadas por uma falha, etc..

## Coordenadas UTM

Coordenadas métricas referentes a cada uma das 60 zonas UTM da Projeção Universal Transversal de Mercator e cujos eixos referenciais cartesianos são o Equador, para coordenadas N que crescem de S para N, acrescidas de 10.000.000 para não se ter valores negativos, e o meridiano central de cada zona, para coordenadas E que crescem de W para E, acrescidas de 500.000 para não se ter valores negativos, indicando-se ainda a zona UTM da projeção.

Observar que enquanto o sistema de coordenadas geográficas, angulares, em graus, minutos e segundos é de uso geral para referenciar qualquer ponto da Terra, o sistema UTM, além de limitado pelos paralelos 80° S e 84° N, deve contar com a indicação da Zona UTM pois as mesmas coordenadas métricas N e E repetem-se em todas as 60 zonas. As projeções de linhas meridianas geográficas em mapas próximos das bordas das zonas (múltiplas de 6° de longitude) mostram ângulo com as linhas cartesianas do sistema UTM. Exemplo de coordenadas UTM: Zona 23, N 8.569.300, E 645.750 o que significa que o ponto referenciado acha-se entre 36 e 48° W, 145.750 m a leste do meridiano central (no caso 39° W) e 1.430.700 m a sul do Equador.

## Craton

[*Sin. crato*]

Porção da litosfera continental estável, praticamente atectônica, por mais de 200 milhões de anos, caracterizada por grande espessura litosférica, tectônica essencialmente epirogênica e uma crosta em grande parte composta por rochas granitóides.

Existe também o conceito, sem uso hoje, de craton oceânico (*tiefkraton* de Stille) relativo à litosfera oceânica (terrenos mais jovens do que 200 milhões de anos) nas áreas de planícies abissais com pouco tectonismo.

### **Crosta Laterítica**

[Inglês: *hardpan pro parte*]

Camada superficial de componentes lateríticos (limonita principalmente) residuais endurecidos por ressecamento, formando uma capa dura, química e fisicamente resistente aos processos intempéricos e erosivos.

O termo *hardpan* em inglês também é usado para clacrête.

**D...**

### **Datação - método U-Pb**

[Sin. datação U-Pb]

Método de datação geocronológica absoluta baseado na desintegração radioativa de dois isótopos de U ( $^{235}\text{U}$  e  $^{238}\text{U}$ ), dando origem a dois isótopos de Pb ( $^{207}\text{Pb}$  e  $^{206}\text{Pb}$ ). As meias-vidas dos isótopos de urânio são de ca. 0.704 Ga e 4.47 Ga, respectivamente). É aplicado especialmente para a datação de minerais ricos em urânio tais como zircão, monazita, titanita, xenotima, badeleíta e perovskita. Rotineiramente aplicado a rochas e minerais mais velhos que 1 Ma.

### **Deformação**

[Inglês: *strain*]

(a) Mudanças na forma e/ou volume das rochas submetidas a tensão (*stress*).

(b) Termo geral usado para processos geológicos como dobramento, falhamento, cisalhamento, compressão, extensão afetando a forma e/ou volume das rochas.

A deformação pode ser decorrente de esforço compressivo ou extensivo, sendo quantificada por três vetores ortogonais que definem a quantidade de deformação (elipsóide de deformação) que é diretamente relacionado com os eixos de tensões correspondentes.

O estudo do comportamento dos corpos geológicos, incluindo a quantificação das deformações e seu comportamento relativo, matéria da reologia, envolvem aspectos físico-químicos diversos, além das tensões aplicadas: temperatura, pressão confinante, pressão e composição de fluidos, associações litológicas,...

Alguns autores distinguem, em inglês, deformation de strain: a primeira relacionando o deslocamento dos pontos de um corpo rochoso com relação a uma malha de referência externa ao corpo e a segunda, strain, relacionando o deslocamento de pontos do corpo uns em relação aos outros.

### **Denudação**

Erosão progressiva de uma região montanhosa que acaba mostrando as raízes de seu embasamento cristalino em uma topografia progressivamente mais baixa com carreamento de material sedimentar desta erosão para as bacias geológicas sedimentares.

### **Depósito Aluvionar/aluvião**

[*Sin.*alúvio; depósito aluvionar]

Areia, cascalho e/ou lama depositados por um sistema fluvial no leito e nas margens da drenagem, incluindo as planícies de inundação com material mais fino.

Os depósitos aluviais são muito retrabalhados e mutáveis devido à erosão fluvial: depositados durante as secas ou nos locais de remansos quando cai a energia da corrente do rio, vão ser, em seguida, erodidos pela força da água da cheia ou pela mudança do curso do rio. Normalmente são depósitos clásticos mal classificados e mal selecionados, de cascalho, areias e lamas, podendo ocorrer depósitos de blocos maiores, às vezes bem arredondados nas regiões elevadas das cabeceiras com maior energia fluvial.

Apresentam maior desenvolvimento nas planícies de inundação, com lamas (silte e argilas) por extensas áreas, e em sopés de montanhas como leques aluviais, com depósitos comuns de fanglomerados e areias associados que atingem boa expressão areal e grandes espessuras. Os depósitos aluvionares, normalmente muito férteis para a agricultura, tem sido fator da maior importância para o desenvolvimento das sociedades humanas.

## **Diorito**

Rocha ígnea plutônica saturada (quartzo ausente ou subordinado) com componentes essenciais plagioclásio Na-Ca (oligoclásio a andesina), K feldspato subordinado e minerais ferromagnesianos piroxênio/hornblenda e biotita.

O termo vulcânico correspondente é o andesito.

## **Dique**

Corpo ígneo intrusivo tabular geralmente de rocha ígnea que corta as estruturas planares das rochas encaixantes onde se aloja, no que se distingue de um sill.

## **Discordância**

[Inglês: *unconformity*]

Superfície que separa unidades estratigráficas de idades significativamente diferentes e que representa um grande período de não deposição ou de erosão das camadas abaixo e acima desta superfície de discordância.

O intervalo de tempo correspondente a uma discordância chama-se hiato.

A discordância pode ser paralela, angular ou inconforme com relação à estruturação das rochas acima e abaixo da superfície de discordância. A própria superfície de discordância pode ser irregular (disconformidade) ou plana, paralela aos estratos (paraconformidade).

## **Dúctil**

Ductilidade refere-se a propriedade de um material ser estirado em fios sem romper e nas rochas corresponde a propriedade da rocha de ser estirada e deformada sob determinada tensão e condições termodinâmicas comparativamente a outras rochas.

As rochas reagem diferencialmente às tensões aplicadas segundo duas tendências de deformação permanente: de rúptil a dúctil com todas as gradações intermediárias. Este comportamento varia, também, entre os componentes minerais ou litológicos da mesma rocha que apresentam graus diferentes de ductilidade, influenciando o desenvolvimento de texturas diversas nas mesmas condições de P e T conforme os minerais associados que sofreram o mesmo esforço de

deformação. Por exemplo, em um minério a base de pirita e galena, esta última pode se apresentar deformada em fitas ou foliada (mais dúctil) ao lado da pirita em cristais com pouca deformação ou mostrando quebramentos por ter reologia distinta (mais rúptil) da da galena nas mesmas condições termodinâmicas.

E...

### **Escala do tempo geológico**

Assume-se para a Terra uma idade de mais de 4,5 bilhões de anos. Este tempo geológico foi dividido com base em estudos estratigráficos e geotectônicos de correlação mundial apoiados, em grande parte, nos registros fossilíferos, paleomagnéticos e em datações geocronológicas, em: **Eons** subdivididos em **Eras**; estas divididas em **Períodos** que, por sua vez, são divididos em **Épocas** as quais são divididas em **Idades**.

Os limites destas divisões são estabelecidos por *comités* internacionais de correlação estratigráfica mundial e a base desta divisão temporal são os registros geológicos de várias partes do mundo, determinando-se áreas-tipos, as idades absolutas de seus limites, a correlação e o empilhamento estratigráfico entre elas de forma a se ter uma coluna cronoestratigráfica mundial subdividida em unidades cronogeológicas designadas **Eontemas, Eratemas, Sistemas, Séries e Andares** correspondentes, respectivamente, às divisões cronológicas acima. A variação da rotação da Terra, desacelerando cerca de 41" de arco por século (Allaby & Allaby, 1999), indica que nosso ano sazonal atual é bem mais longo em dias do que o dos primórdios da Terra; por exemplo, há 400Ma o ano tinha 400 dias.

### **Espelho de falha**

[Inglês: *slickenside*]

Superfície polida de rocha originada pelo atrito dos blocos de falha ao se movimentarem.

Minerais ou fragmentos mais duros provocam estrias (**estrias de falha**) ou, se maiores, caneluras ou *fault grooves* (**caneluras de falha**) no plano de falha polido e são bons indicadores cinemáticos da direção e mergulho do rejeito de falha. O espelho formado por atrito rompe-se em ressaltos (**ressaltos de falha**) perpendiculares ao do deslocamento e são indicadores do sentido deste deslocamento dos blocos de cada lado da falha.

## **Estereograma**

Par de fotografias ou fotogramas que possibilita visualização em três dimensões, através de princípios de estereoscopia.

## **Estratificação**

[*Sin.* acamamento ou acamadamento]

Estrutura originada pela acumulação progressiva de qualquer material (partículas clásticas, precipitação química ou decantação de colóides floculados, cristais em suspensão no magma..), tendendo a formar estratos ou camadas definidas por discontinuidades físicas e/ou por passagens bruscas ou transicionais de mudanças de textura, estrutura ou quimismo.

Esta estrutura é mais típica de rochas sedimentares na forma de camadas, lâminas, lentes ou cunhas. Origina-se com a variações das condições geológicas, físicas, químicas e/ou biológicas durante a deposição do sedimento.

O termo é aplicável, também, para rochas plutônicas, vulcânicas e de deposição filoniana progressiva (paralelamente às paredes) como ocorre em pegmatitos e em muitos veios de minério telescopado.

## **Estratificação cruzada**

Estrutura de lâminas ou camadas que se cruzam e truncam em ângulos e que foram depositadas dentro de um processo contínuo de sedimentação, sem ocorrer discordância.

Camadas depositadas horizontal e não-horizontalmente em canais de rios, de marés, nas frentes de deltas (em ambiente subaquático ou litorâneo), em dunas (em ambiente subaéreo).. formam ângulos, cruzando-se (truncando) com camadas vizinhas correspondentes a mudanças de direção de fluxo de água ou de vento.

Padrões sedimentológicos (tamanhos e uniformidade de formas de grãos) e as formas de estratificações cruzada permitem determinar o tipo de ambiente geológico que deu origem às rochas onde eles ocorrem.

Assim, por exemplo, camadas e lâminas cruzadas de dunas atingem dimensões métricas a decamétricas, são em muitos pontos assintóticas à base do conjunto de camadas cruzadas, apresentam grãos foscos (impacto entre os grãos pela força do vento) de tamanho de areia média

bem selecionados e arredondados; camadas cruzadas desenvolvidas em canais fluviais podem apresentar variações granulométricas acentuadas, de lamas (silte e argila) para fragmentos grosseiros conglomeráticos, grãos mais angulosos de areia, camadas mal definidas, estratificação cruzada métrica em diagonal se paralela ao fluxo do canal e formando cunhas ou "meia luas" truncadas (às vezes preenchidas por cascalho transformado em conglomerado de *cut and fill*= corte e preenchimento), se perpendicular; estratificação cruzada de canais de praias de maré pode ser semelhantes à fluvial, mas a granulação geralmente é bem selecionada de areia fina a média..

### **Estratificação gradacional**

Estratificação que apresenta variação gradual e progressiva de granulometria.

A estratificação gradacional apresenta-se, muitas vezes, rítmica, indicando ciclos que retratam sazonalidade (ex. sedimentos glácio-lacustrinos) ou retomadas do processo de transporte e deposição em que a corrente fica mais forte ou mais fraca com o tempo (ex: ritmos de correntes de maré).

Em casos de depósitos vulcanoclásticos (bombas, tufos, material cinerítico..) também podem ser encontrados ciclos com granulometria gradacional devido a queda de fragmentos vulcânicos grosseiros antes dos mais finos.

A inversão de fino na base para grosseiro no topo de um ciclo gradacional, como pode ocorrer em correntes de turbidez, chama-se estratificação gradacional invertida.

### **Estratigrafia**

Estudo da gênese, da sucessão, no tempo e no espaço, e da representatividade areal e vertical das camadas e sequências de rochas de uma região, buscando-se determinar os eventos, processos e ambientes geológicos associados, o que inclui, entre outros, a determinação de fases de erosão ou de ausências de deposição (superfícies de discordâncias).

A estratigrafia objetiva organizar o conhecimento geológico através da caracterização de unidades estratigráficas com suas abrangências verticais e laterais, estabelecer correlações geológicas entre regiões diferentes e servir de fundamento para o estabelecimento da história da evolução geológica local, regional e mundial.

Apesar de o nome referir-se especificamente a rochas estratificadas, a estratigrafia tem significado bem mais amplo, pois envolve a determinação da sucessão geral das rochas de uma

região, incluindo acontecimentos que modificaram a forma ou estruturas e a natureza dos pacotes de rochas, tais como: tectonismo e metamorfismo das rochas, intrusão de corpos magmáticos, intrusão de domos de sal (halocinese).

Uma das ferramentas básicas da metodologia geológica é a representação da estratigrafia das sequências de rochas através de perfis geológicos e a síntese dos dados desses perfis em uma coluna geológica ou estratigráfica, na forma de um *log* litoestratigráfico vertical onde se representa a sucessão das camadas (as mais velhas embaixo das mais novas), as suas espessuras mínimas e máximas da região, associando-se a cada unidade ou sub-unidade indicada na coluna uma sinopse descritiva dos tipos de rochas e dos processos geológicos associados. A correlação de rochas de regiões diferentes é feita usando-se colunas estratigráficas de cada região. As correlações estratigráficas podem ser pautadas, essencialmente, em dois conceitos:

- (a) tempo ou idade das rochas (cronoestratigrafia) e
- (b) continuidade lateral das mesmas rochas ou conjuntos de rochas (litoestratigrafia).

Existem outros tipos de correlações estratigráficas mais específicos: conteúdo fossilífero (bioestratigrafia), velocidade de ondas sísmicas (sismoestratigrafia), propriedades eletromagnéticas, magnetismo remanescente, características isotópicas, geoquímicas,...

### **Estrias de falha**

Ranhuras ou estrias provocadas pelo atrito de fragmentos de minerais ou de rochas mais duros ao deslizarem blocos de falha que se deslocam durante o falhamento.

### **Estrutura miarolítica**

Estrutura de vesiculação comum em rocha ígnea encaixada em níveis rasos da crosta, principalmente em cúpulas (ricas em voláteis) de intrusões graníticas, como no Granito do Cabo, PE, e outras, apresentando-se, muitas vezes, como cavidades com contornos dados pelos minerais vizinhos e formadas pela pressão dos gases armadilhados. Quartzo, calcita e outros minerais tardios ou pós-cristalização magmática podem atapar estas cavidades.

## Estrutura

Estrutura é toda a feição petrográfica na escala macroscópica, desde escala de amostra de mão, também chamada escala mesoscópica, até a escala de afloramento e maior determinada pela organização de homogeneidades e de heterogeneidades texturais e/ou composicionais, bem como de superfícies de descontinuidade física.

As estruturas dividem-se em primárias e secundárias:

- **estrutura primária** - estrutura desenvolvida com a rocha sedimentar ou ígnea;
- **estrutura secundária** - estrutura decorrente de deformação ou metamorfismo da rocha.

Exemplos de estruturas primárias: estratificação, estratificação cruzada, marcas de onda, estrutura miarolítica.

Exemplos de estruturas secundárias: dobra, clivagem de crenulação, xistosidade, fratura, bandas metamórficas.

Os conceitos de estrutura e textura de uma rocha, apesar de distintos e de escalas diferentes, são interdependentes, pois estão relacionados com a organização dos componentes da rocha em resposta aos processos geológicos de uma mesma origem e evolução da rocha. Feições regionais e mesmo telúricas, como grandes falhas transcorrentes, cinturões dobrados, batolitos, ..tambem são designadas de estruturas. Por outro lado, o termo estrutura também é aplicável nas escalas microscópica e mesmo atômica, mas em contexto diferenciado deste de caracterização petrográfica.

## Estrutura S-C

Estrutura comum em faixas miloníticas ou zonas de cisalhamento que ocorre desde a escala milimétrica, bem visível em lâmina delgada, até a escala de afloramento e que se caracteriza por apresentar um plano de cisalhamento (C), discreto, não penetrativo, de natureza rúptil, cortando um plano penetrativo de xistosidade ou de clivagem (superfície S) de natureza dúctil que se apresenta sigmoidal, assintótico ao plano C.

A estrutura S-C é uma estrutura que define o movimento de deslocamento do rejeito da falha. Quanto mais deformação (*strain*) relacionada com o cisalhamento, menor o ângulo que fazem os dois planos.

## **Euédrico**

[*Sin.euedral*]

Grão mineral ou cristal que apresenta faces de crescimento cristalino que lhe são típicas em toda a sua superfície externa.

## **Extensão**

Tensão normal cujo esforço de deformação tende a levar ao estiramento das partículas da rocha na direção da força de tração.

Na crosta, ao ocorrer extensão, as rochas são "espichadas", as camadas tendem a afinar e estender-se ou falhar em blocos de falhas de gravidade.

## **Extinção ondulante**

Extinção variável, como se fosse em ondas, em um mesmo grão ou sub-grão mineral, quando visto em lâmina delgada sob nicóis cruzados de microscópio petrográfico; deve-se a deformações plásticas do retículo cristalino do mineral propiciada por tensão ou tensões aplicadas à rocha. É muito comum em quartzo tensionado.

## **Exsolução**

Solução sólida de um mineral que ao mudarem as condições termodinâmicas, geralmente por diminuição de temperatura, ou ocorrerem reações metamórficas entre outras causas, passa de estado cristalino meta-estável para estável ao separar fases cristalinas desta solução.

Exemplos: ortoclásio cálcio-sódico de alta temperatura que ao esfriar exsolve lamelas de albita-oligoclásio formando ortoclásio pertítico; magnetita titanífera exsolvendo lamelas de ilmenita dentro da magnetita por resfriamento.

F...

## **Fábrica**

[*fabric*=tecitura ou estrutura de um tecido do inglês]

Termo de amplo uso no Brasil, mas que deve ser **abandonado** pois é um anglicismo e seu significado original, em geologia, é o de arranjo dos componentes ou de estrutura *sl* (incluindo textura) de uma rocha.

## **Fácies**

Termo geral para indicar o aspecto (a "face") da rocha e, assim, caracterizar um tipo ou grupo de rochas em estudo.

Ver abaixo parte dos usos para *fácies*:

- a) Caracterização de um tipo de rocha ou de uma associação de rochas (litotipo), considerado qualquer aspecto genético, composicional, químico ou mineralógico, morfológico, estrutural ou textural distintivo para fins de referência em um estudo geológico.
- b) *Fácies* também é usado para dar conotação ao tipo de ambiente onde se forma, se formou ou se transformou a rocha; exemplos: *fácies* pelágico; *fácies* vulcânico; *fácies* metamórfico; *fácies* lacustrino.
- c) Outros usos: vários *fácies* metamórficos (xisto verde, anfíbolito, granulito, etc..) para caracterizar o metamorfismo; vários *fácies* sedimentares (fluvial, lacustrino, marinho, etc..) para caracterizar o ambiente de sedimentação; ..

## **Fácies metamórfica**

Conjunto de associações de minerais metamórficos, cada uma característica de determinado protólito, que se repetem lateralmente indicando intervalos de condições termodinâmicas análogas de cristalização metamórfica. As *fácies* metamórficas receberam nomes de rochas típicas (f. xisto verde, f. anfíbolito, f. xisto azul, f. eclogito, etc..). A identificação das *fácies* através de suas paragéneses típicas permite realizar o mapeamento zoneográfico dessas condições de metamorfismo e, por via de consequência, correlacionar estas condições com às de outras áreas onde são encontradas as mesmas associações.

## **Facies sedimentar**

Características específicas de uma rocha sedimentar ou de um sedimento e que se refere a processos de transporte, deposição e/ou diagênese próprios de determinado ambiente ou bacia geológica e seu estudo está ligado determinação de sistemas deposicionais

## **Falha**

Superfície de fratura de rochas em que ocorre deslocamento relativo entre os dois blocos de um lado e de outro desta superfície que, muitas vezes, é plana.

## **Falhamento**

É o processo geológico em que se produz uma falha.

Como outros planos geológicos, o plano de falha tem uma atitude, definida pela direção e mergulho atuais que não são necessariamente os mesmos da época do falhamento. Exceto nas falhas verticais ou de deslocamentos horizontalizados(=direcionais), distinguem-se: **teto** da falha, bloco acima do plano de falha, e **muro** da falha, bloco abaixo do plano de falha.

O deslocamento dos blocos no sentido e distância define o **rejeito da falha**. De acordo com o rejeito, as falhas podem ser classificadas em:

- falha de rejeito **direcional** ou **transcorrente** (*strike slip fault*),
- falha de rejeito de **mergulho** (*dip slip fault*) e
- falha de **rejeito oblíquo**.

As falhas de rejeito direcional podem ser **dextróginas** ou **levóginas**; no primeiro caso, os blocos deslocam-se para a direita entre si e no segundo caso, para a esquerda, tomada a referência da direção do plano de falha.

As falhas de rejeito de mergulho e de rejeito oblíquo, de acordo com o movimento relativo, podem ser:

- **normais** ou de **gravidade** (teto desloca-se no sentido do mergulho) e
- **inversas ou de empurrão** (teto desloca-se por sobre o muro).

De acordo com o ângulo de mergulho do plano de falha durante o falhamento as falhas são de grande ângulo (50° a vertical), ângulo médio (30 a 50°) e de baixo ângulo (<30°).

## **Fanerítica**

Textura de uma rocha em que os componentes minerais apresentam granulação suficientemente grossa para serem reconhecidos macroscopicamente.

O uso do termo fanerítica é aplicável, fundamentalmente, a rochas ígneas de granulação média-fina a grossa, como granitos e gabros plutônicos ou hipabissais.

## **Fenocristal**

Cristal que se distingue da matriz fanerítica ou afanítica pelo grande tamanho, caracterizando, neste caso, uma textura porfírica ou porfirítica em rocha ígnea.

## **Ferromagnesiano**

Mineral com teores expressivos de **Fe** e de **Mg** (olivinas, piroxênios, anfibólios..) e que são constituintes essenciais das rochas ferro-magnesianas ou máficas e ultramáficas. O termo aplica-se também para rochas magmáticas ou delas derivadas.

Os minerais e as rochas ferromagnesianos são mais densas e, com raras exceções, mais escuras do que os félsicos.

## **Fluvial**

[Latim: *fluvium*=rio]

Referente a rio ou a cursos d'água ou a bacias de drenagem em geral.

## **Foliação metamórfica**

Termo genérico para estrutura metamórfica resultante de esforços compressionais, originando planos paralelos ("folhas") de diversos tipos.

Exemplos de foliação metamórfica: clivagem ardosiana; xistosidade; clivagem de crenulação; bandas de segregação metamórfica; orientação preferencial de componentes originais da rocha, como oólitos, *pellets*, concreções, bombas e outros fragmentos vulcânicos, seixos..., comprimidos e achatados paralelamente; variações composicionais e/ou granulométricas em bandas paralelas originadas ou modificadas por processos de cataclase e deformação metamórfica.

Toda a foliação metamórfica é constituída em planos que são, entretanto, muitas vezes, dobrados, transpostos e amarrotados por eventos de deformações superimpostas àquela que originou a foliação.

### **Fonte**

Surgência natural da água subterrânea que brota em pontos onde o lençol freático é interceptado pela superfície do terreno.

A fonte, também, pode se dar com erosão atingindo camada aquífera com água artesianas (fonte artesianas).

Poços artificiais, cavados ou perfurados, atingindo o lençol ou o aquífero e disponibilizados em bicas ou chafarizes, também são, eventualmente, chamados de fontes.

### **Formação**

Unidade litoestratigráfica fundamental na nomenclatura estratigráfica formal. Caracteriza-se por um corpo de rochas identificado pelas suas características líticas e sua posição estratigráfica. Ela deve ser mapeável em superfície ou em subsuperfície.

### **Fóssil**

Resto(s), geralmente de partes duras e resistentes como ossos e dentes, ou qualquer outro vestígio de antigo organismo vivo, animal ou vegetal, como moldes, rastros, marcas preservadas, troncos de árvores silicificados, etc.. e que indicam a existência deste ser vivo na época de deposição dos sedimentos que deram origem à rocha.

Fósseis podem indicar idades, sabendo-se, por correlação estratigráfica, por exemplo, idades máximas (quando apareceu a espécie) e mínimas (quando a espécie foi extinta) e podem indicar ambientes e clima durante a deposição do sedimento.

A paleontologia é a ciência que, integrando conhecimentos geológicos e biológicos, tem como enfoque o estudo dos fósseis.

## **Fratura**

Superfície planar de descontinuidade física das rochas (fratura) em que não se verifica deslocamento dos dois lados como nas falhas.

As diáclases podem ter várias origens:

- a mais comum é tectônica em que uma tensão origina planos quase ortogonais e outros associados de fraturas (o conjunto das atitudes preferenciais chama-se sistema de juntas);
- o resfriamento de magma e sua consolidação com diminuição de volume, principalmente de baixa profundidade e extravasado como derrame de lava, provoca a formação de juntas colunares que tendem a ser hexagonais;
- o aquecimento de rochas homogêneas ao sol e o seu resfriamento a noite pode provocar juntas como lascas curvas que acompanham o modelado da superfície do monolito exposto;...

## **G...**

### **Geocronologia**

[*geo*=Terra; *chronos*=tempo/idade; *logus*=estudo/conhecimento]

Estudo do tempo geológico, através da datação absoluta e relativa dos diversos eventos geológicos (e.g. cristalização e re-cristalização de rochas e minerais, deposição de sedimentos, formação de depósitos minerais, etc).

Os métodos de datação absoluta de rochas e minerais baseados na desintegração radioativa de isótopos e na determinação das composições isotópicas de materiais naturais constituem as principais ferramentas da geocronologia. O lento acúmulo de isótopos radiogênicos, i.e. resultantes do processo de desintegração, permite a datação absoluta das rochas e minerais se as quantidades dos isótopos radioativos e radiogênicos forem medidas precisamente. Vários são os métodos de datação, entre eles: método U-Pb; método K-Ar, método Ar-Ar, método Rb-Sr, método Sm-Nd, método Re-Os, método hdo  $^{14}\text{C}$ , traços de fissão, entre outros.

## **Geomorfologia**

Estudo das formas de relevo (montanhas, vales, planícies,..) e das drenagens associadas com a definição de padrões morfológicos, buscando-se a interpretação da origem e evolução desses padrões principalmente face a controles lito-estruturais e climáticos.

## **Granito**

Rocha plutônica supersaturada composta essencialmente por quartzo e feldspatos (K-feldspato predominando sobre feldspato Na-Ca plagioclásico), aos quais, frequentemente, associam-se, em quantidades bem menores, minerais máficos, como a biotita, ou félsicos como a muscovita.

## **Granoblástica**

Textura metamórfica com arranjo dos minerais na forma de grãos que tendem a ser equidimensionais, poligonizados, a lenticulados e orientados quando dão origem a uma foliação por achatamento de grãos.

Rocha que frequentemente apresenta textura granoblástica é o gnaiss, cujos componentes principais são o quartzo e feldspatos que mostram esta tendência equidimensional.

## **Granodiorito**

Rocha ígnea plutônica com componentes essenciais quartzo, plagioclásio e K feldspato; biotita e/ou hornblenda geralmente presentes.

## **Granulito**

Rocha de alto grau metamórfico cuja designação é a mesma da fácies metamórfica regional de alta temperatura, elevado grau geotérmico (T/P) e condições anidras ( $P_{carga} \gg P_{H_2O}$ ) que levam a rocha a ter paragênese metamórfica tipicamente anidra.

A classificação da rocha exige a sua caracterização composicional (*Ex.*: granulito ácido; granulito diorítico, granulito ultramáfico..).

Existem muitos termos para designar fácies específicas tais como: leptinito, charnockito, enderbitito..

São rochas granoblásticas, maciças a foliadas, granulação variável de muito fina (leptinitos, por exemplo) até muito grossa (alguns charnockitos, por exemplo).

## **Grupo**

Unidade formal de categoria imediatamente superior à formação. O grupo deve ser formado por duas ou mais formações. As formações que compõem um grupo não necessitam ser as mesmas em toda a sua área de ocorrência.

## **H...**

## **Hábito**

Hábito de um mineral corresponde à descrição de forma ou formas em que ele ocorre como cristal, como agregado de cristais ou massa cristalina, tipo de geminações, irregularidades de cristalização, zonações, etc...

O hábito, considerado em seus vários aspectos, frequentemente, é típico da espécie ou variedade mineral, servindo para a sua identificação.

## **Hidrotermal**

[*hidro*=água; *termal*=quente]

Referente a fluido aquoso aquecido, combinado ou não com outras fases fluidas (CO<sub>2</sub> principalmente) em várias proporções, geralmente no estado supercrítico e fortemente reativo, com proveniência mantélica, ígnea ou metamórfica, podendo ainda ter origem meteórica, marinha ou sedimentar em correntes de convecção aquecidas por intrusões ígneas.

A ação hidrotermal ocorre em vários ambientes geológicos crustais, sendo marcantes os processo de alteração dos minerais pré-existentes.

O metamorfismo de fundo oceânico está fortemente relacionado com processos hidrotermais pré a sin-metamórficos com alteração por água do mar fortemente aquecida que circula em correntes convectivas mobilizadas pelo calor do magma ascendente na ridge meso-oceânica. Muitas jazidas minerais, como às relacionadas aos greisens, estão relacionadas a processos de alteração hidrotermal, com extração e posterior deposição de metais de forma seletiva dadas as

características geoquímicas de rochas e fluidos envolvidos junto a plutons intrusivos aquecendo fortemente o seu entôrnio.

I...

## **Idade**

Menor unidade de divisão do tempo geológico hierarquicamente abaixo de época.

Em estratigrafia, a idade (divisão cronológica) tem correspondência na unidade cronogeológica Andar (divisão cronoestratigráfica).

## **Idade absoluta**

Tempo geológico expresso em anos até o presente.

As idades absolutas das rochas são obtidas por vários métodos, notadamente os que se baseiam em decaimento radioativo, tais como: datação U-Pb, método do  $^{14}\text{C}$ , método K-Ar. Comumente são utilizadas as seguintes abreviaturas para as idades das rochas: Ka= milhares de anos(kilo); Ma=milhões de anos (mega); Ga=bilhões de anos (giga).

Observa-se que a idade absoluta refere-se à escala de tempo de um ano atual e que nos primórdios da Terra, os anos eram de menor duração.

## **Intemperismo**

Processo ou conjunto de processos combinados químicos, físicos e/ou biológicos de desintegração e/ou degradação e decomposição de rochas causados por agentes geológicos diversos junto à superfície da crosta terrestre.

O intemperismo pode ser: **químico, mecânico e biológico.**

No tipo de **intemperismo químico**, destaca-se ação da água da chuva carregada de outros elementos atmosféricos, como o  $\text{CO}_2$ : ela ataca minerais da rocha em sua superfície exposta e em suas fraturas e os decompõem dando origem a novos minerais, estáveis às condições da superfície terrestre, e a solutos que migram pelas fraturas da rocha ou nas águas superficiais em direção ao mar. No tipo de **intemperismo físico ou mecânico** destaca-se a ação das variações de temperatura na superfície terrestre o que ocasiona dilatações e contrações nas rochas que se

fraturam, favorecendo a degradação por outros agentes também; a dissolução de água em geleiras e sua cristalização em fraturas provoca o esfacelamento em blocos de rocha pelo aumento de volume da água ao formar o gelo de forma semelhante ao que pode ocorrer com a cristalização de sais com aumento de volume em fissuras de rochas e de minerais.

No **intemperismo biogênico** é importante a ação dos seres vivos como as cracas e mexilhões no mar, as raízes de plantas na terra, e outros seres que promovem ou auxiliam no processo de intemperismo, podendo-se dizer que, em última análise, estes processos são, na realidade, químicos e/ou físicos, como, por exemplo, ácidos úmicos (químico) e crescimento e expansão nas fraturas de rochas(físico) de raízes de plantas.

### **Interflúvio**

Zona de cumeada que separa as nascentes de duas bacias de drenagem

### **Isótopo**

Isótopos são átomos com mesmo número atômico mas com massa diferente.

**J...**

### **Junção tríplice**

Junção de tres placas litosféricas formando ângulo de cerca de 120 graus.

As junções tríplices estão relacionadas a estruturas extensionais de rifteamento em decorrência de domação e estiramento listosférico que tem por causa mais assumida a existência de uma pluma mantélica, aquecendo a litosfera na região central abaixo da junção.

### **Jusante**

(a) No sentido de rio ou talvegue abaixo para onde correm as águas; [*Ant. montante*]

(b) Maré vazante ou lado para onde corre a maré vazante.

**L...**

## **Laterita**

Solo fortemente lixiviado por intemperismo químico que se desenvolve em climas tropicais a temperados úmidos, pobre em nutrientes e com alta concentração residual de hidróxidos de Fe e Al.

A alta concentração residual acompanhada do ressecamento desses hidróxidos de Fe e Al pouco solúveis leva a formação de uma crosta ou carapaça laterítica muito resistente aos agentes erosivos.

## **Rocha leucocrática**

Rocha clara com predominância de minerais claros e menos de 30-37% de minerais máficos escuros.

## **Lineação metamórfica**

Estrutura metamórfica que se caracteriza por apresentar orientação preferencial segundo "linhas" paralelas, tais como: eixos de microdobras; minerais metamórficos, prismáticos ou aciculares, dispostos sub-paralelamente; seixos ou outros componentes litológicos reliquiães ou pré-tectônicos estirados segundo uma direção linear preferencial.

## **Lineamento**

Feição isolada ou conjunto de feições de topografia, de drenagem ou de variação de tonalidade em imagem (foto aérea, satélite,..) ou em mapa topográfico que se apresenta como um alinhamento e que reflete elementos da estrutura geológica, como direções de camadas, de xistosidade, de falha, de cinturão de cisalhamento, de sistema de fraturas.

Os lineamentos podem formar um conjunto discreto, definindo uma zona de falha, por exemplo, ou serem pervasivos, distribuindo-se de forma consistente por amplas áreas; definem, neste caso, provavelmente, estratificação, xistosidade ou outro elemento estrutural mais ubíquo do que falhas e diques.

A interpretação das virgações e formas dos lineamentos, associadamente com o conhecimento de atitudes medidas em campo ou interpretadas em imagens, permite se deduzir as estruturas

dobradas (sinclinais, anticlinais, domos,..) e, também, os deslocamentos de falhas a partir de arrastos de falhamento.

### **Litificação**

[*Sin.* petrificação]

Processo de transformação de material friável, inconsolidado, principalmente sedimentar, em rocha maciça, podendo envolver vários processos como desidratação, compactação, cimentação, recristalizações, lateritização.

### **Litoestratigrafia**

Estudo estratigráfico que visa a determinação do empilhamento ou sucessão estratigráfica vertical de unidades litológicas (rochosas) e de lacunas neste empilhamento e a continuidade lateral dessas unidades cujos limites podem ser diacrônicos.

### **Litotipo**

Quando se caracteriza um fácies litológico como uma rocha ou uma associação de rochas, para distinguir de outras rochas ou associações litológicas em estudo, considerado qualquer aspecto genético, composicional, químico ou mineralógico, morfológico, estrutural ou textural distintivo para fins de referência em um estudo geológico.

M...

### **Magma**

Material rochoso em fusão originada em profundidades crustais a mantélicas que ascende na crosta terrestre e que, ao resfriar, se solidifica como rocha magmática.

O magma pode conter fase gasosa e em seu deslocamento incorporar fragmentos sólidos de material das paredes de dutos por onde passa ou de encaixantes (xenólitos) ou, ainda, das injeções anteriores do próprio magma já solidificado (autólitos) além de cristais neoformados no próprio magma. Ao extravasar na superfície da terra o magma chama-se lava.

### **Marcas de corrente**

Marcas de ondulação assimétricas formadas pela ondulação provocada pelo arrasto da água de correntes (fluviais, marinhas, de maré,..) no fundo.

As marcas de corrente são um bom indicador estratigráfico e paleogeográfico pois elas indicam tanto a posição de topo e base estratigráficas (geopetal) quanto a direção da corrente.

### **Marcas de onda**

Marcas de ondulação (ripple marks) simétricas formadas pela oscilação do movimento de ondas em ambiente sub-aquático.

### **Marcas de ondulação**

Superfície ritmicamente ondulada, com comprimento de onda centimétrico a decimétrico, em sedimentos arenosos ou siltsos que se forma em dunas, pela ação do vento, e em ambientes sub-aquáticos, pela ação de ondas e de correntes.

Essas marcas podem ser simétricas ou assimétricas. As simétricas são mais típicas do vai e vem de ondas em lâmina d'água rasa e as assimétricas, são comuns quando a ondulação é formada por um fluxo de corrente, eólico, fluvial, de canal de maré,..

Os dois tipos, simétricas e assimétricas, são importantes para determinar se houve inversão estratigráfica (topo e base de camadas: geopetal) pois pontas mais agudas ou cúspides dessas feições apontam para cima, enquanto que nos moldes, preenchendo as *ripple marks*, essas pontas corresponderão a reentrâncias apertadas.

As marcas de corrente, ondulações assimétricas, além de definir a sequência estratigráfica, servem para, usando-se medidas estatísticas da assimetria, determinar o rumo preferencial da corrente eólica ou aquática, pois o lado mais íngreme é o lado contrário ao do fluxo. Estruturas secundárias, como às de interseção de xistosidades e clivagens, podem parecer marcas de onda ou de correntes.

### **Matacão**

Fragmento de rocha com mais de 25 cm de diâmetro, apresentando, muitas vezes formas esferóides.

Os matacões podem ter várias origens: formação *in situ* como blocos não intemperizados, muitas vezes redondos por esfoliação esferoidal, remanescentes da erosão do solo, ou como material sedimentar originado por desgaste erosivo em rios, em leques aluviais, junto a falésias com o embate de ondas, por transporte glacial,.. Constituem importante componente de conglomerados grosseiros, de till e tilitos e de brechas de talus, fanglomerados, entre outros. São comuns os campos de *boulders* em terrenos de rocha homogênea como granitos, gabros,.. onde ocorreu esfoliação esferoidal e retirada, por erosão, do solo residual que existia entre os matacões.

## **Maturidade**

(a) Medida do grau de seleção e classificação dos componentes de um sedimento clástico.

(b) Grau de peneplanação do relevo de áreas emersas.

(a) Em climas glaciais e em climas áridos, a desagregação das rochas se dá com intemperismo químico limitado. Como resultado os sedimentos associados a tais climas tendem a ser compostos por minerais diversificados que sofreram pouca ou nenhuma alteração química, ou seja, os sedimentos são mal selecionados e ditos imaturos.

Já em clima úmido, ocorre alteração ou intemperismo químico significativo e os componentes clásticos mais comuns são areias quartzosas e bem separados dos produtos argilosos de alteração dos minerais menos resistentes ao intemperismo que separam-se no transporte sendo depositados em outros sítios; neste caso a sedimentação é dita madura.

Sedimentação imatura, mal selecionada e mal classificada, pode ocorrer, entretanto, de forma localizada em clima úmido desde que se tenha erosão e transporte rápidos como consequência de uma topografia jovem com fortes relevos que não dão tempo a que o processo de intemperismo químico atue e separe os minerais mais resistentes.

(b) O soerguimento orogenético ou epirogenético expõem as rochas a forte erosão por elevar a superfície terrestre bem acima do nível base de erosão global que é o nível do mar. Relevos assim elevados são ditos jovens e sofrem altas taxas de erosão.

A medida em que atua a erosão, a área vai sendo erodida e a taxa de erosão começa a ser compensada pela de deposição em planícies aluviais; com este equilíbrio, tem-se um relevo maduro.

Com a peneplanação acentuada tem-se relevo baixo e plano, e rio meandantes com taxas

erosivas mínimas e de deposição aluvionar acentuadas, o que caracteriza um relevo senil ou velho.

O grau de maturidade geomorfológica do relevo e sua modificação é fortemente afetado por:

- tectônica de soerguimento ou de rebaixamento da crosta, levando, respectivamente, ao rejuvenescimento ou ao amadurecimento da região;
- movimentos eustáticos positivos ou negativos (subida e descida do nível dos mares), levando, respectivamente, ao amadurecimento e ao rejuvenescimento globais na Terra;
- modificações climáticas: climas úmidos com maior precipitação pluvial ou aquecimento, derretendo mais águas de geleiras, aumentam o poder erosivo do sistema fluvial;
- captura de drenagens aumenta o poder erosivo do rio, enquanto que o rio com nascentes capturadas fica mais "velho".

## **Meandro**

Curva acentuada de um rio que corre em sua planície aluvial e que muda de forma e posição com as variações de maior ou menor energia e carga fluviais durante as várias estações do ano.

Meandros são típicos em planícies aluviais (topografia madura), mas podem ocorrer de forma mais restrita, também, em outras condições como sobre terrenos sedimentares horizontalizados.

O canal do rio muda constantemente de posição ao longo da planície aluvionar, através de um processo continuado de erosão e deposição em suas margens, daí o meandro receber o nome de meandro divagante. As margens externas do meandro, centrífugas da corrente fluvial, apresentam barrancas progressivamente erodidas, e na margem interna ocorre deposição, principalmente de areia. Este processo leva a acentuar a curvatura do meandro que acaba formando uma volta inteira e sendo truncado em um ponto por onde passa a escoar a corrente fluvial deixando o **meandro** antigo **abandonado** e fechado como um lago em forma de U.

## **Meandro abandonado**

Meandro que fechou em 360° e foi, assim, desconectado do canal fluvial principal e abandonado. Barras de areia tamponam o meandro que vira um lago em U (*oxbow lake*).

## Mergulho

[Inglês: *dip*]

Valor angular entre o plano horizontal e um plano geológico (camada sedimentar, por exemplo) ou entre o plano horizontal e uma linha geológica (lineação de minerais metamórficos, por exemplo).

Na anotação de atitudes de planos ou linhas geológicas, ao valor angular do mergulho deve ser associado o sentido, definido com relação ao N verdadeiro, para onde mergulha este plano ou esta linha.

## Mesozóico

Era geológica do eon Fanerozóico e que se estendeu do fim do Paleozóico, há aproximadamente, 245 milhões de anos até o início do Cenozóico, há cerca de 65 milhões de anos.

## Meta

Prefixo usado para caracterizar uma rocha metamórfica e usado junto com o nome do protólito, como, por exemplo: rocha metavulcânica; metagabro; metadiorito; metassedimento; metagrauvaca.

## Metamorfismo

[grego: *meta*=mudança; *morfos*=forma]

Processos de transformações mineralógicas, texturais e estruturais de uma rocha pré-existente ou protólito sob a ação de variáveis temperatura e/ou pressão (litostática, dirigida e/ou de fluidos) sem mudança química significativa e no estado sólido.

Os protólitos de rochas metamórficas podem ser ígneos, sedimentares ou, mesmo, metamórficos. O metamorfismo é definido como um processo geológico isoquímico, ou seja: a rocha original não sofre mudança química; na realidade, os processos de transformações metamórficas implicam, sempre, em alguma modificação química, desde mínima ou em escala limitada, até muito importante, quando deixamos de designar a rocha de metamorfito e passamos a designá-la de metassomatito.

Ocorrendo fusão parcial da rocha, normalmente associada com metassomatismo, ao serem atingidos altos graus de metamorfismo, tem-se rochas como os migmatitos e no caso de fusão muito importante, gerando neomagma, originam-se rochas anatexíticas.

Existem vários **tipos de metamorfismo**: fundo oceânico, orogênico, dínamotermal ou regional, de soterramento, de contato ou termal, dinâmico ou cataclástico, de impacto.

### **Método do $^{14}\text{C}$**

Método de datação geocronológica absoluta baseado na desintegração radioativa de  $^{14}\text{C}$  originando  $^{12}\text{C}$ .

Usado para datar eventos geológicos cenozóicos e material arqueológico, tendo em vista a pequena meia-vida do isótopo radioativo  $^{14}\text{C}$ .

### **Método U-Pb**

Método de datação geocronológica absoluta baseado na desintegração radioativa de dois isótopos de U ( $^{235}\text{U}$  e  $^{238}\text{U}$ ), dando origem a dois isótopos de Pb ( $^{207}\text{Pb}$  e  $^{206}\text{Pb}$ ). As meias-vidas dos isótopos de urânio são de ca. 0.704 Ga e 4.47 Ga, respectivamente). É aplicado especialmente para a datação de minerais ricos em urânio tais como zircão, monazita, titanita, xenotima, badeleíta e perovskita. Rotineiramente aplicado a rochas e minerais mais velhos que 1 Ma.

[Autor: Pimentel, M.M.]

### **Milonito**

Rocha de metamorfismo dinâmico, fortemente triturada, mas com tendência a comportamento mais dúctil do que o cataclasito por apresentar componentes minerais como clorita, sericita, epidoto, actinolita.. que podem apresentar-se orientados definindo uma foliação milonítica.

A formação de cataclasito ou de milonito é comandada pelas propriedades reológicas da rocha que variam, também, com a menor ou maior pressão de  $\text{H}_2\text{O}$  e com as condições termodinâmicas no momento da tensão. A rocha anidra (com pequena % de minerais hidroxilados como as micas e cloritas) é geralmente mais quebradiça, tendendo a se transformar em cataclasito quando tensionada.

Os prefixos **proto** e **ultra** para os termos CATACLASITO e MILONITO referem-se,

respectivamente, a percentagem de matriz quebrada/triturada da rocha, definindo-se assim, segundo Sibson (1977):

- **protomilonito** (10-50%),
- **milonito** (50-90%) e
- **ultramilonito** (>90%).

## **Mineral**

Substância química natural, sólida, homogênea, geralmente resultante de processos inorgânicos, apresentando estrutura interna ordenada, composição química e propriedades físicas próprias e constantes dentro de certos limites que permitem a sua identificação como espécie mineral.

Os minerais são, juntamente, com outras substâncias naturais os constituintes das rochas. Os minerais são caracterizados por apresentar um arranjo atômico com uma unidade química básica, denominada célula unitária, que se repete organizada e tridimensionalmente (rede cristalográfica) pela extensão do mineral e que se reflete, frequentemente, em sua superfície externa com formas geométricas e faces características como um cristal. Minerais podem ser produzidos por atividades biológicas como a aragonita (madrepérola) de conchas e de pérolas e, são neste caso, chamados de minerais biogênicos ou organógenos. Minerais diversos, como a calcita e a aragonita ( $\text{CaCO}_3$ ), a andalusita, a cianita e a sillimanita ( $\text{Al}_2\text{SiO}_5$ ), o diamante e o grafite (C), podem apresentar a mesma composição química mas com estrutura cristalina diferente, sendo chamados minerais polimorfos. Por outro lado, minerais com composição química diferente podem apresentar a mesma estrutura cristalográfica, sendo chamados isomorfos, como a forsterita ( $\text{Mg}_2\text{SiO}_4$ ) e a fayalita ( $\text{Fe}_2\text{SiO}_4$ ), os plagioclásios e vários outros que compõem as séries isomórficas de minerais. Um mineral deve ser natural e, portanto, substâncias artificiais produzidas pelo homem como cristais de diamante, safira, rubi,.. sintéticos não são minerais. Substâncias líquidas, como água mineral ou metal mercúrio não são minerais, apesar de serem assim, eventualmente, denominadas (água mineral, por exemplo). Substâncias naturais amorfas, como a opala, apesar de manterem uma certa constância de composição química e de características físicas, não apresentam a organização cristalina dos minerais, sendo classificadas como mineralóides (parecidas com minerais).

### **Mineral acessório**

Mineral que ocorre em uma rocha, mas que não é essencial para a classificação da mesma.

Os minerais acessórios podem ser **menores** ou **acidentais**:

- minerais acessórios **menores** são os que ocorrem comumente em pequenas quantidades nas rochas, como apatita, hematita, magnetita,.. sendo comuns, muitas vezes, em determinados tipos de rochas.

- minerais acessórios **acidentais** ou ocasionais são aqueles que aparecem com menos frequência, cabendo destacar que eles podem, em certos casos, se tornar até predominantes, como é o caso de rochas metassomatizadas/hidrotermalizadas, com topázio, turmalina,.. minerais esses que podem formar massas quase puras localizadamente.

### **Mineral essencial**

Mineral que constitui uma rocha e que é essencial para a sua definição e classificação.

Os minerais essenciais tem importância pelo teor em que ocorrem na rocha e/ou pelo seu significado.

### **Mineral pesado**

Mineral com densidade alta, maior que 2,85 e que afunda no bromofórmio, um dos líquidos densos usados para separar minerais de alta densidade.

Os minerais pesados, como o ouro e diamante, concentram-se em sistemas fluviais onde a energia é muito alta e "lava" os minerais leves que são mais comuns, como quartzo e feldspatos.

### **Mineral primário**

Mineral cristalizado durante a constituição da rocha. Termo de aplicação mais comum em rochas magmáticas e em veios mineralizados.

### **Mineral secundário**

Mineral formado após a constituição da rocha em decorrência de processos de alteração.

## **Monzonito**

Rocha ígnea plutônica saturada (quartzo ausente ou subordinado) com componentes essenciais plagioclásio Ca-Na em quantidades aproximadamente iguais a K feldspato e minerais ferromagnesianos piroxênio/hornblenda e biotita.

Latito é o equivalente extrusivo do monzonito.

N...

## **Nematoblástica**

[nemato=vermes; blástica=ver blastese]

Textura metamórfica caracterizada por minerais de hábito alongado, prismático ou acicular, como os anfibólios e a sillimanita, dispendo-se de forma orientada paralela ou sub-paralelamente.

Anfibolitos e anfibólioxistos são rochas que apresentam frequentemente textura nematoblástica

## **Neogeno**

Período geológico da era Cenozóica que se estendeu de 23,5 a 1,75 Ma atrás

## **Neotectônica**

Neotectônica é o estudo de eventos tectônicos jovens que ocorreram desde o Terciário Superior ou que ainda ocorrem associados as últimas orogêneses, epirogêneses ou a tensões crustais diversas.

Os estudos da neotectônica são de fundamental importância para a análise e interpretação da geomorfologia atual e evolução paleogeográfica mais recente.

## **Nível base de erosão**

Nível ou cota de um sistema geológico erosivo abaixo da qual o sistema tem menos energia e ocorre deposição ou não erosão de sedimentos.

O nível base mundial é o nível do mar.

A construção de uma represa muda o nível base de erosão local para o da altitude da lâmina de água dessa represa com referência à bacia de drenagem à montante.

O...

## Orogênese

[Grego: *oros*=montanha; *genus*=geração/origem]

Conjunto de processos geológicos que resultam na formação de uma cadeia de montanhas (orógeno) e relacionado com a tectônica compressional de placas tectônicas.

## Orógeno

[*oros*=montanha; *genus*=geração/origem]

Província tectônica onde se desenrolam os mais diversos processos geológicos relacionados ao confronto de placas litosféricas e à origem das grandes cadeias montanhosas da Terra.

As faixas orogênicas são divididas em duas regiões:

- internides ou *hinterland*: palco de fortes deformações e magmatismo, sem tectônica de empurrão significativa;
- externides (*borderland* termo em desuso): região de tectônica empurrão com escamas e *nappes*, com deformações e metamorfismo menores em direção ao antepaís, constituindo, geralmente, um *thrust and fold belt*.

Orógenos, envolvendo placa oceânica em subducção sob placa com borda continental, são do tipo **acrescionário** (ex: os Andes); quando está envolvida a colisão de duas massas continentais, como ocorre nos Himalaias (placa da Índia sob a Ásia), o orógeno é do tipo **colisional**.

## Orto

Prefixo usado para indicar rochas metamórficas de origem seguramente ígnea, seja plutônica, hipabissal ou vulcânica.

Como nos caso do prefixo "para", usa-se o nome da rocha metamórfica, antecedido do prefixo "orto".

Exemplos:

- ortognaisse: gnaisse derivado de granito, granodiorito,...;
- ortoanfíbólito: anfíbólito derivado de uma rocha ígnea como um basalto ou gabro.

**P...**

### **Padrões de drenagem**

Variações de forma, organização e densidade da rede de drenagem em região geológica e climaticamente distintas, definindo-se padrões diversos como de drenagem rala ou densa e com formas dendrítica, paralela, retangular, radial ou outra.

A drenagem de uma área é fortemente influenciada por dois fatores: climático e geológico, originando **padrões de drenagem** distintos na forma e na densidade. Por exemplo, em climas áridos, mas com uma estação curta de fortes chuvas, são comuns os rios anastomosados. O padrão da drenagem visto em fotos aéreas e mapas permite inferir, também o tipo de rocha e estruturas geológicas em muitos casos: assim, dentro do princípio de "causa<->efeito", as regiões com rochas e solos associados impermeáveis, como às de folhelhos, ardósias..., apresentam drenagem densa com muitos riachos e córregos (águas pluviais escoam por inúmeros pequenos vales) e, pelo contrário, áreas com rochas e solos associados permeáveis, como os arenitos, calcários..., apresentam drenagem rala com poucos talwegues; vales retilíneos isolados podem retratar estruturas de fraturas e de falhas onde as rochas são fraturadas e muitas vezes moídas facilitando a penetração e percolação da água da chuva que altera mais rapidamente as rochas que são aí erodidas formando o vale reto.

Existem vários padrões de drenagem, sendo que a maior parte desses padrões é condicionada à geologia da área: **dendrítico, treliça, paralelo, retangular, radial, anelar,..** Em regiões com rochas solúveis como os calcários, tem-se relevo kárstico e a drenagem superficial é irregular, em certos trechos indistinta, com dolinas e bocas de cavernas indicando pontos de entrada das águas para a drenagem eminentemente subterrânea da região (**drenagem kárstica**).

## **Paleontologia**

[*palaaios*=antigo; *ontos*=ser; *logos*=estudo]

Ciência que estuda a evolução dos seres vivos ao longo dos tempos geológicos através de registros fossilíferos e de seus posicionamentos estratigráfico e paleogeográfico, combinando métodos e conceitos das ciências geológicas e biológicas.

## **Paleózoico**

[*Grego: paleo*=antiga; *zoicos*=refere-se a vida]

Era geológica do eon Fanerozóico que se estendeu de 570 a 245 milhões de anos atrás, antecedida pelo Neoproterozóico (PréCambriano) e sucedida pelo Mesozóico.

## **Panidiomórfica**

[*Ant. alotriomórfica*]

Textura fanerítica em que todos os minerais tendem a ser euédricos.

## **Para**

Prefixo usado para rochas metamórficas de origem seguramente sedimentar.

Como nos caso do prefixo "orto", usa-se o nome da rocha metamórfica, antecedido do prefixo "para".

Exemplos:

- paragnaisse: gnaisse derivado de pelito ou de arcósio;
- para-anfibolito: anfiboito derivado de uma marga.

Obs. o termo paraconglomerado foge dessa regra.

## **Paragênese mineral**

Conjunto de minerais em rochas ígneas ou em rochas metamórficas que, por evidências petrográficas e outras, mostram ter evoluído associadamente em equilíbrio geoquímico e termodinâmico.

## **Paragnaisse**

Gnaisse de origem (protólito) sedimentar.

## **Pegmatito**

Rocha ígnea ou metassomática, normalmente granitóide, que ocorre em veios/diques ou em massas de contatos irregulares, amebóides, e com minerais que tendem a ocorrer com grande tamanho, centimétrico a decimétrico.

Os pegmatitos refletem uma cristalização com fase fluida importante no magma retratada pela ocorrência frequente de minerais como turmalina e micas.

Além de pegmatitos de composição granítica podem ocorrer fácies pegmatíticas (textura de cristais bem desenvolvidos) em rochas gabróicas, sieníticas e outras, devendo-se, nestes casos, caracterizar composicionalmente o pegmatito para não confundir com a fácies comum que é granítica: pegmatito gábrico, pegmatito sienítico,...

## **Pelito**

Rocha detrítica cujos componentes principais são da fração argilosa e do silte e que se originam pela litificação de lamas. Os principais pelitos são os folhelhos, bem estratificados, e os argilitos, com pouca ou nenhuma estratificação.

## **Peneplano**

Região geomorfologicamente madura, com topografia plana e algum relevo suave, desenvolvida por completo processo erosivo que vigorou durante longo período de estabilidade isostática e eustática, resultando em uma superfície de aplainamento.

Para alguns autores o termo peneplano refere-se somente a aplainamento erosional em clima úmido, distinto do aplainamento em clima árido que desenvolve pediplanos.

## **Penetrativa**

Estrutura que ocorre em todas as partes da rocha na escala de estudo ao contrário da estrutura discreta que ocorre localizadamente.

Exemplos: a) estruturas penetrativas: xistosidade, clivagem ardosiana, .. b) estruturas discretas: plano de fratura; planos de clivagem de crenulação separadas por microlitons,..

## **Período**

Divisão do tempo geológico hierarquicamente abaixo de era e acima de época.

Em estratigrafia, o período (divisão cronológica) tem correspondência na unidade cronogeológica sistema (divisão cronoestratigráfica).

## **Permeabilidade**

A propriedade de uma rocha, ou qualquer outro material, de permitir a passagem de água ou outro fluido, como petróleo em maior ou menor vazão por unidade de área.

Observar que esta propriedade é distinta da porosidade.

## **Permiano**

Período geológico mais novo da era Paleozóica que se estendeu de 295 a 250 Ma atrás.

## **Penetrativa**

[*Sin.* pervasiva; não-discreta]

Estrutura que ocorre em todas as partes da rocha na escala de estudo ao contrário da estrutura discreta que ocorre localizadamente.

Exemplos: a) estruturas penetrativas: xistosidade, clivagem ardosiana, .. b) estruturas discretas: plano de fratura; planos de clivagem de crenulação separadas por microlitons,..

## **Petrologia**

É a parte da geologia que tem por objetivo estudar as rochas em geral (ígneas, sedimentares ou metamórficas) com vistas a definir a sua caracterização, constituição, gênese e evolução.

A petrologia envolve a descrição, classificação e sistematização da rocha com ênfase em aspectos genéticos, utilizando-se várias ferramentas como a petrografia (estudo macro e

microscópico das rochas e seus minerais, definindo as texturas e estruturas, a mineralogia e a classificação da rocha); a geoquímica ou litogeoquímica (composição química total ou das paragéneses minerais definindo-se assinaturas geoquímicas que caracterizam ambientes geológicos de formação e/ou transformação da rocha); as propriedades físicas, incluindo aspectos como magnetismo remanescente; a química isotópica (definindo possíveis ambientes de origem e de processos de transformação, além da geocronologia),...

### **Pisólito**

Grão arredondado ou elipsóide do tamanho de grânulo, semelhante em estrutura (concêntrica e radial) e em composição a dos óólitos, mas com tamanho maior, semelhante ao de uma ervilha. Pode se formar por precipitação concrecionada, também.

### **Plagioclásio**

Grupo de minerais feldspáticos, alúmino-silicáticos sódico-cálcicos, triclinicos, de fórmula geral  $(\text{Na,Ca})\text{Al}(\text{Si,Al})\text{Si}_2\text{O}_8$ , que constituem uma série isomórfica completa, variando desde o termo mais sódico (albita- $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ ) até o mais cálcico (anortita- $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ ).

O grupo dos plagioclásios constitui um dos grupos mais importantes da constituição das rochas em geral.

As espécies minerais do grupo são os seguintes (limites dos componentes albita e anortita na solução sólida):

Ab - albita (100-90%Ab / 0-10%An)

Ol - oligoclásio (90-70%Ab / 10-30%An)

And - andesina (70-50%Ab / 30-50%An)

Lab - labradorita (50-30%Ab / 50-70%An)

Bit - bitwninta (30-10%Ab / 70-90%An)

An - anortita (10-0%Ab / 90-100%An)

## **Planície de inundação**

[*Sin.* planície aluvionar]

Planície desenvolvida sobre a calha de um vale preenchido por terrenos aluvionares e que apresenta meandros fluviais divagantes devido a baixa declividade do curso do rio que, em épocas de cheia, extravasa do canal fluvial e inunda a região.

As planícies de inundação ocorrem, normalmente, no baixo curso do rio onde o relevo, mais desbastado pela erosão do que à montante, apresenta pequeno gradiente topográfico; em consequência, a energia fluvial é diminuída e não consegue carregar muito da carga sedimentar do rio que é depositada, colmatando o vale com sedimentos fluviais.

## **Porosidade**

Percentagem de interstícios vazios ou preenchidos por fases líquidas e/ou gasosas com relação ao volume da rocha.

## **Porosidade**

Percentagem de interstícios vazios ou preenchidos por fases líquidas e/ou gasosas com relação ao volume da rocha.

## **Pseudofóssil**

Feição geológica de origem inorgânica e geralmente secundária que se assemelha a um fóssil, como, por exemplo, dendrite.

Q...

## **Quartzito**

Rocha metamórfica cujo componente principal é o quartzo (>75% como ordem de grandeza).

Um quartzito pode ter como protólito arenitos quartzosos (origem mais comum), tufos e riolitos silicosos e chert silicoso. Bolsões (pods) ou veios de quartzo, normalmente produtos de

segregação metamórfica, são muitas vezes retrabalhados por cataclase e metamorfismo dando origem a quartzitos semelhantes aos de origem sedimentar.

### **Quaternário**

Período geológico da era Cenozóica e que se estende de 1,75 Ma atrás até os dias atuais.

### **Quartzomonzonito**

Rocha ígnea plutônica saturada a supersaturada com quartzo (5 a 20%) e com componentes essenciais plagioclásio Ca-Na em quantidades aproximadamente iguais a K feldspato e, em menor quantidade, ocorrem minerais ferromagnesianos como biotita, augita, hornblenda verde e hiperstênio subordinado.

Quartzolatito é o equivalente extrusivo do quartzomonzonito.

**R...**

### **Rapakivi**

Textura maculada de certos granitos, cujos megacristais de feldspato potássico apresentam anel externo de albita ou oligoclásio

### **Regolito**

[*Sin.* manto de intemperismo]

Capeamento natural das rochas (manto de intemperismo), composto por fragmentos de rocha e material inconsolidado, incluindo solo transportado, solo autóctone, depósitos residuais..

### **Rejeito de falha**

[Inglês: *offset*]

Deslocamento entre dois pontos originalmente contíguos em um plano de falha.

O rejeito é definido por um sentido (rejeito relativo) ou por um vetor de deslocamento (rejeito absoluto). O sentido do rejeito pode ser medido por feições impressas nas rochas dos dois lados do espelho de falha, tais como estrias ou ranhuras (*slichensides*), caneluras, ressaltos.

### **Reliquiar**

(a) Textura ou estrutura própria da rocha original (protólito) e que ficou visivelmente preservada apesar das transformações metamórficas ou metassomáticas sofridas pela rocha, como, por exemplo: acamamento ígneo ou sedimentar, textura ofítica, textura porfírica, etc.

(b) Chama-se reliquiar, também, a paragênese mineral do protólito que ficou parcialmente preservada.

### **Rocha**

Substância natural sólida, constituída por minerais ou outras substâncias naturais como o vidro vulcânico.

Uma rocha pode ser constituída por um só mineral (rocha monominerálica) ou por vários minerais; pode ser constituída somente por vidro vulcânico ou por mistura de vidro vulcânico e minerais; pode ser, também, constituída por carvão mineral ou outros restos biológicos junto com minerais diversos; o importante é que a rocha, e seus constituintes, sejam naturais. Substâncias artificiais, como escória siderúrgica, mesmo que cristalizadas, não são rochas, são produtos artificiais.

As rochas são de tres tipos principais:

ígneas,

sedimentares e

metamórficas.

Dentre os minerais que constituem uma rocha, distinguem-se os essenciais, necessários à classificação da rocha, dos acessórios que não necessários para a definição da mesma.

### **Rocha ácida**

Rocha ígnea, supersaturada, com mais de 60% de sílica (SiO<sub>2</sub>), o que leva a ter quartzo em excesso (>10%), modal ou normativo.

Exemplos muito comuns são o granito e o granodiorito, intrusivos, e seus equivalentes efusivos, respectivamente, riolito e riodacito.

### **Rocha básica**

Rocha ígnea saturada em sílica e com teor de SiO<sub>2</sub> entre 44% e 52%, relativamente ricas em Fe, Mg e Ca, como o gabro (plutônico) e o basalto (vulcânico).

### **Rocha calcissilicática**

Rocha metamórfica, maciça ou bandada, composta por minerais cálcio-silicáticos como epidoto, diopsídio, grossulária, escapolita.

Além da origem por metamorfismo regional de chertes carbonáticos, calcários silicosos e margosos (impuros), as rochas calcissilicáticas podem se originar por metassomatismo de calcários ou mármore no contato com granitos (tactito ou skarnito).

### **Rocha encaixante**

Rocha ou rocha de um conjunto de rochas onde se encaixou uma intrusão ígnea (batolito, *sill*, dique,..), um depósito mineral, um domo de sal ou outra massa rochosa diferenciada ou intrusiva e geralmente mais jovem.

### **Rocha hospedeira**

Rocha que contem o mineral em estudo, o minério ou mineral de minério, disseminado ou em finos veios.

### **Rocha ígnea**

Rocha que cristalizou a partir de um magma.

Conforme a profundidade as rochas ígneas são classificadas em:

**plutônicas** (solidificadas em profundidade, geralmente com cristalização mais lenta que se reflete na textura mais grossa dos cristais),

**hipabissais** (solidificadas em níveis mais rasos da crosta e com texturas médias a finas) e **vulcânicas** (solidificadas na superfície e com texturas geralmente finas e não raramente vítreas). As vulcânicas, também são chamadas de extrusivas ou efusivas e as plutônicas e hipabissais de intrusivas.

### **Rocha mãe**

Rocha fresca ou sã que dá origem aos solos locais e que ocorre exposta em afloramentos e/ou subjacente ao capeamento do solo, de capas lateríticas e de outras coberturas residuais ou de pequeno transporte.

### **Rocha melanocrática**

Rocha escura com predominância (mais de 60-67%) de minerais máficos escuros.

### **Rocha mesocrática**

Rocha de tons cinza médio com minerais claros e escuros aproximadamente em quantidades iguais sendo composta por mais de 30-37% e menos de 60-67% de minerais máficos escuros.

### **Rocha metamórfica**

Rocha que sofreu metamorfismo sob a ação de variáveis temperatura e/ou pressão (litostática, dirigida e/ou de fluidos) e que foi reorganizada, textural/ estruturalmente e/ou mineralogicamente face a essas novas condições ou fatores de metamorfismo.

### **Rocha sedimentar**

Rocha constituída pela acumulação de sedimentos clásticos, químicos e/ou biogênicos e que sofre diagênese ou litificação.

### **Rocha sedimentar detrítica**

Rocha constituída, em sua maior parte, por fragmentos detríticos de rochas e/ou minerais pré-existentes provenientes do intemperismo e erosão de rochas anteriores.

Exemplos: arenito, conglomerado, folhelho.

### **Rocha vulcânica**

[Sin.rocha extrusiva; rocha efusiva]

Rocha ígnea formada por magma que extravasa como lava ao atingir a superfície da terra ou o fundo do mar onde se consolida.

### **Rumo**

Definição topológica de um vetor com um sentido de deslocamento de um ponto para outro e projetado verticalmente no plano horizontal.

Exemplos de rumos:

- sentido de deslocamento em um caminhamento geológico,
- sentido de deslocamento em plano de sobrevôo aerofotogramétrico,
- caimento de uma dobra.

O rumo pode ser definido com relação ao N ou S verdadeiros para W ou E ou, diretamente, em azimute *Ex.gr:* S30W = vetor dirigido para quadrante SW, 30 graus com relação ao rumo sul o que equivale a azimute: 210 graus.

### **Rúptil**

Característica reológica de material (rocha, mineral, produto industrial..) que, em determinadas condições termodinâmicas, ao ultrapassar o limite de rigidez, deforma-se permanentemente, fragmentando-se por fraturamentos ou quebramentos ao sofrer tensões.

O comportamento rúptil é aquele em que a rocha apresenta-se rígida e tende a ser quebradiça enquanto que o comportamento dúctil é caracterizado por estiramentos e deformações plásticas. O limite rúptil de um material é definido pela tensão acima da qual o comportamento deixa de ser elástico para se tornar rúptil.

S...

### **Saturação em sílica**

Teor de concentração de SiO<sub>2</sub> em rochas ígneas expresso em minerais silicáticos e associados, normativos ou modais.

São definidos os seguintes grupos de rochas de acordo com este grau de saturação:

(a)**rochas supersaturadas** - rochas com quartzo em excesso, como o granito e o riolito;

(b)**rochas saturadas** - rochas em que os minerais silicáticos não apresentam excesso nem de quartzo, por um lado, nem feldspatóides e/ou olivina, pobres em sílica, por outro lado. Exemplos são o gabro, basalto, diorito, andesito;

(c)**rochas subsaturadas** - rochas com deficiência em sílica, retratada seja pela ocorrência de olivina e/ou de feldspatóides, como, por exemplo, peridotito, nefelina sienitos,...

### **Sedimento**

Material originado por intemperismo e erosão de rochas e solos que é transportado por agentes geológicos (rio, vento, gelo, correntes,..) e que se acumula em locais baixos, desde os sopés de encostas e as planícies aluvionares até as grandes bacias geológicas ou sedimentares.

Os sedimentos tendem a formar depósitos em camadas sedimentares que se transformam em rochas por processos de litificação.

### **Seixo**

Fragmento de mineral ou de rocha, menor do que bloco ou calhau e maior do que grânulo, e que na escala de Wentworth, de uso principal em sedimentologia, corresponde a diâmetro maior do que 4 mm e menor do que 64 mm.

O termo cascalho, usado como sinônimo por alguns autores, implica em depósito ou monte de fragmentos seixosos e outros associados.

## Seleção

Medida da concentração de determinadas rochas ou espécies minerais em depósitos ou rochas sedimentares clásticos.

A separação de minerais e rochas pode se dar por:

- maior resistência química ao intemperismo de alguns minerais, como, por exemplo, concentração de grãos de quartzo em areias de um rio derivados de rochas graníticas que tiveram feldspatos e micas alterados em clima úmido para minerais argilosos finos e que foram transportados para mais longe;
- transporte diferencial dos sedimentos: em locais com forte energia localizada (fluvial, eólica, de correntes marinhas, de movimento de marés, etc.), como em zonas com redemoinhos, concentram-se minerais pesados, de maior densidade (depósitos de areias negras, por exemplo), enquanto os minerais mais leves são levados mais adiante pela corrente.

## Sienito

Rocha ígnea plutônica saturada (quartzo ausente ou subordinado) com componentes essenciais K feldspato, predominando sobre plagioclásio, e ferromagnesianos: biotita, hornblenda, arfvedsonita geralmente importantes.

## Silte

Fragmento de mineral ou rocha menor do que areia fina e maior do que argila e que na escala de Wentworth, de amplo uso em geologia, corresponde a diâmetro  $> 4 \mu\text{m}$  e  $< 64 \mu\text{m}$  (1/256 a 1/16 mm).

Somente em frações mais grossas, já próximo do tamanho de areia fina, é que os fragmentos de silte podem ser percebidos à vista desarmada.

Como depósito sedimentar corresponde a material muito fino e friável e que à medida que se combina com argila, nos sedimentos siltico-argilosos, torna-se mais coeso e plástico.

## Siluriano

Período geológico da era Paleozóica que se estendeu de 435 a 410 Ma atrás.

## **Sin-tectônico**

Mineral metamórfico formado durante o evento de deformação que está sendo considerado e que, por isto, mostra evidências de ter crescido e iterativamente sido tensionado durante este evento.

## **Solifluxão**

Movimento de arrasto lento de solos relevo abaixo pela ação da gravidade e, muitas vezes, ativado pela água da chuva infiltrada intersticialmente às partículas argilosas, diminuindo a coesão dessas partículas e tornando a massa de solo mais plástica e densa.

## **Solo**

[*Conf. regolito*]

Material inconsolidado superficial que ocorre como capa sobre as rochas e desenvolvido por intemperismo, seja *in situ*, das rochas imediatamente abaixo (**solo autóctone**), seja de rochas próximas, tendo sofrido pequeno transporte, muitas vezes com níveis seixosos transportados por enxurradas (**solo alóctone**).

O capeamento de solo varia de lugar para lugar, lateralmente e verticalmente, na dependência de fatores relacionados com a sua formação (tipo de rocha original, clima, relevo..), a sua manutenção (cobertura vegetal com trama radicular principalmente) e com sua degradação (processos erosivos principalmente). Assim, em regiões úmidas e florestadas, o solo pode ser bem profundo e com todos os horizontes, enquanto que em regiões semi-áridas a áridas, é comum o litossolo (solo de rocha com pouca alteração).

Um perfil completo de solo apresenta as seguintes camadas:

**horizonte O** - nível superficial de acumulação de material orgânico de restos de plantas e animais (humus), expressivo em regiões florestadas;

**horizonte A** - camada superior, de mistura da rocha alterada, muitas vezes fortemente lixiviada de elementos solúveis, e de humus, onde se fixa a maior parte das raízes das plantas e vivem animais e vegetais do solo que ajudam a decompor restos orgânicos e deles se alimentam, como bactérias, minhocas..;

**horizonte B** - muitos dos nutrientes, lixiviados dos horizontes superiores ocorrem neste nível que ainda tem restos de humus e pode ser atingido por raízes maiores das plantas;

**horizonte C** - nível da rocha parcialmente alterada, podendo manter vestígios da estrutura e mesmo textura da rocha que deu origem ao solo, sem humus;

**horizonte R** - rocha não alterada que deu origem ao solo e que pode ser a rocha-mãe local (bedrock) ou camada de material fragmentário rochoso trazido por gelo, por gravidade (colúvio), etc.. cobrindo a rocha local.

### **Solo alóctone**

Solo desenvolvido em outro local e transportado para o ponto onde se encontra sobre rocha que não o gerou.

### **Solo autóctone**

Solo desenvolvido no próprio local, tendo como origem a rocha mãe (*bed rock*) que se encontra abaixo.

### **Stock**

Intrusão plutônica de dimensões menores do que às de um batolito e com área aflorante ou com área de afloramento potencial por erosão de, no máximo, 100km<sup>2</sup>.

### **Subédrico**

[*Sin.* subedral]

Grão mineral ou cristal que apresenta faces de crescimento cristalino que lhe são típicas somente em parte de sua superfície externa.

### **Suite**

Unidade litodêmica imediatamente superior ao litodema e que é formada por dois ou mais litodemas associados de uma mesma classe (suíte intrusiva, suíte plutônica, suíte metamórfica).

A suíte é comparável a categoria de grupo das unidades litoestratigráficas. Uma suíte é designada pela classe que a caracteriza e por algum nome geográfico distintivo; exemplos: Suíte Magmática Americano do Brasil, Suíte Granulítica Itauçu, Suíte Metamórfica Anicuns.

[Autores: Winge, M.; Alvarenga, C.J.S.]

### **Superfície de aplainamento**

Penepilano desenvolvido em um ciclo erosivo.

### **Suspensão**

Processo eólico ou fluvial de transporte de partículas sedimentares em que a energia de transporte, com relação ao tamanho, forma e peso da partícula, permite que ela seja mantida em suspensão sem ocorrer saltação nem arrasto.

T...

### **Tectônica**

[*tektonos*=construção]

Qualquer processo geológico em que se tem movimentação ou deslocamento de massas rochosas, construindo ou reorganizando a estrutura terrestre devido a tensões crustais, por exemplo, orogênese, epirogênese, falhamentos, diapirismo..

Regiões sem tectonismo, estáveis dos cratons e de planícies abissais, são ditas regiões atectônicas.

Ver registro de Soerguimento tectônico junto a Sumatra ([hlink](#) enviado por Dr Pedro F.T. Kaul)

### **Tensão**

Esforço (força por unidade de área expresso em quilobária, por exemplo) aplicado em uma massa sólida e que se propaga para o interior dessa massa tendendo a mudar a forma ou o volume dessa massa, deformando-a (*strain*).

Ao esforço aplicado contrapõe-se a rigidez ou resistência própria do material dentro das condições termodinâmicas em jogo.

A análise e interpretação de estruturas tectônicas envolve o entendimento das causas e mecanismos das tensões que originaram essas estruturas, bem como a quantificação das variáveis físicas envolvidas, incluindo o sentido ou vetor do esforço que define topologicamente a tensão aplicada.

Distinguem-se: tensão normal e tensão cisalhante.

A tensão normal atua perpendicularmente à superfície, como compressão ou como extensão e tende a modificar o volume do corpo tensionado.

A tensão cisalhante atua paralelamente à superfície e tende a modificar a forma do corpo tensionado.

### **Terciário**

Período geológico da era Cenozóica. Termo cronoestratigráfico informal que abrange os períodos Paleogeno e Neogeno.

### **Terraço fluvial**

[*Sin.* terraço aluvial]

Terraço constituído por material aluvionar mais antigo e em nível mais alto do que o atual da planície aluvionar e que ficou como testemunho de um período da evolução desta planície.

A origem desses terraços pode estar ligada a várias causas: evolução geomorfológica, mudanças climáticas e/ou processos tectônicos que se refletem em mudança de poder erosivo da corrente fluvial por aumento de competência, do gradiente topográfico e/ou de mudança de nível base, levando a erosão da própria planície que deixa como testemunhos esses terraços. Assim, a formação de um terraço fluvial pode ter várias causas, tais como: soerguimento epirogenético da região; falhamento soerguendo localmente ou abatendo a jusante; captura fluvial na bacia o poder erosivo do rio.

## **Toleito**

[*Sin.* basalto toleítico]

Basalto de enorme distribuição terrestre derivado de magma supersaturado em sílica e constituído essencialmente de plagioclásio cálcico e de piroxênio subcálcico (augita e pigeonita). Rocha derivada do resfriamento de magma da série toleítica, seja na forma de crosta oceânica, gerada nas ridges, seja formando os extensos platôs de basaltos continentais, como os da Bacia do Paraná e do Decca na Índia.

## **Triássico**

Período geológico mais antigo da era Mesozóica que se estendeu de 250 a 203 Ma atrás

## **Tonalito**

Rocha ígnea plutônica com componentes essenciais quartzo, plagioclásio (K feldspato subordinado); biotita e/ou hornblenda geralmente importantes.

## **Turbidito**

Rocha sedimentar originada em ambientes sub-aquáticos de taludes com correntes de turbidez. Os turbiditos são sedimentos cujo tamanho dos fragmentos varia desde conglomerado (algum clastos possuem vários metros de diâmetro) até as frações siltico-argilosas, com o tamanho de grão dominante sendo o de arenito médio e fino. É comum os turbiditos formarem sequências de deposição de sedimentos finos a médios, com estratificação rítmica e gradacional, mas um turbidito pode estar representado por apenas uma camada. Estas rochas se depositam normalmente nos contextos de talude e bacia, formando canais e lobos.

U...

## **Unidade litoestratigráfica**

Conjunto de rochas individualizadas e delimitadas com base nos seus caracteres litológicos, independentemente da sua idade.

Distinguem-se as seguintes unidades litoestratigráficas:

**Formação** é a unidade fundamental na nomenclatura estratigráfica formal. Caracteriza-se por um corpo de rochas identificado pelas suas características líticas e sua posição estratigráfica. Ela deve ser mapeável em superfície ou em subsuperfície.

**Membro** é a unidade litoestratigráfica formal imediatamente abaixo da formação, tendo sempre que fazer parte de uma formação. Caracteriza-se por apresentar aspectos litológicos próprios que podem ser individualizados das partes adjacentes da formação. Uma formação não necessita ser totalmente dividida em membros.

**Camada** é a unidade formal de menor hierarquia da nomenclatura estratigráfica. Espessura e mapeabilidade não são consideradas para sua individualização, podendo variar de centímetros a metros.

**Grupo** é a unidade formal de categoria imediatamente superior à formação. O grupo deve ser formado por duas ou mais formações. As formações que compõem um grupo não necessitam de ser as mesmas em toda a sua área de ocorrência.

**Supergrupo** é formado pela associação de vários grupos que apresentem características litoestratigráficas interrelacionáveis.

**Subgrupo** é a unidade litoestratigráfica que inclui apenas algumas das formações de um grupo.

### **Unidades estratigráficas**

Unidades estratigráficas correspondem à caracterização hierarquizada de unidades geológicas com base em características litológicas, físico-químicas e/ou cronológicas.

As unidades estratigráficas dividem-se em formais e informais:

- unidades formais são aquelas que seguem o esquema de regras de definição estipuladas por instituições credenciadas de normas e código estratigráfico, como a ICS (International Commission on Stratigraphy) da IUGS (International Union of Geological Sciences), sendo que as unidades devem ser sempre designadas em maiúsculas (*Ex:* Grupo Bauru).
  - unidades informais são aquelas que não seguem as regras de definição, classificação e designação, principalmente com vistas a identificação expedita em serviços de reconhecimento, de mineração e outros (*Ex:* "nível mineralizado A"; "camada conglomerática").
- As unidades formais podem ser de diversas categorias, divididas, essencialmente, em propriedades intrínsecas materiais (ou litológicas) ou em conceito cronológico ou geocronológico.

### **Uralitização**

Alteração deutérica, hidrotermal ou retrometamórfica de piroxênio em anfibólio(s); vários outros minerais podem entrar como produtos ou como reagentes nesta reação de hidratação.

**V...**

### **Vesícula**

Cavidade decorrente da retenção de bolhas gasosas de fluido(s) separado do magma que se solidifica em rochas vulcânicas e intrusivas de baixa profundidade.

### **Vesicular**

Textura de rocha ígnea vulcânica ou hipabissal rasa com muitas vesículas que se concentram nas partes altas de um derrame.

### **Vossoroça**

[*Sin.* vossoroça]

Ravina geralmente muito funda, podendo atingir mais de 10 m de profundidade, desenvolvida por erosão acentuada.

A origem de bossorocas é decorrente, com muita frequência, do desmatamento das cabeceiras e matas ciliares ou de galeria para o plantio de pasto com gramíneas que não seguram a erosão que se processa, assim, de forma vigorosa e rápida.

**X...**

### **Xenólito**

Os xenólitos são fragmentos de rochas do teto ou das paredes da intrusão e envolvidos pelo magma (*magmatic stopping*) ou arrancados das paredes dos dutos magmáticos abaixo e trazidos dentro do magma.

Os xenólitos distinguem-se de fragmentos da mesma rocha intrusiva, chamados autólitos, e que foram envolvidos por novo(s) afluxo(s) magmáticos.

### **Xisto verde**

Xisto derivado de rocha máfica, basaltos e gabros principalmente, em condições de baixo grau metamórfico e forte pressão de H<sub>2</sub>O, formando minerais verdes como: actinolita, epidoto, clorita, junto com albita e algum quartzo.

**Z...**

### **Zona de cisalhamento**

[Inglês: *shear zone*]

Faixa tectonizada extensa, relativamente estreita, caracterizada por apresentar rochas cataclasadas e milonitizadas em vários graus com termos extremos de deformação quebradiça, como brechas e cataclasitos, de níveis crustais mais rasos, e de deformação dúctil, com milonitos, filonitos, blasto-milonitos, etc.. de níveis mais profundos e aquecidos da crosta.

### **Zona metamórfica**

Região ou faixa de um terreno metamórfico, delimitada por isógrads, apresentando um determinado grau de metamorfismo correspondente a determinadas condições termodinâmicas dos limites.

As zonas são designadas pelo aparecimento de minerais índices; por exemplo, para fácies metapelíticas em graus de metamorfismo crescente: z. da clorita, z. da biotita, z. da granada, z. da cianita, z. da sillimanita.

## **Zona de oxidação**

Termo de uso muito comum para designar a parte superior de depósitos minerais, logo acima do lençol freático com alto potencial redox onde minerais primários são mais facilmente decompostos e oxidados; coincide em parte com o termo de uso mais genérico de zona de aeração.

Assim, por exemplo, sulfetos de jazidas de Cu, Pb, Zn,.. são oxidados formando hidróxidos, carbonatos e sulfatos e parte dos cations entra em solução e pode ser reprecipitado como sulfeto secundário abaixo do lençol freático na zona de cementação.

## **ANEXO 1**

**GLOSSÁRIOS: GEOLÓGICO, GEOMORFOLÓGICO E HIDROGEOLÓGICO.**

## GLOSSÁRIO DE TERMOS GEOMORFOLÓGICOS

**Acidente do Relevo:** denominação usada para qualquer forma de relevo que ofereça contraste com outras que lhe está próxima.

**Active:** o contrário de declive, isto é, inclinação de um trecho de uma superfície, que pode ser uma encosta de morro, o reverso de uma *cuesta*, a vertente de uma serra, etc. É geralmente forte nas regiões montanhosas e fraco nas regiões planas ou pouco acidentadas.

**Afluente:** sinônimo de tributário, referindo-se a um curso d'água, cujo volume ou descarga contribui para aumentar outro, no qual desemboca. Pode desembocar também em um lago ou em uma lagoa.

**Agentes de Erosão:** conjunto de forças que contribuem para a alteração da configuração morfológica da paisagem ao longo do tempo geológico (destruição e sedimentação ou construção de novas formas). Os agentes de erosão são, na sua maior parte, de origem climática, podendo derivar, direta ou indiretamente da ação do clima. A literatura geomorfológica contemporânea caracteriza os Agentes de Erosão, como **Processos Geomorfológicos**, podendo ser classificados em três tipos: processos intempéricos, processos erosivos e processos deposicionais.

**Agradação do Relevo:** processo de acumulação de sedimentos nas zonas de depressões relativas, que torna a superfície da litosfera mais uniforme. As formas de agradação dizem respeito a formas de relevo de acumulação; como exemplos, têm-se as planícies, enquanto que as formas de degradação estão ligadas ao desgaste provocado pelos agentes exodinâmicos. Resultam, portanto, de processos deposicionais ou agradacionais.

**Alto Estrutural:** sinônimo de *horst*. Porção do embasamento rochoso que foi soerguido por um conjunto de esforços tectônicos determinado por falhas normais. Caso não ocorra inversão de relevo decorrente de processos denudacionais subseqüentes, corresponde a uma porção elevada do relevo regional.

**Alvéolo:** representa seções alargadas do fundo do vale devido a processos de migração lateral do canal, geralmente entulhado de sedimentos. Frequentemente, os alvéolos são produzidos em

bacias suspensas, imediatamente a montante de estrangulamentos do vale associados com níveis de base locais.

**Amplitude de Relevo:** sinônimo de **desnivelamento topográfico** - diferença de altitudes entre o ponto mais alto e o ponto mais baixo de uma determinada feição do relevo.

**Área de Drenagem:** o mesmo que bacia de drenagem ou bacia hidrográfica.

**Areal:** trecho ou área de solo de uma região constituído só de areias predominantemente, de quartzo.

**Assoreamento:** diz-se dos processos geomórficos de deposição de sedimentos. Como exemplos são fluvial, eólico, marinho.

**Avulsão:** processo da morfodinâmica fluvial, característica de rios de padrão meandrante, que consiste na migração lateral do canal em contínua erosão das margens côncavas e acreção / deposição nas margens convexas. Em rios de alta sinuosidade, o processo de avulsão pode promover meandros abandonados (*ox-bow lakes*).

**Bacia de Drenagem:** área da superfície terrestre delimitada por divisores de drenagem, que drena água, sedimentos e materiais dissolvidos para uma saída comum, num determinado ponto do canal fluvial; funciona como um sistema aberto, que recebe energia por meio da entrada de água (precipitação) ou elevação do nível da base (tectônica) e a dissipa através da vazão de água e sedimentos pelo rio principal. Este conceito deve incluir também uma abordagem sistêmica, possibilitada pela análise hierarquizada em bacias e sub-bacias e regida pela dinâmica evolutiva que ocorre nas linhas divisoras de água sob o efeito dos agentes erosivos, alargando ou diminuindo a área da bacia. O recorte espacial expresso pela Bacia de Drenagem consiste na unidade de planejamento mais adequada para análise ambiental.

**Bacia Hidrográfica:** área de drenagem circunscrita aos seus divisores topográficos. Sinônimo de área de drenagem ou bacia de drenagem.

**Baixada:** área deposicional proveniente de uma sedimentação fluvial, flúvio-marinha ou marinha, estando topograficamente deprimida em relação aos terrenos contíguos, ou junto à linha de costa.

**Baixo Estrutural:** sinônimo de *graben*. Porção do embasamento rochoso que sofreu subsidência devido a um conjunto de esforços tectônicos determinado por falhas normais, configurando uma depressão tectônica. Caso não ocorra inversão de relevo decorrente de processos denudacionais subseqüentes, corresponde a uma porção rebaixada do relevo regional.

**Banco:** camada ou estrato de material depositado, tendo uma espessura relativamente grande. Geralmente se usa este termo para os depósitos de areia estratificada - banco de areia.

**Barra Arenosa:** banco arenoso depositado, em geral, nas margens convexas dos canais ou em “zonas de sombra” de ilhas fluviais, estando imersas nos períodos de cheias dos rios. Atesta relevante atividade morfodinâmica fluvial dos sistemas de drenagem (erosão - sedimentação - transporte). Todavia, as mais expressivas barras fluviais situam-se nas desembocaduras dos rios.

**Barranca:** trecho de um rio onde se observa o aparecimento de margens com fortes declives (margens em talude) que chegam às vezes a mais de 80° a 85°. As barrancas aparecem geralmente quando o rio se encaixa. Os processos de erosão fluvial (desbarrancamento) por migração lateral do canal são muito freqüentes nessas feições de relevo, sendo regionalmente conhecidas na Amazônia pelo fenômeno de *Terras Caídas*.

**Basculamento:** sinônimo de **adernamento**. Representa um evento tectônico que promove o envergamento ou a inclinação de uma determinada superfície sem, contudo, imprimir importantes deformações.

**Bloco:** fragmento de rocha, de natureza autóctone ou alóctone, cujo diâmetro é superior a 500 mm, ou ½ metro.

**Boulder ou Matacão:** fragmentos de rochas compactas de grandes dimensões (podendo atingir vários metros de diâmetro), de gênese diversificada, podendo ser produzidas por: esfoliação esferoidal em forma de casca de cebola, sendo geralmente originadas pelos efeitos térmicos

acompanhados dos fenômenos de hidratação (freqüentemente observada em granitos e basaltos). São formados também pelo intemperismo diferencial em zonas de fraturas (em rochas onde se observa um padrão de diaclasamento ortogonal); pelo transporte incipiente e turbulento por movimentos de massa, sendo encontrados em possantes depósitos de tálus.

**Brejo:** terreno plano, periódica ou prolongadamente encharcado, com nível freático sub-aflorante a aflorante, comuns em áreas de planície fluviais, baixadas, ou depressões das superfícies aplainadas.

**Cabeceira:** feição côncava (ou concavidade) situada em zonas elevadas do relevo regional onde ocorre uma concentração dos fluxos d'água subterrâneos, no ponto onde o lençol freático aflora a superfície. Área onde surgem os olhos d'água que dão origem a um curso fluvial. É o oposto de foz. Sinônimos são nascentes, fonte, mina, etc.

**Cachoeira:** sinônimo de **catarata**, **salto**, ou **cascata**. Queda d'água no curso de um rio, ocasionada pela existência de um degrau no perfil longitudinal do mesmo, podendo ser de menos de 10 metros até várias centenas de metros. Pode ser denominado de **nível de base local** ou **knickpoint**. Sua ocorrência pode estar associada ao afloramento de rochas mais resistentes ao intemperismo e erosão ou às reativações tectônicas de planos de falha transversais ao curso do Rio.

**Caos de Blocos:** esta feição geomorfológica caracteriza-se pela disseminação de blocos rochosos “in situ” em meio às superfícies aplainadas. Representam o arrasamento final dos *inselbergs* e outros relevos residuais e ocorre através da destruição completa dos *tors* e a formação do caos de blocos.

**Captura de Drenagem:** sinônimo de **cotovelo de drenagem** ou **inflexão do canal**. Consiste em um desvio de direção de um canal fluvial (geralmente em ângulo reto - 90°), ocasionado pela concorrência entre dois rios, resultando na captura de um pelo outro, através da destruição do divisor e na inflexão de curso d'água do rio capturado. Frequentemente, está associado a controles lito-estruturais do substrato geológico, ou mesmo, por reativações neotectônicas.

**Ciclo de Erosão do Relevo:** denominação dada pelo geógrafo William Morris Davis, às diferentes fases por que passa o relevo de uma região - juventude, maturidade e velhice. Em linhas gerais, corresponde a transformação de uma região montanhosa em uma superfície de aplainamento (peneplano).

**Colina:** indica pequenas elevações com topos convexos, declives suaves, inferiores a 5°, cuja altitude não excede 50 metros.

**Concreções Ferruginosas:** Também denominadas de **couraças** ou **carapaças ferruginosas**, **crostas lateríticas** ou **coberturas detrítico-lateríticas**. Consistem de horizontes de nódulos endurecidos pela precipitação e concentração de nódulos de sesquióxidos de ferro e alumínio devido à oscilação do nível freático. Podem ter origem autóctone ou alóctone. As concreções ferruginosas autóctones têm sua gênese relacionada a uma longa evolução de processos de natureza geoquímica e pedogenética. As concreções ferruginosas alóctones, por sua vez, resultam do retrabalhamento de antigas couraças lateríticas e posterior recimentação em cotas mais baixas. Explicações mais pormenorizadas podem ser encontradas em autores como Marcondes Costa, Lindinalva Mamede e Queiroz Neto. Quando estas formações superficiais diagenéticas abrangem grande parte do perfil intempérico, são denominadas de **cangas**. Em geral, apresentam correspondência morfológica com os terrenos planos dos baixos platôs ou das chapadas elevadas, sendo que as crostas ferruginosas atuam como uma cobertura resistente à dissecação fluvial.

**Cordilheira:** extensa cadeia montanhosa de dimensões continentais apresentando picos com altitude muito elevadas (frequentemente superiores a 5.000 metros), produzida por orogênese (processos endogenético resultante da colisão de placas tectônicas). Na América do Sul, destaca-se a **Cordilheira dos Andes**, produzida pelo choque entre as placas Nazca (oceânica) e Sul-Americana (continental), apresentando picos que atingem mais 6.000 metros de altitude.

**Cornija:** paredão rochoso (*free-face*) situado no topo de uma escarpa, chapada ou *cuesta*, constituída por uma rocha muito resistente ao intemperismo e a erosão. As cornijas sustentam e mantêm os topos elevados dessas feições de relevo ressaltando-as, topograficamente, frente ao relevo regional.

**Corredeira:** Queda d'água no curso de um rio, ocasionada pela existência de um pequeno degrau no perfil longitudinal do mesmo apresentando, via de regra, um baixo desnivelamento, inferior a 10 metros. Não chega a constituir uma queda abrupta, mas um trecho revolto e turbulento das águas numa seção do Rio. Também pode ser denominado de nível de base local ou *knickpoint*.

**Cuesta:** forma de relevo dissimétrico constituída por uma sucessão alternada de camadas com diferentes resistências ao desgaste e que se inclinam numa direção, formando um declive suave no reverso (inferior a 30°) e a uma escarpa abrupta ou íngreme na chamada frente de *cuesta*.

**Cume:** parte mais alta ou culminante de um morro ou de uma serra. Quando o cume é representado por um alinhamento de topos aguçados numa serra, denomina-se uma **crista**.

**Declive:** antônimo de aclave. A **declividade** é o ângulo representado pela inclinação do relevo em relação ao horizonte.

**Degradação do Relevo:** processo de destacamento e transporte de sedimentos que ocorre nas zonas topograficamente elevadas. As formas de degradação dizem respeito a formas de relevo decorrentes da dissecação do relevo; como exemplo, tem-se os vales e as vertentes. As formas de degradação do relevo são opostas às formas de agração. Resultam, portanto, de processos erosivos ou degradacionais.

**Delta:** depósito aluvial gerado na foz de certos rios, avançando como um leque, na direção do mar em ambiente de baixa energia no litoral e alta descarga de sedimentos fluviais.

**Densidade de Drenagem:** razão entre o comprimento total de canais e uma determinada área expressa em km/km<sup>2</sup>; esse parâmetro representa a dissecação do relevo promovida pela rede de canais.

**Denudação:** arrasamento das formas de relevo pelo efeito conjugado de diferentes processos erosivos ao longo da escala de tempo geológica.

**Depressão:** Trata-se de uma zona geomorfológica que se apresenta em posição altimétrica mais baixa que as porções contíguas. Área ou porção do relevo situada abaixo do nível do mar (depressão absoluta - ex: mar Morto), ou abaixo do nível das regiões que lhe estão próximas (depressão relativa - ex: Vale do rio Guaporé).

**Depósito de Vaza:** denominado coloquialmente de **limo**. Consiste em depósito resultante da decantação de sedimentos finos nas planícies de inundação em decorrência de fenômenos de transbordamento dos rios.

**Desbarrancamento:** tipo de movimento de massa, também denominado de fluxo de detritos. Denominação usada para significar partida ou carreamento de material decomposto ou solo, numa região onde existam declives um pouco mais fortes, muitas vezes associados ao solapamento da base do barranco ou à perda de coesão da matriz do solo, quando saturado de água em eventos pluviosos.

**Dique Marginal:** depósito aluvial que margeia os canais, resultante da sedimentação imediata do material de extravasamento dos rios. Geralmente, os diques marginais são ligeiramente mais elevados que as planícies de inundação adjacentes e apresentam uma sedimentação silto-argilosa, enquanto que os depósitos de decantação das planícies de inundação são francamente argilosos.

**Dissecação:** sinônimo de **entalhamento**. ação de um conjunto de processos erosivos que modelam ou esculpem uma determinada paisagem.

**Divisor de Águas:** sinônimo de **divisor topográfico** ou **linha de cumeada**, tratando-se de uma linha separadora das águas pluviais, representada pelos altos topográficos, onde estão circunscritas as bacias de drenagem.

**Encosta:** sinônimo de **vertente**. declive nos flancos de um morro, de uma colina ou de uma serra.

**Epirogênese:** movimento de ascensão ou de subsidência de extensas porções da crosta terrestre através da reativação de antigos planos de falhas. Caracteriza-se, em geral, por um reajustamento

isostático da placa tectônica. Promove, de forma gradual, a geração de planaltos alçados ou de depressões tectônicas.

**Erosão:** destruição das saliências ou reentrâncias do relevo, tendendo a um nivelamento ou colmatagem. Erosão antrópica ou acelerada ou antropogenética é aquela realizada na superfície terrestre pela intervenção humana em geral ocasionando um desequilíbrio ambiental, constituindo o aceleração da erosão (em especial, a erosão laminar, ravinamentos e voçorocamentos) nas camadas superficiais do solo motivado por desflorestamento, cortes de barrancos em estradas, etc.

**Erosão Fluvial:** trabalho contínuo e espontâneo das águas correntes na superfície do globo terrestre. Pode ser também denominada de **dissecação** ou **entalhamento**. É também chamada de erosão normal pela escola Davisiana (Davis, 1899).

**Erosão Laminar:** sinônimo de **erosão em lençol**. Processo erosivo desencadeado pelo escoamento superficial difuso, em geral, em solos desprovidos de cobertura vegetal.

**Escarpa:** Relevo montanhoso, muito acidentado, transicional entre dois padrões de relevo, com desnivelamentos superiores a, pelo menos, 300 metros. Apresentam vertentes muito íngremes e dissecadas, com geometria retilíneo-côncava. Ocorrência freqüente de vertentes escarpadas com gradientes muito elevados (superiores a 45°) e paredões rochosos subverticais.

**Escarpa Erosiva:** Relevo montanhoso caracterizado por um desnível abrupto cujo traçado, geralmente sinuoso, é nitidamente relacionado ao trabalho de erosão regressiva proporcionada pela dissecação fluvial.

**Escarpa Estrutural:** Relevo montanhoso caracterizado por um desnível abrupto cujo traçado coincide com o plano de falha que originou tal desnivelamento. Trata-se, portanto, de uma feição resultante do deslocamento vertical ou horizontal de blocos falhados. Também denominada de **escarpa tectônica**.

**Espigão:** consiste de cristas rebaixadas que se projetam de uma escarpa ou um maciço montanhoso, tendo sua gênese associada ao recuo diferencial desse escarpamento.

Funcionalmente, caracteriza-se como interflúvios serranos, delimitados por vertentes abruptas com declividades superiores a 45° e ocorrência de paredões rochosos subverticais.

**Estuário:** na foz de certos rios, apresentando um único e largo canal em ambiente de alta energia proporcionada por correntes marítimas e descarga líquida fluvial que impedem a acumulação de sedimentos na foz, inversamente ao que ocorre nas desembocaduras em deltas.

**Etchplanação:** consiste no modelo de evolução do relevo concebido, originalmente por Büdel (1982). Caracteriza-se por um conjunto de processos de erosão que promove o arrasamento generalizado do relevo remanescente gerando, assim, as superfícies de aplainamento denominadas de etchplanos. Neste modelo, as superfícies seriam rebaixadas progressivamente por meio de uma lenta denudação das superfícies de aplainamento, condicionadas por um progressivo rebaixamento do nível de base. Este rebaixamento estaria controlado pela velocidade do intemperismo químico (contato entre rocha sã e rocha alterada).

**Estrangulamento:** é representado por uma seção estreita do vale, geralmente associado ao afloramento de rochas mais resistentes ao intemperismo e à erosão. Localmente, promove um aumento da competência do canal em transportar sedimentos e, em concomitância, a sedimentação aluvial é muito reduzida. No rio Madeira nota-se a ocorrência de estrangulamentos do canal promovido por **cabos rochosos** oriundos de afloramentos de granito ou de crostas lateríticas.

**Falésia:** escarpa costeira gerada por erosão marinha, sob influência de processos de abrasão marinha.

**Falésia Fluvial:** margem em talude submetido à erosão fluvial ativa, decorrente de processos de abrasão, solapamento e desbarrancamento, via regra, produzidos pela migração lateral do canal (fenômeno de “**terras caídas**”).

**Formas de Acumulação:** resultam de depósito de detritos, como planícies aluviais, terraços, cones vulcânicos, etc.

**Formas de Dissecação:** resultam de feições que indicam ação erosiva, como vales, concavidades, marcas de erosão e ravinamento, etc.

**Formas de Relevo:** o mesmo que tipos de relevo, paisagens geomorfológicas, feições morfológicas, etc.

**Formações Superficiais:** constituem toda e qualquer cobertura de material decomposto sobrejacente à rocha sã, podendo ser de gênese autóctone ou alóctone. As formações superficiais de origem autóctone são representadas, basicamente, por solos residuais e saprólitos intemperizados *in situ*. A partir do momento em que estes mantos de alteração sofrem ação de processos erosivo-deposicionais, passam a constituir coberturas alóctones, genericamente denominados de “solos transportados”, abrangendo os mais diversos tipos de formações, tais como: depósitos de tálus, colúvios, couraças ferruginosas detrítico-lateríticas, leques aluviais, planícies fluviais, *loess*, dunas, etc.

**Foz:** sinônimo de **desembocadura**. Boca de descarga de um rio. Pode ocorrer no mar, lago, lagoa ou outro rio.

**Garganta Epigênica:** passagem apertada, escavada por um rio de trajeto ortogonal em relação às feições estruturais do substrato rochoso, truncando-as ao realizar o afundamento do talvegue.

**Graben:** depressão tectônica de formato alongado, enquadrado por uma série de degraus produzidos por falhas paralelas.

**Gretas de Contração:** pequenas fendas superficiais produzidas pela perda de água em sedimentos ricos em argila expansiva. O fendilhamento dessas argilas gera um curioso mosaico de polígonos e podem consistir em planos de fraqueza em barrancas submetidas à erosão ativa (fenômeno de *terras caídas*)

**Hillock:** os *hillocks*, também representam relevos residuais, todavia, menores e menos imponentes que os *inselbergs*, demonstrando um acentuado rebaixamento erosivo. Estas feições consistem em pequenos morros e morrotes isolados com vertentes acentuadas, ora rochosas, ora recobertas por um manto de solo e blocos resultantes do desmonte do *paleo-inselberg*. Os *hillocks* também se ressaltam sobre as superfícies aplainadas, contudo com desnivelamentos locais que não ultrapassam os 50 m;

**Hogback:** trata-se de um relevo monoclinal. Consiste de uma estrutura inclinada semelhante à de uma *cuesta*, onde o mergulho das camadas é, geralmente, superior a 30°.

**Igarapé:** Pequeno rio, em linguagem coloquial, da rede de drenagem amazônica. Apesar de apresentar uma vazão muito mais expressiva, seria um termo correlato ao **Ribeirão** e **Córrego** da Região Sudeste; ou ao **Arroio** e **Sanga**, no Rio Grande do Sul.

**Inselberg:** consistem em imponentes montes isolados que se destacam topograficamente, devido a processos de erosão diferencial, das superfícies aplainadas por meio de vertentes abruptas e rochosas e desnivelamentos locais sempre superiores a 100 m; são formas de relevo típico de regiões de clima árido. São como resíduos da pediplanação, em climas áridos quentes e semi-áridos, à semelhança de *monadnocks*, devido ao arrasamento do relevo em regiões de clima úmido. Coloquialmente, esta feição é descrita como **pontão** rochoso.

**Intemperismo:** conjunto de processos mecânicos, químicos e biológicos que ocasionam a desintegração e a decomposição das rochas.

**Interflúvio:** segmento rebaixado do divisor de águas que separa vales fluviais adjacentes.

**Jusante:** sinônimo de “rio abaixo”, numa linguagem coloquial. Trata-se de um ponto situado num plano altimétrico mais rebaixado que o outro numa bacia de drenagem, tomando-se em consideração o perfil longitudinal do canal.

**Laterização:** processo diagenético, típico de regiões tropicais úmidas e semi-úmidas, com expressiva oscilação do nível freático e caracterizado pela transformação geoquímica da rocha-matriz via remoção de sílica e dos argilo-minerais e concentração de sesquióxidos de ferro e alumínio. O **laterito**, ou as **concreções detrítico-lateríticas**, são rochas secundárias, ou formações superficiais, resultantes deste processo.

**Leito Fluvial:** sinônimo de **calha do rio**. Consiste em um canal escavado no talvegue do vale por incisão fluvial e age no transporte de águas e sedimentos nas bacias de drenagem. Situa-se nos fundos de vales.

**Lineamento Estrutural:** sinônimo de **sulco estrutural**. Corresponde a toda feição retilínea impressa no terreno decorrente da influência de uma diáclase (fratura ou falha), podendo controlar segmentos da rede de canais; cristas de alinhamentos serranos; ou vales encaixados.

**Manto de Intemperismo:** sinônimo de **saprolito** ou **rocha alterada**. Material decomposto que forma a parte externa da crosta terrestre podendo ser rocha alterada ou solo. Esse material pode ser formado de material decomposto *in situ* denominando-se residual, ou ao contrário transportado.

**Mar de Morros:** relevo regional constituído por um conjunto de colinas dissecadas, de geometria convexo-côncava, reconhecida por Ab'Saber como um domínio morfodinâmico de grande expressão no Sudeste Brasileiro; também denominado de meias laranja.

**Marmita:** cavidades que aparecem no leito dos rios produzidos pelas águas turbilhonares dos altos cursos fluviais, cujo fundo contém seixos e areias que parecem ser os responsáveis pela erosão.

**Meandro:** sinuosidades descritas pelos rios, formando, por vezes, amplos semicírculos, em zonas de terrenos planos, sendo então, chamados de meandros divagantes.

**Modelado:** aspecto do relevo, resultante do trabalho realizado pelos agentes erosivos e deposicionais.

**Montante:** sinônimo de “rio acima”, numa linguagem coloquial. Trata-se de um ponto situado num plano altimétrico mais elevado que o outro numa bacia de drenagem, tomando-se em consideração o perfil longitudinal do canal.

**Morfometria** - estudo ou análise quantitativa do relevo, através de parâmetros morfométricos, tais como: amplitude de relevo, declividade ou gradiente das vertentes, densidade de drenagem etc.

**Morro:** monte pouco elevado, com topos convexos de declives suaves, inferiores a 5°, e vertentes variando entre 5 e 20°; as amplitudes de relevo variam entre 100 e 200m de altura.

**Morro-Testemunho:** relevo residual isolado em meio a uma baixada ou superfície colinosa, todavia, mantendo evidências litológicas e estruturais e com uma escarpa em franca erosão regressiva, da qual o morro-testemunho é um remanescente.

**Morrote:** pequeno morro, com topos convexos de declives suaves, inferiores a 5°, e vertentes variando entre 5° e 20°; possui um gradiente mais elevado que a colina; as amplitudes de relevo variam entre 50 e 100m de altura.

**Movimento de massa:** coloquialmente denominados de **escorregamento**, **desmoronamento** ou **deslizamento**: Caracteriza-se por todos e quaisquer tipos de movimentos gravitacionais “*latu sensu*”, ainda que com participação de água: desde movimentos lentos como **rastejo** (*creep*) até muito velozes e turbulentos, como **avalanches de detritos** (*debris-flows*); ou velozes e com plano de cisalhamento como os movimentos rotacionais, tipo **escorregamentos** (*slumps*), ou movimentos translacionais, tipo **deslizamentos** (*slides*); ou ainda abraçando desde movimentos pouco viscosos como **fluxos de lama** (*mud-flows*) até movimentos quase sem participação de água, como as **quedas de blocos** (*rock-falls*)

**Mucururu:** afloramentos de arenitos ferruginizados holocênicos, assim localmente denominados, que se apresentam parcialmente consolidados por um processo incipiente de laterização.

**Nascente:** o mesmo que cabeceira de um rio.

**Neotectônica** - estudo de movimentações tectônicas mais recentes numa determinada região, ocorridas após o Terciário superior (a partir do Mioceno).

**Nível de Base Geral:** plano abaixo do qual não ocorre erosão subaérea. Conceito clássico em Geomorfologia, consagrado por John Wesley Powell e Grove Karl Gilbert, ainda na segunda metade do século XIX. Consiste na zona mais baixa a que o rio pode chegar, sem prejudicar o

escoamento de suas águas e o seu trabalho erosivo. Corresponde, em linhas gerais, ao nível do mar.

**Nível de Base Local:** ponto de ruptura do perfil longitudinal do canal, caracterizado por uma corredeira, salto ou cachoeira. Conceito consagrado por Walter Penck, em 1924, demonstra o processo de dissecação diferencial das bacias de drenagem em virtude da ocorrência dos níveis de base locais rochosos, que retardam os processos de erosão regressiva e geram bacias suspensas, desconectada da rede regional de canais. Também denominado de *knickpoint*.

**Nível Freático:** sinônimo de **lençol freático** ou **nível d'água**. Consiste no topo do aquífero livre, situado no limite da zona saturada do solo. Quando o nível freático aflora à superfície, gera uma nascente de um rio ou terrenos embrejados em áreas planas de difícil escoamento superficial.

**Orogênese:** conjunto de eventos formadores das cadeias montanhosas ou cordilheiras associadas, via de regra, à colisão de placas tectônicas.

**Padrão de Drenagem:** configuração geométrica em planta dos sistemas de drenagem, podendo evidenciar aspectos hidrológicos, litológicos ou estruturais na evolução da rede de canais e nos processos de dissecação do relevo; assim sendo, a rede de drenagem pode ser classificada nos seguintes padrões de drenagem: dendrítica, paralela, retangular, treliça, anelar, radial, centrífuga, centrípeta etc.

**Padrão de Canal:** configuração geométrica da rede de canais, podendo também evidenciar aspectos hidrológicos, geomorfológicos, litológicos ou estruturais na morfodinâmica das bacias de drenagem e nos processos de dissecação do relevo e aporte de sedimentos para as calhas fluviais; assim sendo, o canal pode ser classificado nos seguintes padrões: meândrico, retilíneo, anastomosado e entrelaçado.

**Paraná:** braço secundário de um rio na Amazônia, formando uma ilha fluvial. Via de regra, este braço apresenta uma vazão inferior ao curso principal do rio.

**Pedimento:** Consiste de uma feição do relevo de natureza erosivo-deposicional, resultante do recuo lateral das vertentes, apresentando uma superfície arrasada, levemente inclinada, por vezes

recoberta por sedimentos. Também denominada *glacis* (pela literatura francesa) ou de *bajada* (pela literatura hispânica). Depressões fechadas com lagos temporários descritos em meio à *bajadas* são denominadas de *playas*. O pedimento pode ser detrítico ou rochoso.

**Pediplanação:** conjunto de processos de erosão que promove o arrasamento generalizado do relevo remanescente gerando, assim, as superfícies de aplainamento denominadas de pediplanos. Estão associados a climas áridos ou semi-áridos.

**Pediplano:** consiste de uma superfície praticamente plana, ou muito suavemente inclinada, gerada pela coalescência de pedimentos. Conceito clássico engendrado por Lester C. King, em contraposição ao modelo “davisiano” de evolução de relevo, mantém uma abordagem cíclica; todavia, os processos que regem o arrasamento regional do relevo seriam comandados pelo recuo lateral das vertentes e formação de pedimentos, truncando litologias e estruturas do substrato geológico. A proposta de Davis seria que as superfícies de aplainamento seriam geradas pela incisão vertical do relevo e alargamento dos vales, premissa esta refutada por King. Entretanto, assim como o peneplano, o pediplano representa uma superfície aplainada em ajuste máximo com o nível de base geral.

**Peneplanização:** conjunto de processos ou sistemas de erosão que degrada, ou melhor, regulariza as asperezas de uma superfície topográfica. Conceito clássico engendrado por William Morris Davis em seu “Ciclo Normal de Erosão” em 1899.

**Peneplano:** superfície plana ou levemente ondulada, resultante de um ciclo geomorfológico, cujo trabalho se realizou até a extrema senilidade. Trata-se de uma forma topográfica de equilíbrio entre a estrutura, a natureza da rocha e a erosão. Conceito clássico engendrado por William Morris Davis em uma abordagem cíclica, na qual a evolução das formas de relevo, após uma etapa de soerguimento tectônico, forçosamente, passará pelas fases de Juventude, Maturidade e Senilidade até o arrasamento generalizado do relevo. O peneplano representa essa superfície aplainada em ajuste máximo com o nível de base geral.

**Perfil Longitudinal do Canal:** gráfico que correlaciona a extensão linear de um rio com sua altitude, desde sua nascente até a desembocadura.

**Piemonte:** sinônimo de **sopé** ou *footslope*: superfície plana ou suavemente inclinada situada junto à base de vertentes abruptas de uma serra, maciço montanhoso ou escarpa.

**Placa Tectônica:** porção da crosta terrestre de dimensões continentais, delimitadas de outras placas tectônicas por importantes descontinuidades litoestruturais de centenas a milhares de quilômetros de extensão (zonas de subducção ou dorsais meso-oceânicas). Pode abranger tanto a espessa crosta continental, de composição granítica e mais de 10 km de espessura; quanto à delgada crosta oceânica, de composição basáltica e menos de 2 km de espessura. Representam as peças do “quebra-cabeças” da crosta terrestre global.

**Planalto:** superfície de terreno pouco acidentada, constituindo grandes massas de relevo arrasadas pela erosão, mas posicionadas em cotas mais elevadas que as superfícies adjacentes.

**Planície:** área plana resultante de acumulação fluvial, marinha ou flúvio-marinha, geralmente sujeita as inundações periódicas, correspondendo às várzeas atuais ou zonas embrejadas. Relevo de agradação.

**Planície de Inundação:** superfície deposicional gerada por acumulação fluvial, situada nos fundos de vales fluviais, podendo destacar três ambientes deposicionais distintos: o leito de canal, com uma sedimentação predominantemente arenosa a conglomerática; os diques marginais, com uma sedimentação predominantemente silto-arenosa; e as planícies de decantação, com uma sedimentação predominantemente silto-argilosa. Seu processo de geração é sazonalmente alimentado nos períodos de cheias.

**Plataforma de Abrasão:** superfície irregular resultante do desgaste e arrasamento de um determinado paleo-relevo por ação de abrasão das ondas (erosão marinha). Em analogia, foram denominadas de plataformas de abrasão às superfícies concrecionárias de mucurus remanescentes dos processos de erosão lateral do rio Madeira.

**Rampa de Colúvio:** superfície ligeiramente inclinada (3 a 10°), constituída por depósitos de encosta que entulham os fundos de vales fluviais.

**Ravina:** feição de erosão linear acelerada promovida pelo escoamento superficial concentrado em linhas de drenagem, promovendo o entalhamento de pequenos canais efêmeros,

desarticulados da rede regional de canais. Diferem das voçorocas, pois o processo erosivo é desencadeado por escoamento superficial e, em geral, apresenta tamanho mais reduzido e localização restrita às vertentes declivosas. Uma concentração de ravinas em áreas de alta erodibilidade dos solos pode apresentar terrenos muito erodidos num cenário de *badlands*.

**Razorback:** trata-se de um relevo monoclinal. Consiste de uma estrutura fortemente inclinada com certa similaridade a de um *hogback*, mas na qual o mergulho das camadas está subverticalizado (superior a 70°). Pode ser denominado com uma crista isoclinal.

**Rebordo Erosivo:** sinônimo de **quebra de relevo**. Consiste em pequeno e curto escarpamento, com desnivelamentos sempre inferiores a 100 metros, separando duas superfícies. Frequentemente, cornijas de carapaças ferruginosas (crostas lateríticas) podem produzir rebordos erosivos e sustentar topos planos de **platôs lateríticos**.

**Rede Hidrográfica:** maneira como se dispõe o traçado dos rios e dos vales.

**Rejuvenescimento:** fase do ciclo de erosão que atesta uma retomada da erosão por rebaixamento do nível de base (soerguimento tectônico), nas formas de relevo já sensivelmente trabalhado.

**Relevo:** diversidade de aspectos da superfície da crosta terrestre.

**Relevo Policíclico:** aquele que foi sujeito a diversas fases de erosão e conseguinte parada.

**Relevo Residual:** feição saliente do terreno remanescente de uma superfície aplainada, resistindo ao evento de arrasamento generalizado do relevo. Pode ser um *inselberg*, um *monadnock*, um morro-testemunho, um *hillock* ou um *tor*.

**Repiquete:** consiste numa “onda de cheia” associada a um evento de elevação de temperatura nos Andes Bolivianos e Peruanos e o degelo de uma expressiva massa das geleiras andinas. Tal fenômeno acarreta um súbito e considerável aumento das descargas líquidas da bacia dos rios Beni - Madre de Dios e, secundariamente, da bacia do rio Mamoré, deflagrando em vagas de até 1 metro de altura que podem promover intensa erosão fluvial nas margens em talude (barrancas) do Alto rio Madeira.

**Subsidência:** rebaixamento tectônico de uma determinada superfície ou bloco rochoso.

**Sedimentação:** sinônimo de **deposição** ou **acumulação**. Processo pelo qual se verifica a deposição de sedimentos ou de matéria orgânica nas planícies e baixadas.

**Superfície de Aplanamento:** sinônimo de **Superfície de Erosão**. Área do relevo, aplainado ou arrasado por processos erosivos durante um longo tempo, truncando diferentes litologias ou estruturas do substrato geológico.

**Superfície Tabular:** forma topográfica de terreno que se assemelha a planaltos, terminando, geralmente, de forma abrupta. As superfícies tabulares estruturais estão controladas pelo acamadamento das rochas sedimentares. No caso das superfícies tabulares erosivas, seus topos truncam as estruturas do substrato rochoso.

**Sulco:** consiste de uma pequena ravina.

**Tabuleiro:** forma topográfica do terreno de topo plano e altitude modesta, terminando geralmente de forma abrupta em bordas íngremes dos vales encaixados ou em falésias, no litoral; podem ser denominados também de baixos platôs.

**Talvegue:** linha de maior aprofundamento de um vale.

**Tectônica:** área de conhecimento da Geologia que estuda a movimentação de blocos do substrato rochoso, por efeito de forças internas, promovendo importantes transformações na configuração geomorfológica de uma determinada região.

**Terra Caída:** denominação usada na região amazônica ao escavamento produzido pelas águas dos rios, fazendo com que os barrancos sejam solapados intensamente por erosão fluvial.

**Terracetes de Pisoteio:** sucessão de estreitos patamares posicionados em curva de nível junto a vertentes declivosas de colinas e morros, promovido pelo contínuo pisoteio de gado. Muito freqüente em áreas de pecuária extensiva.

**Terraço:** superfície horizontal ou levemente inclinada, constituída por depósito sedimentar, ou superfície topográfica modelada pela erosão fluvial, marinha ou lacustre e limitada por dois declives do mesmo sentido. É, por conseguinte, uma banqueta ou patamar interrompendo um declive contínuo. Os terraços aparecem com mais freqüência ao longo dos rios, ou ainda na borda dos lagos e lagoas e mesmo ao longo do litoral.

**Terraço Fluvial:** Representa uma paleo-planície de inundação, hidrologicamente inativa. O rebaixamento do nível de base local transformou estas antigas formas deposicionais em feições submetidas à erosão e acima da cota máxima das cheias sazonais. Consistem de depósitos aluviais que se encontram nas encostas de um vale.

**Tors:** os *tors* consistem num relevo residual rochoso de dimensão bem mais modesta que os *inselbergs* e os *hillocks* não ultrapassando, em geral, os 20 m de desnivelamento. Apresenta-se, visto de regra, como um grande afloramento rochoso, bastante fraturado e fragmentado em blocos, sem a presença de matriz de solo. Representa um estágio avançado de dismantelamento do *inselberg*.

**Travessão:** afloramento de rocha em forma de laje emersa de forma transversal ao leito de um rio podendo constituir corredeiras ou um pequeno salto. Também consiste num **nível de base local** ou *knickpoint*.

**Vale:** feição do relevo que se configura como uma extensa depressão longitudinal produzida, em geral, por processos de incisão fluvial. Deste modo, os vales são constituídos por um talvegue, onde está inserido o eixo do canal, e duas vertentes com declives convergentes. A forma e o aprofundamento do vale apresentam uma relação direta com as litologias e estruturas, o clima e a tectônica atuante, podendo gerar vales abertos ou fechados; largos ou encaixados; com ampla sedimentação aluvial ou com fundo de vale estreito e rochoso; etc.

**Voçoroca:** feição de erosão linear acelerada promovida pelo recuo à remontante de um canal inciso, em franca evolução, num cenário de expansão da rede de canais. O processo de voçorocamento pode ocorrer de forma articulada à rede regional de canais na forma de pequenos canais incisos de 1ª ordem; ou de forma desconectada em vertentes côncavas e declivosas. Sua gênese está, necessariamente, associada à erosão por exfiltração (ou surgência) da água subterrânea (lençol freático) nas alcovas de regressão das voçorocas.

## ANEXO 1

**GLOSSÁRIOS: GEOLÓGICO, GEOMORFOLÓGICO E HIDROGEOLÓGICO.**

## GLOSSÁRIO DE TERMOS HIDROGEOLÓGICO

A...

Aluvião

[*Sin.*alúvio; depósito aluvionar]

Areia, cascalho e/ou lama depositados por um sistema fluvial no leito e nas margens da drenagem, incluindo as planícies de inundação com material mais fino.

Os depósitos aluviais são muito retrabalhados e mutáveis devido à erosão fluvial: depositados durante as secas ou nos locais de remansos quando cai a energia da corrente do rio, vão ser, em seguida, erodidos pela força da água da cheia ou pela mudança do curso do rio. Normalmente são depósitos clásticos mal classificados e mal selecionados, de cascalho, areias e lamas, podendo ocorrer depósitos de blocos maiores, às vezes bem arredondados nas regiões elevadas das cabeceiras com maior energia fluvial. Apresentam maior desenvolvimento nas planícies de inundação, com lamas (silte e argilas) por extensas áreas, e em sopés de montanhas como leques aluviais, com depósitos comuns de fanglomerados e areias associados que atingem boa expressão areal e de grandes espessuras. Os depósitos aluvionares, normalmente são muito férteis para a agricultura, tem sido fator da maior importância para o desenvolvimento das sociedades humanas.

**Aqüicludes**

São unidades geológicas com alguma capacidade de armazenar água, no entanto, com baixíssimos valores de transmissividade são representadas pela cor marrom escura.

**Aquífero**

Massa rochosa com altas porosidade e permeabilidade, contida entre pacotes de rochas impermeáveis, que acumula água subterrânea em quantidade e com vazão elevadas, permitindo a sua exploração em fontes naturais ou através de poços tubulares perfurados no local para atingir o aquífero em profundidade.

## Aqüíferos

São unidades geológicas com baixíssima ou nenhuma capacidade de armazenamento de água, foram representados com a cor marrom clara.

## Argila

(a) Material constituído de partículas com menos de 1/256 mm ( $< 4 \mu\text{m}$ ) de diâmetro.

A fração argila, comum como componente de lamias e solos, são constituídos, principalmente de minerais do grupo das argilas aos quais agregam-se hidróxidos coloidais floculados e diversos outros componentes, cristalinos ou amorfos. Quando componente principal de material sedimentar denomina-se sedimento argiloso o qual, compactado e litificado, dá origem às rochas sedimentares clásticas mais finas (lutitos ou pelitos) como os folhelhos, bem estratificados, e os argilitos, com pouca ou nenhuma estratificação.

(b) Família de minerais filossilicáticos hidratados, aluminosos de baixa cristalinidade e pequenas dimensões, como a caolinita, montmorilonita, illitas,.. estáveis, geralmente, nas condições termodinâmicas e geoquímicas da superfície terrestre ou de crosta rasa.

**B...**

## Background Regional

Teores médios dos elementos químicos presentes nas águas subterrâneas de uma determinada região.

**C...**

## Cloreto

Íon de cloro que está presente em quase todas as águas naturais, geralmente associado ao íon de sódio. O anion  $\text{Cl}^-$  é geralmente muito solúvel e muito estável em solução, precipitando muito dificilmente. As águas subterrâneas apresentam, geralmente teores de cloretos inferiores a 100mg/l, enquanto que as águas dos mares apresentam valores entre 18000 e 21000 mg/l. nas

salmouras naturais podem registrar-se valores na ordem dos 220000 mg/l. teores acima dos 300 mg/l conferem à água um sabor salgado. Em altas quantidades, o cloreto torna-se tóxico para a maioria dos vegetais inibindo o seu crescimento. O cloreto é um bom indicador de poluição no caso de aterros, lixeiras e intrusão marinha.

### **Concreção**

Feição geológica de forma geralmente esférica ou discóide centimétrica que se destaca na rocha e que é resultante da precipitação de hidróxidos de ferro, de manganês e outros, de carbonatos, de sílica,.. selando os poros da rocha e podendo até substituir minerais e partículas da rocha em torno de um núcleo que favorece esta precipitação.

### **Condutividade Elétrica**

Propriedade que representa a capacidade de uma água conduzir a corrente elétrica, que está diretamente associada conteúdo de sais dissolvidos sob a forma de íons e que depende dos íons presentes. Os valores de condutividade aumentam com a elevação da temperatura e com o teor de íons dissolvidos. No caso das águas subterrâneas o seu valor é expresso em microsiemens/cm a uma temperatura padrão de 25°C. a medição desta propriedade faz-se no local de amostragem com um condutímetro portátil que geralmente faz a correção automática da temperatura.

**D...**

### **Dolomito**

Rocha carbonatada cujo constituinte principal é a dolomita  $[CaMg(CO_3)_2]$ .

O dolomito é uma rocha cuja origem está relacionada a processos metassomáticos diagenéticos a pós-diagenéticos de substituição de Ca de calcários micríticos e outros por Mg em um processo denominado dolomitização.

**E...**

**F...**

## Folhelho

Rocha sedimentar clástica muito fina, argilosa a siltico-argilosa com ótima estratificação, finamente laminada.

O folhelho (*shale* em inglês), resulta da deposição lenta, sem perturbação de lama, resultando em estratificação folhada em finas lâminas no que se distingue do argilito (*mudstone*) que é uma rocha maciça, pouco ou não estratificada.

G...

## Greda

[*Latim: creda = giz*]

Sedimento carbonático ou calcário, muito macio e friável, amarelo esverdeado, granulometria fina, composto primariamente por microfósseis planctônicos, fracamente endurecido e prontamente deformável sob a ação da unha ou uma lâmina de canivete.

A variedade branca da greda recebe o nome de **cré**. Muito usada, especialmente para escrever em pedra ou em quadros negros.

O adjetivo cretáceo, *stricto sensu*, significa: formado de greda; que contém greda. A definição do Sistema Cretáceo teve como base as gredas que formam a região anglo-belgo-parisiense. Segundo Bromley e Gale (1982): "greda é um sedimento carbonático de fina granulometria composto primariamente por nanofósseis calcários e microfósseis, fracamente endurecido e prontamente deformável sob a ação da unha ou de uma lâmina de canivete." Dias-Brito (2005) assim define greda: "é um sedimento carbonático de fina granulometria composto primariamente por microfósseis planctônicos, fracamente endurecido e prontamente deformável sob a ação da unha ou uma lâmina de canivete. Se rica em nanofósseis calcários, a greda deve ser qualificada de greda a nanofósseis; se rica em gobigerinidos é greda a globigerinidos." Greda equivale aos termos chalk (inglês) e craie (francês).

H...

## **Hidrogeologia**

Ramo da Geologia que estuda o armazenamento, circulação e distribuição de água na zona saturada das formações geológicas, tendo em conta as suas propriedades físicas e químicas, interação com o meio físico e biológico e suas reações à ação do Homem.

I...

## **Intemperizadas**

Processo ou conjunto de processos combinados químicos, físicos e/ou biológicos de desintegração e/ou degradação e decomposição de rochas causados por agentes geológicos diversos junto à superfície da crosta terrestre.

O intemperismo pode ser: químico, mecânico e biológico. No tipo de intemperismo químico, destaca-se ação da água da chuva carregada de outros elementos atmosféricos, como o CO<sub>2</sub>: ela ataca mineral da rocha em sua superfície exposta e em suas fraturas e os decompõem dando origem a novos minerais, estáveis às condições da superfície terrestre, e a solutos que migram pelas fraturas da rocha ou nas águas superficiais em direção ao mar. No tipo de intemperismo físico ou mecânico destaca-se a ação das variações de temperatura na superfície terrestre o que ocasiona dilatações e contrações nas rochas que se fraturam, favorecendo a degradação por outros agentes também; a dissolução de água em geleiras e sua cristalização em fraturas provocam o esfacelamento em blocos de rocha pelo aumento de volume da água ao formar o gelo de forma semelhante ao que pode ocorrer com a cristalização de sais com aumento de volume em fissuras de rochas e de minerais. No intemperismo biogênico é importante a ação dos seres vivos como as cracas e mexilhões no mar, as raízes de plantas na terra, e outros seres que promovem ou auxiliam no processo de intemperismo, podendo-se dizer que, em última análise, estes processos são, na realidade, químicos e/ou físicos, como, por exemplo, ácidos úmicos (químico) e crescimento e expansão nas fraturas de rochas(físico) de raízes de plantas.

**J...**

**K...**

**L...**

### **Laterita**

Terreno fortemente lixiviado por intemperismo químico que se desenvolve em climas tropicais a temperados úmidos, pobre em nutrientes e com alta concentração residual de hidróxidos de Fe e Al.

A alta concentração residual acompanhada do ressecamento desses hidróxidos de Fe e Al pouco solúveis leva a formação de uma crosta ou carapaça laterítica muito resistente aos agentes erosivos.

### **Litoestratigrafia**

Estudo estratigráfico que visa a determinação do empilhamento ou sucessão estratigráfica vertical de unidades litológicas (rochosas) e de lacunas neste empilhamento e a continuidade lateral dessas unidades cujos limites podem ser diacrônicos.

### **Litotipo**

Quando se caracteriza um fácies litológico como uma rocha ou uma associação de rochas, para distinguir de outras rochas ou associações litológicas em estudo, considerado qualquer aspecto genético, composicional, químico ou mineralógico, morfológico, estrutural ou textural distintivo para fins de referência em um estudo geológico.

**M...**

### **Maturidade**

(a) Medida do grau de seleção e classificação dos componentes de um sedimento clástico.

**(b)** Grau de peneplanação do relevo de áreas emersas.

**(a)** Em climas glaciais e em climas áridos, a desagregação das rochas se dá com intemperismo químico limitado. Como resultado os sedimentos associados a tais climas tendem a ser compostos por minerais diversificados que sofreram pouca ou nenhuma alteração química, ou seja, os sedimentos são mal selecionados e ditos imaturos.

Já em clima úmido, ocorre alteração ou intemperismo químico significativo e os componentes clásticos mais comuns são areias quartzosas e bem separados dos produtos argilosos de alteração dos minerais menos resistentes ao intemperismo que se separam no transporte sendo depositados em outros sítios; neste caso a sedimentação é dita madura. Sedimentação imatura, mal selecionada e mal classificada, pode ocorrer, entretanto, de forma localizada em clima úmido desde que se tenha erosão e transporte rápidos como consequência de uma topografia jovem com fortes relevos que não dão tempo a que o processo de intemperismo químico atue e separe os minerais mais resistentes.

**(b)** O soerguimento orogenético ou epirogenético expõem as rochas a forte erosão por elevar a superfície terrestre bem acima do nível base de erosão global que é o nível do mar. Relevos assim elevados são ditos jovens e sofrem altas taxas de erosão. A medida em que atua a erosão, a área vai sendo erodida e a taxa de erosão começa a ser compensada pela de deposição em planícies aluviais; com este equilíbrio, tem-se um relevo maduro. Com a peneplanação acentuada tem-se relevo baixo e plano, e rio meandранtes com taxas erosivas mínimas e de deposição aluvionar acentuadas, o que caracteriza um relevo senil ou velho. O grau de maturidade geomorfológica do relevo e sua modificação é fortemente afetado por:

- tectônica de soerguimento ou de rebaixamento da crosta, levando, respectivamente, ao rejuvenescimento ou ao amadurecimento da região;
- movimentos eustáticos positivos ou negativos (subida e descida do nível dos mares), levando, respectivamente, ao amadurecimento e ao rejuvenescimento globais na Terra;
- modificações climáticas: climas úmidos com maior precipitação pluvial ou aquecimento, derretendo mais águas de geleiras, aumentam o poder erosivo do sistema fluvial;
- captura de drenagens aumenta o poder erosivo do rio, enquanto que o rio com nascentes capturadas fica mais "velho".

N...

### **Nível Estático**

Altura da superfície livre de água relativamente a um plano horizontal de referencia.

### **Nitrato**

É um íon ( $\text{NO}_3$ ) de grande mobilidade que pode facilmente ser removido das camadas superiores do solo para a água subterrânea. As águas subterrâneas dissolvem geralmente, teores de nitrato que variam entre 0,1 a 10 mg/l. contudo as águas poluídas, os teores podem atingir valores na ordem dos 200mg/l e em casos mais extremos 1000 mg/l. o nitrato provem da utilização de adubos na agricultura, dos produtos de rejeição da criação de animais e de sistemas sépticos deficientes, podendo ser altamente prejudicial de contaminação da água subterrânea. Altas concentrações de nitrato são extremamente perigosas para as crianças, podendo produzir grandes malefícios para a saúde e, em casos mais extremos, provocar a morte por cianose. O nitrato também tem ação na produção de nitrosaminas no estomago do Homem que são substancias tidas como sendo cancerígenas.

O...

P...

### **Paraconglomerado**

Conglomerado sem estratificação e com os fragmentos maiores (seixos, matações, blocos) dispersos em matriz fina, argilosa predominante, e que se originam pela litificação de depósitos sedimentares de ambientes especiais como os glaciais (tilitos) e periglaciais e os de correntes de turbidez, principalmente.

## **Pediaplano**

Região aplainada (penepilano) em clima árido ou semi-árido e que se caracteriza por apresentar capeamentos pedimentares, litossolos e/ou extensos afloramentos.

O pediaplano desenvolve-se por processo erosivo com regressão de escarpas, típico de climas áridos a semi-áridos, com coalescência e expansão de áreas planas do "pé de monte" (*piedmont* ou *bajadas*) que apresentam tênue capeamento de material fragmentário (pedimento) e rocha nua na frente de leques aluvionares. Arrasada a região montanhosa, o pediaplano amplia-se até sobraem somente raros testemunhos (*inselbergs*) das zonas mais elevadas na superfície de aplainamento.

## **Porfirítica**

Textura de rocha ígnea com cristais significativamente maiores (fenocristais) do que os da matriz mais fina ou mesmo vítrea

Q...

R...

## **Regolito**

[Sin. manto de intemperismo}

Capeamento natural das rochas (manto de intemperismo), composto por fragmentos de rocha e material inconsolidado, incluindo solo transportado, solo autóctone, depósitos residuais.

## **Rocha Vulcânica**

[Sin. rocha extrusiva; rocha efusiva]

Rocha ígnea formada por magma que extravasa como lava ao atingir a superfície da terra ou o fundo do mar onde se consolida.

S...

### **Saneamento *In Situ***

Sistema de saneamento realizado no local de coleta do esgoto, onde na maioria das vezes não á nenhum tipo de tratamento dos resíduos.

### **Siliclástico**

Rocha sedimentar, sequência deposicional ou sedimento clástico constituído, essencialmente, por fragmentos minerais silicáticos.

### **Suite**

Unidade litodêmica imediatamente superior ao litodema e que é formada por dois ou mais lidodemas associados de uma mesma classe (suíte intrusiva, suíte plutônica, suíte metamórfica). A suíte é comparável a categoria de grupo das unidades litoestratigráficas. Uma suite é designada pela classe que a caracteriza e por algum nome geográfico distintivo; exemplos: Suite Magmática Americano do Brasil, Suite Granulítica Itauçu, Suite Metamórfica Anicuns.

T...

### **Teste de Bombeamento**

Ensaio realizado no âmbito da investigação hidrogeológica, que consiste basicamente em submeter um sistema aquífero a determinadas condições de forma controlada e monitorizar a sua resposta. O objetivo deste tipo de ensaios pode ser a determinação das propriedades hidráulicas do sistema aquífero em estudo, tais como a transmissividade e a condutividade hidráulica, o estudo e resolução de problemas de contaminação da água subterrânea, o estudo a resolução de problemas de abastecimento, etc. a análise dos resultados obtidos a partir deste tipo de ensaio é muitas vezes baseada na comparação dos resultados obtidos com modelos analíticos e numéricos que produzem ambientes hidrogeológicos específicos.

## **Turbidez**

Medida da transparência de uma amostra ou corpo d'água, em termos da redução de penetração da luz, devido à presença de matéria em suspensão ou substâncias coloidais. Mede a não propagação da luz na água. É o resultado da maior ou menor presença de substâncias coloidais na água (Amarílio Pereira de Souza, informação pessoal, 1986).

**U...**

**V...**

## **Vulnerabilidade Natural das Águas Subterrâneas**

É o conjunto de características intrínsecas que determinam a sensibilidade de varias partes de um aquífero a ser adversamente afetado por uma carga contaminante.

**X...**

**Y...**

**Z...**

## ANEXO 2

TABELA 8 REFERENTE AOS PONTOS DE AFLORAMENTOS

Tabela 8 - Pontos de Afloramentos Descritos e Georreferenciados da AHE de Santo Antônio.

<b>SIGLA</b>	<b>UTM E</b>	<b>UTM N</b>	<b>LITOLÓGIA</b>
MQ-16	317400	8859897	PARAGNAISSE CALCISSILICATADO BANDADO
MQ-17	320529	8858766	MOBILIZADOS GRANÍTICOS E RESTITOS DE GNAISS
MQ-18	321062	8858549	GRANITO COM GRANADA
MQ-19	330073	8859444	METASSEDIMENTO (PARAGNAISSE FINO) BANDADO
JM-1	309291	8967548	SIENOGRANITO PORFIRÍTICO
JM-2	309625	8966414	SIENOGRANITO PORFIRÍTICO
JM-3	309220	8966061	CONGLOMERADO
JM-4	308775	8965573	ARENITO ARCOSIANO
JM-77	319592	8955071	GRANITO PORFIRÍTICO SAPROLITIZADO
JM-82	318181	8940904	SIENOGRANITO RAPAKIVI
JM-83	318118	8942145	SIENOGRANITO
JM-84	316908	8962530	CONGLOMERADO
JM-84A	317523	8962009	CONGLOMERADO
JM-85	316429	8963751	CONGLOMERADO
JM-86	309959	8968255	SIENOGRANITO PORFIRÍTICO
JM-86A	310405	8968588	SIENOGRANITO PORFIRÍTICO
JM-87	311192	8967020	CONGLOMERADO
JM-87A	312068	8967238	CONGLOMERADO
JM-87B	312729	8967528	CONGLOMERADO
JM-88	314453	8967881	SIENOGRANITO PORFIRÍTICO SAPROLITIZADO
JM-89	314491	8967508	CONGLOMERADO
JM-90	315088	8966194	ARENITO ARCOSIANO
JM-91	347647	8977137	AREIA E ARGILA
JM-92	347113	8978555	ARGILA
JM-93	347208	8979258	ARGILA
JM-94	347730	8980758	AREIA E ARGILA
JM-95	347218	8981791	AREIA
JM-96	346066	8981626	AREIA E ARGILA
JM-97	343201	8982050	AREIA FERRUGINOSA
JM-98	341995	8982619	AREIA FERRUGINOSA
JM-99	340654	8983277	AREIA - SILTOSA
JM-100	335376	8986582	ARGILA
JM-101	324583	8983759	ARGILA
JM-102	323342	8982384	MONZOGRANITO
JM-103	322087	8980291	SIENOGRANITO PORFIRÍTICO
JM-104	321089	8977381	SIENOGRANITO PORFIRÍTICO
JM-105	319055	8976359	SIENOGRANITO PORFIRÍTICO
JM-106	317654	8974807	SIENOGRANITO PORFIRÍTICO
JM-107	313905	8971930	ARGILA - SILTOSA
JM-108	312093	8969609	SIENOGRANITO PORFIRÍTICO
JM-109	311594	8968551	ARGILA
JM-110	310219	8968770	SIENOGRANITO PORFIRÍTICO
JM-111	313452	8972944	ARGILA
JM-112	316141	8974050	SIENOGRANITO PORFIRÍTICO
JM-113	317716	8976155	SIENOGRANITO

JM-114	320532	8977957	ARGILA - SILTOSA
JM-115	322558	8981964	SIENOGRANITO
JM-116	383082	9020314	MONZOGRANITO
JM-117	382701	9019830	METATUFO
JM-118	382450	9019425	SIENOGRANITO
JM-119	381055	9017154	SIENOGRANITO
JM-120	380249	9015574	LATERITA NODULAR
JM-121	380549	9013905	SIENOGRANITO
JM-122	382399	9012570	SIENOGRANITO
JM-123	382357	9009892	SIENOGRANITO
JM-124	382280	9009252	SIENOGRANITO
JM-125	381390	9007471	SIENOGRANITO
JM-126	377514	9006838	MONZOGRANITO
JM-127	376303	9006038	SIENOGRANITO
JM-128	375723	9005730	SIENOGRANITO
JM-129	374402	9005138	GABRO
JM-130	372761	9004895	SILTE
JM-131	372483	9004835	SIENOGRANITO
JM-132	371723	9004146	MONZOGRANITO
JM-133	370256	9002210	MONZOGRANITO
JM-134	369682	9003650	AREIA - SILTOSA
JM-135	370716	9004413	AREIA FERRUGINOSA
JM-136	371497	9004712	SIENOGRANITO
JM-137	373379	9005705	MONZOGRANITO
JM-138	374425	9005752	SIENOGRANITO
JM-139	375193	9006181	ARGILA - SILTOSA
JM-140	377724	9007871	ARGILA - SILTOSA
JM-141	378571	9007618	SIENOGRANITO
JM-142	380902	9008839	GNAISSE SAPROLITIZADO
JM-143	381805	9011039	SIENOGRANITO PORFIRÍTICO
JM-144	381592	9012264	GRANITO PORFIRÍTICO SAPROLITIZADO
JM-145	379626	9013108	ARGILA
JM-146	378879	9013860	SIENOGRANITO
JM-147	378773	9014867	SIENOGRANITO
JM-148	380144	9017273	SIENOGRANITO
JM-149	380964	9018762	SIENOGRANITO
JM-150	382835	9021216	SIENOGRANITO
JM-151	356398	9011241	ARGILA - ARENOSA
JM-152	354553	9009441	ARGILA - ARENOSA
JM-153	358026	9010707	ARGILA
JM-154	358789	9011506	SILTE
JM-155	359825	9012570	ARGILA
JM-156	361051	9013387	ARGILA
JM-157	363043	9011401	AREIA - SILTOSA
JM-158	365473	9008987	AREIA - ARGILOSA
JM-159	367182	9007257	ARGILA
JM-160	366207	9010508	LATERITA DETRÍTICA
JM-161	368788	9011298	AREIA - ARGILOSA
JM-162	371594	9008456	AREIA - ARGILOSA

JM-163	369527	9014504	ARGILA - ARENOSA
JM-164	369659	9017181	ARGILA - ARENOSA LATERITIZADA
JM-165	370303	9019664	ARGILA
JM-166	371116	9021061	LATERITA DETRÍTICA
JM-167	373117	9021590	LATERITA DETRÍTICA
JM-168	373743	9019057	LATERITA DETRÍTICA
JM-169	373773	9022944	AREIA
JM-170	375856	9024269	ARGILA
JM-171	376834	9025275	AREIA
JM-172	377854	9026363	SILTE
JM-173	379679	9028381	AREIA
JM-174	381468	9030366	AREIA
JM-175	381736	9029511	AREIA
JM-176	382015	9028842	LATERITA DETRÍTICA
JM-177	382707	9027653	AREIA
JM-178	383573	9027285	AREIA
JM-179	383026	9025516	AREIA
JM-180	383182	9024395	AREIA - ARGILOSA
JM-181	383003	9023332	LATERITA DETRÍTICA
JM-182	383329	9031376	AREIA - ARGILOSA
JM-183	384998	9031680	AREIA LATERITIZADA
JM-184	385918	9031531	ARGILA - ARENOSA
JM-185	387356	9031563	LATERITA DETRÍTICA
JM-186	388412	9031495	ARGILA - SILTOSA
JM-187	390654	9031455	AREIA
JM-188	391766	9031576	AREIA
JM-189	390272	9030362	AREIA
JM-190	388584	9029001	SILTE - ARGILOSO
JM-191	387453	9026344	LATERITA DETRÍTICA
JM-192	386219	9025472	ARGILA
JM-193	394145	9032189	AREIA
JM-194	393736	9034496	LATERITA DETRÍTICA
JM-195	395471	9033481	ARGILA
JM-196	377711	8993222	SIENOGRAITO
JM-197	379303	8992431	AREIA
JM-198	381002	8993142	LATERITA DETRÍTICA
JM-199	382865	8996251	LATERITA DETRÍTICA
JM-200	387819	8998377	AREIA
JM-201	387523	8999036	AREIA
JM-202	389391	8999689	GRANITO SAPROLITIZADO
JM-203	389210	9001031	LATERITA DETRÍTICA
JM-204	388818	9002337	ARGILA
JM-205	391739	9001697	ARGILA - SILTOSA
JM-206	394878	9001038	AREIA
JM-207	389454	9004978	AREIA
JM-208	390857	9008641	LATERITA DETRÍTICA
JM-209	391510	9009807	GRANITO SAPROLITIZADO
JM-210	389810	9010020	ARGILA - ARENOSA
JM-211	388470	9011230	LATERITA DETRÍTICA

JM-212	388782	9013556	ARGILA
JM-213	389129	9014085	LATERITA DETRÍTICA
JM-214	387573	9016290	ARGILA
JM-215	386364	9017291	ARGILA
JM-216	384873	9017873	ARGILA - ARENOSA
JM-217	383512	9017068	ARGILA - ARENOSA
JM-218	382750	9015331	LATERITA DETRÍTICA
JM-219	396005	9019554	ARGILA - ARENOSA
JM-222	315599	8962457	AREIA
JM-223	378225	8985712	SIENOGRANITO
JM-224	378503	8986532	SIENOGRANITO
JM-225	378372	8987419	SIENOGRANITO
JM-226	377925	8988863	LATERITA DETRÍTICA
JM-227	378073	8990386	SIENOGRANITO
JM-228	395382	9018043	LATERITA DETRÍTICA
JM-229	396965	9023521	LATERITA DETRÍTICA
JM-230	405025	8872418	GRANITO SAPROLITIZADO
JM-231	403401	8875876	GRANITO SAPROLITIZADO
JM-232	401013	8877556	LATOSSOLO AMARELADO
JM-233	401432	8878514	SIENOGRANITO PORFIRÍTICO
JM-234	402502	8879596	SIENOGRANITO PORFIRÍTICO
JM-235	403119	8880276	SIENOGRANITO PORFIRÍTICO
JM-236	403485	8883059	SIENOGRANITO PORFIRÍTICO
JM-237	402729	8883886	METAGABRO
JM-238	402657	8884153	CHARNOCKITO
JM-239	401954	8886948	CHARNOCKITO
JM-240	401312	8887786	CHARNOCKITO
JM-241	400971	8888730	CHARNOCKITO
JM-242	398836	8888917	METAGABRO
JM-243	396478	8887782	CHARNOCKITO
JM-244	401399	8889284	CHARNOCKITO
JM-245	399766	8893271	PARAGNAISSE
JM-246	399313	8897080	ANFIBOLITO
JM-247	399275	8897275	SIENOGRANITO MILONITIZADO
JM-248	398706	8899341	PARAGNAISSE
JM-249	398062	8901800	SIENOGRANITO
JM-250	397658	8902333	SIENOGRANITO MILONITIZADO
JM-251	397596	8903601	SIENOGRANITO
JM-252	393776	8913776	PARAGNAISSE
JM-253	393414	8914703	METAGABRO
JM-254	392570	8934177	PARAGNAISSE
JM-255	374019	8884758	ARGILA
JM-256	374595	8884634	COLUVIO DE METASSEDIMENTO
JM-257	374673	8884480	ANFIBOLITO
JM-258	375572	8884455	ANFIBOLITO
JM-259	376470	8884299	ARGILA
JM-260	376668	8884272	SAPROLITO METAVULCANOCLÁSTICA
JM-261	377422	8884106	SAPROLITO DE METASSEDIMENTO
JM-262	377627	8884071	SAPROLITO GRANÍTICO

JM-263	379034	8883793	CALCISSILICÁTICA
JM-264	380247	8883883	ANFIBOLITO
JM-265	380697	8883898	SAPROLITO METACHERT
JM-266	381011	8882267	SIENOGRANITO PORFIRÍTICO
JM-267	382745	8881313	SIENOGRANITO
JM-268	382894	8878898	METAGABRO
JM-269	382906	8878592	SIENOGRANITO
JM-270	386153	8877947	LATERITO
JM-271	389219	8877950	SIENOGRANITO PORFIRÍTICO
JM-272	391443	8878138	SAPROLITO SIENOGRANITO PĒRFIRO
JM-273	390131	8865777	SIENOGRANITO PORFIRÍTICO
JM-274	390945	8865549	SIENOGRANITO PORFIRÍTICO
JM-275	393989	8865956	SIENOGRANITO PORFIRÍTICO
JM-276	396592	8865885	LATERITO
JM-277	396967	8865839	SIENOGRANITO PORFIRÍTICO
JM-278	398827	8865820	SIENOGRANITO PORFIRÍTICO
JM-279	402054	8867097	SIENOGRANITO PORFIRÍTICO
JM-280	387965	8864103	SIENOGRANITO PORFIRÍTICO
JM-281	387934	8861614	SIENOGRANITO PORFIRÍTICO
JM-282	387780	8859583	SIENOGRANITO PORFIRÍTICO
JM-283	387869	8852319	SIENOGRANITO PORFIRÍTICO
JM-284	387819	8850945	SIENOGRANITO PORFIRÍTICO
JM-285	387161	8847806	SIENOGRANITO PORFIRÍTICO
JM-286	376364	8845228	SIENOGRANITO PORFIRÍTICO
JM-287	377475	8846295	SIENOGRANITO PORFIRÍTICO
JM-288	379441	8845615	SIENOGRANITO PORFIRÍTICO
JM-289	381354	8845275	SIENOGRANITO PORFIRÍTICO
JM-290	384162	8845362	SIENOGRANITO PORFIRÍTICO
JM-291	388986	8845233	LATERITO
JM-292	390675	8850191	SIENOGRANITO PORFIRÍTICO
JM-293	390749	8852154	SIENOGRANITO PORFIRÍTICO
JM-294	392775	8857709	SIENOGRANITO PORFIRÍTICO
JM-295	394877	8859696	LEUCOGRANITO
JM-296	395957	8859819	LEUCOGRANITO
JM-297	396801	8859923	SAPROLITO DE LEUCOGRANITO
JM-298	397083	8862768	SIENOGRANITO
JM-307	346119	8973198	SIENOGRANITO
JM-308	344311	8971440	AREIA FERRUGINIZADA
JM-309	343437	8969585	SIENOGRANITO PORFIRÍTICO
JM-309A	344881	8969735	BRECHA TECTÔNICA
JM-310	345450	8969319	ARGILA
JM-311	344198	8967651	SEIXO COM ARGILA
JM-312	344633	8965274	AREIA FERRUGINOSA
JM-313	347453	8965829	ARGILA
JM-314	346694	8963665	ARGILA
JM-315	345616	8963760	CONGLOMERADO
JM-316	345352	8963685	ARENITO ARCOSIANO
JM-317	345843	8961769	ARGILA
JM-318	343417	8961050	SILTE - ARGILOSO

JM-319	342725	8960281	ARENITO ARCOSIANO
JM-320	343782	8959496	ARENITO ARCOSIANO
JM-321	343929	8958404	AREIA
JM-322	343899	8956122	ARENITO ARCOSIANO
JM-322A	343750	8956083	METATUFO
JM-323	343406	8954483	AREIA FERRUGINIZADA
JM-324	344412	8954773	AREIA
JM-325	345631	8954284	AREIA
JM-326	344962	8952413	SILTE
JM-327	346320	8950711	AREIA FERRUGINIZADA
JM-328	348083	8949593	ARENITO ARCOSIANO
JM-329	348770	8949036	LATERITO
JM-330	350101	8948608	ARENITO ARCOSIANO
JM-331	358517	8954294	ARGILITO
JM-332	359756	8952271	ARGILA
JM-333	360685	8952214	GRANITO SAPROLITIZADO
JM-334	360836	8951551	AREIA FERRUGINIZADA
JM-335	360760	8950436	SIENOGRANITO
JM-336	360206	8950539	GRANITO SAPROLITIZADO
JM-337	360252	8949683	SIENOGRANITO
JM-338	361056	8949583	SIENOGRANITO
JM-339	361424	8948889	SIENOGRANITO
JM-340	360825	8949064	AREIA FERRUGINOSA
JM-341	343047	8971153	AREIA FERRUGINOSA
JM-342	341540	8970848	AREIA FERRUGINOSA
JM-343	340452	8970962	AREIA FERRUGINOSA
JM-344	339758	8970489	ARGILA
JM-345	340304	8969855	AREIA FERRUGINOSA
JM-346	340564	8968665	ARGILA
JM-347	339904	8966751	ARGILITO
JM-348	339059	8966789	COLÚVIO DE ARENITO
JM-349	338116	8965780	AREIA
JM-350	337533	8964665	ARGILA
JM-351	337473	8962858	ARENITO ARCOSIANO
JM-352	338396	8961607	ARENITO ARCOSIANO
JM-353	338791	8960637	AREIA FERRUGINOSA
JM-354	338998	8958153	AREIA
JM-355	339617	8957899	AREIA FERRUGINOSA
JM-356	339409	8956597	AREIA FERRUGINOSA
JM-357	339914	8956647	ARENITO ARCOSIANO
JG-1	309746	8967454	GRANITO PORFIRÍTICO
JG-2	310247	8965860	ARENITO ARCOSIANO
JG-3	309793	8964320	ARENITO ARCOSIANO
JG-91	323818	8985637	ARGILA - SILTOSA
JG-92	327326	8987197	QUARTZO-MONZONITO
JG-93	332710	8989316	AREIA - ARGILOSA
JG-94	333651	8988752	AREIA
JG-95	335599	8987573	AREIA
JG-96	341732	8984333	ARGILO-SILTOSO

JG-97	343514	8984066	AREIA
JG-98	343973	8984039	AREIA - ARGILOSA E SILTICA
JG-99	347077	8984091	SIENOGRANITO
JG-100	347092	8984669	AREIA COM CASCALHO
JG-101	348855	8986700	SIENOGRANITO
JG-102	349544	8988166	SILTE - ARGILOSO
JG-103	350588	8989895	AREIA
JG-104	347012	8982432	SIENOGRANITO
JG-105	354354	8993432	ARENITO FERRUGINIZADO
JG-106	355697	8996983	ARGILA - SILTOSA
JG-107	357525	9000012	MONZOGRANITO
JG-108	359253	9002194	MONZOGRANITO
JG-109	363316	9003896	MONZOGRANITO
JG-110	364076	9003726	ARGILA-SILTE
JG-111	365529	9003075	MONZOGRANITO
JG-112	366255	9002563	MONZOGRANITO
JG-113	367818	9002428	SIENOGRANITO
JG-114	368571	9001133	SIENOGRANITO
JG-115	346205	8974719	ARGILA - ARENOSA
JG-116	345480	8973417	ARGILA - ARENOSA
JG-117	346743	8976059	SIENOGRANITO
JG-118	347650	8976085	SIENOGRANITO
JG-119	349113	8984655	SIENOGRANITO
JG-120	348902	8985234	SIENOGRANITO
JG-121	349455	8986413	SIENOGRANITO
JG-122	353987	8991852	ARGILA - SILTOSA
JG-123	356062	8994796	SIENOGRANITO
JG-124	362459	9002965	AREIA FERRUGINIZADA
JG-125	395263	9027219	BIOTITA-MONZOGRANITO
JG-126	393861	9027675	BIOTITA-MONZOGRANITO
JG-127	392254	9026726	MONZOGRANITO
JG-128	392612	9023404	SIENOGRANITO
JG-129	388329	9022715	SIENOGRANITO
JG-130	387144	9022806	SIENOGRANITO
JG-131	386182	9023619	SIENOGRANITO ( SAPROLITIZADO)
JG-132	383506	9022123	SIENOGRANITO
JG-133	386989	9020548	SIENOGRANITO
JG-134	388050	9021658	SIENOGRANITO
JG-135	391490	9022176	SIENOGRANITO
JG-136	392472	9022356	ARGILA - SILTOSA
JG-137	393483	9023721	SIENOGRANITO
JG-138	392784	9025032	SIENOGRANITO
JG-139	395344	9026379	SIENOGRANITO
JG-140	349319	8977477	AREIA - ARGILOSA
JG-141	346350	8976090	ARGILA - ARENOSA
JG-142	317671	8965311	AREIA
JG-143	318641	8964546	ARENITO
JG-144	319312	8963493	ARENITO / CONGLOMERADO
JG-145	320225	8962717	ARENITO / CONGLOMERADO

JG-146	320552	8962188	ARENITO / CONGLOMERADO
JG-147	320982	8961618	ARENITO / CONGLOMERADO
JG-148	322713	8969640	ARENITO / CONGLOMERADO
JG-149	323151	8969386	ARENITO / CONGLOMERADO
JG-150	324100	8967751	ARENITO / CONGLOMERADO
JG-151	323867	8966904	ARENITO
JG-152	319457	8966380	ARENITO
JG-153	319814	8965873	ARENITO / CONGLOMERADO
JG-154	323801	8954931	LATERITO
JG-155	327588	8954363	LATERITO
JG-156	328638	8955966	ANFIBOLITO
JG-157	328656	8956663	ANFIBOLITO
JG-158	329135	8957230	ANFIBOLITO
JG-159	328617	8955466	ANFIBOLITO
JG-160	333771	8972904	GRANITO FOLIADO(SAPROLITIZADO)
JG-161	333821	8969463	GRANITO FOLIADO(SAPROLITIZADO)
JG-162	333700	8966128	GRANITO
JG-163	333534	8961473	GRANITO ISOTROPICO/G.FOLIADO
JG-164	333407	8958874	ARENITO ARCOSIANO
JG-165	333341	8958143	ARENITO ARCOSIANO
JG-166	333240	8957038	ANFIBOLITO SAPROLITIZADO
JG-167	333289	8955479	AREIA
JG-168	333307	8954544	SAPROLITO GRANÍTICO
JG-169	332720	8954101	ANFIBOLITO SAPROLITIZADO
JG-170	331172	8954216	AREIA
JG-171	330000	8954258	AREIA
JG-172	333380	8953899	LATERITO
JG-173	333626	8950614	QUARTZO-ARENITO
JG-174	333574	8950051	QUARTZO-ARENITO
JG-175	336020	8977142	ARGILA - ARENOSA
JG-176	335615	8978911	AREIA
JG-177	334162	8978615	AREIA
JG-178	331930	8978145	ARGILA - ARENOSA
JG-179	344042	8978184	ARGILA - ARENOSA
JG-180	343120	8980137	AREIA
JG-181	341263	8981372	AREIA – ARGILOSA
JG-182	348546	8974961	ARGILA
JG-183	349596	8971380	AREIA – ARGILOSA
JG-184	349796	8969725	AREIA – ARGILOSA
JG-185	354325	8978132	SIENOGRANITO PORFIRÍTICO
JG-186	352246	8979352	SIENOGRANITO PORFIRÍTICO
JG-187	352939	8983880	SIENOGRANITO PORFIRÍTICO
JG-188	351651	8984563	SIENOGRANITO PORFIRÍTICO
JG-189	352991	8980956	SIENOGRANITO PORFIRÍTICO
JG-190	356845	8994809	SIENOGRANITO PORFIRÍTICO
JG-191	358903	8992529	SIENOGRANITO PORFIRÍTICO
JG-192	361163	8986642	SAPROLITO DE METAMORFITO
JG-193	370708	8991819	LATERITO
JG-194	369826	8993008	AREIA

JG-195	368616	8994703	AREIA - ARGILOSA
JG-196	364515	8994860	AREIA - ARGILOSA
JG-197	363974	8995798	AREIA - ARGILOSA
JG-198	361690	8998146	ARGILA
JG-199	373692	8990108	BIOTITA-SIENOGRANITO
JG-200	380044	8998548	LATERITO
JG-201	380237	8999796	SAPROLITO GRANITICO, PORFIRÍTICO
JG-202	380264	9003153	LATERITO
JG-203	375805	9003485	LATERITO
JG-204	377568	9002956	LATERITO
JG-205	383007	9002625	LATERITO
JG-206	387850	9011650	LATERITO
JG-207	392316	9018961	LATERITO
JG-208	401612	9029083	ARGILA
JG-209	355833	8999751	ARGILA - ARENOSA
JG-210	353283	9002317	AREIA
JG-211	351688	9003800	ARGILA
JG-212	348477	9000584	ARGILA
JG-213	348956	9002605	LATERITO IMATURO
JG-214	350570	9004941	ARGILA
JG-215	352432	9007311	SILTE - ARGILOSO
JG-216	355827	9006765	AREIA
JG-217	357257	9005360	ARGILA
JG-218	358741	9003893	LATERITO IMATURO
JG-219	355727	9010607	AREIA
JG-220	359689	9009117	ARGILA - ARENOSA
JG-221	360975	9007833	AREIA
JG-222	362622	9008841	AREIA
JG-223	363696	9010105	LATERITO IMATURO
JG-224	393669	9025236	SIENOGRANITO
JG-225	383773	9020654	GRANITO E METAMORFITO SAPROLITIZADOS
JG-226	399717	9031278	METAMORFITO SAPROLITIZADO
JG-227	398230	9029694	METAMORFITO SAPROLITIZADO
JG-228	393117	9026197	SILTE - ARGILOSO
JG-229	386140	9023681	AREIA
JG- 230	396134	8900445	GRANITO DEFORMADO
JG- 231	394532	8900022	PARAGNAISSE
JG- 232	392489	8899581	GRANITO FOLIADO
JG- 233	390229	8898970	GRANITO FOLIADO
JG- 234	386329	8897999	PARAGNAISSE
JG- 235	384871	8897643	LATERITO
JG- 236	384020	8897426	PARAGNAISSE
JG- 237	383353	8897257	ANFIBOLITO
JG- 238	382084	8896962	ANFIBOLITO
JG- 239	381441	8896813	PARAGNAISSE
JG- 240	381990	8895746	GRANITO
JG- 241	382287	8896302	LATERITO
JG- 242	407617	8880511	GRANITO FOLIADO
JG- 243	399210	8880500	GRANITO FOLIADO

JG- 244	397753	8880305	GRANITO PORFIRÍTICO
JG- 245	396681	8882403	GRANITO FOLIADO
JG- 246	396220	8883141	PARAGNAISSE
JG- 247	393700	8884327	GRANITO FOLIADO / METAGABRO
JG- 248	392402	8884474	LATERITO
JG- 249	391738	8884619	GRANITO FOLIADO / METAGABRO
JG- 250	390122	8885105	GRANITO PORFIRÍTICO
JG- 251	388630	8885562	GRANITO FOLIADO / METAGABRO
JG- 252	387654	8885713	GRANITO FOLIADO
JG- 253	386355	8886121	GRANITO PORFIRÍTICO
JG- 254	385406	8888019	GRANITO FOLIADO / METAGABRO
JG- 255	384329	8886520	GRANITO PORFIRÍTICO FOLIADO
JG- 256	382006	8886968	METAGABRO (ANFIBOLITO)
JG- 257	363747	8889008	ARGILA - SILTOSA
JG- 258	364105	8889094	LATERITO
JG- 259	366438	8889362	LATERITO
JG- 260	368232	8889106	METATURBIDITOS PARAGNAISSE
JG- 261	370334	8888932	METATURBIDITOS PARAGNAISSE
JG- 262	370960	8888952	METATURBIDITOS PARAGNAISSE
JG- 263	373783	8888822	GRANITO MILONITIZADO (?)
JG- 264	375216	8888503	METATURBIDITOS PARAGNAISSE
JG- 265	377118	8888092	METATURBIDITOS PARAGNAISSE
JG- 266	379125	8887549	METATURBIDITOS PARAGNAISSE
JG- 267	380808	8888285	PARAGNAISSE
JG- 268	380897	8885819	BIOTITA-SIENOGRANITO
JG- 269	359829	8864549	BIOTITA-SIENOGRANITO
JG- 270	359540	8864610	BIOTITA-SIENOGRANITO
JG- 271	369941	8865699	SIENOGRANITO
JG- 272	372539	8867327	BIOTITA-SIENOGRANITO
JG- 273	377063	8865179	SIENOGRANITO
JG- 274	381128	8865688	SIENOGRANITO
JG- 275	384426	8865619	SIENOGRANITO
JG- 276	383655	8868271	SIENOGRANITO
JG- 277	383278	8871980	BIOTITA-SIENOGRANITO
JG- 278	386637	8865634	BIOTITA-SIENOGRANITO
JG- 279	388059	8866175	BIOTITA-SIENOGRANITO
JG- 280	387378	8868801	BIOTITA-SIENOGRANITO
JG- 281	385567	8876386	SIENOGRANITO
JG- 282	385836	8877453	BIOTITA-SIENOGRANITO
JG- 283	399495	8877691	SIENOGRANITO
JG- 284	372660	8869509	SIENOGRANITO
JG- 285	372687	8871565	SIENOGRANITO
JG- 286	373024	8873058	SIENOGRANITO
JG- 287	374042	8880294	LATERITO
JG- 288	374019	8881134	SIENOGRANITO
JG- 289	372826	8881470	LATERITO
JG- 290	385448	8862792	BIOTITA-SIENOGRANITO
JG- 291	386288	8861912	SIENOGRANITO
JG- 307	350460	8948675	ARENITO ARCOSIANO

JG- 308	350296	8948203	CONGLOMERADO
JG- 309	350070	8947611	AREIA FERRUGINIZADA
JG- 310	350069	8947056	AREIA, CASCALHO, ARGILA
JG- 311	348782	8944091	SIENOGRANITO
JG- 312	349051	8940811	ARGILA MOSQUEADA
JG- 313	346079	8963068	ARGILA, CASCALHO E AREIA
JG- 314	348460	8962372	CONGLOMERADO
JG- 315	349150	8961529	AREIA, CASCALHO
JG- 316	349851	8960989	ARENITO ARCOSIANO
JG- 317	349665	8959758	ARENITO ARCOSIANO
JG- 318	351024	8959360	AREIA, ARGILA
JG- 319	352425	8958400	ARENITO ARCOSIANO
JG- 320	353167	8957568	ARENITO ARCOSIANO
JG- 321	352457	8956659	ARENITO ARCOSIANO
JG- 322	353113	8955961	ARENITO ARCOSIANO
JG- 323	353367	8956861	AREIA FERRUGINIZADA, ARGILA, SILTE
JG- 324	353822	8957168	ARENITO ARCOSIANO
JG- 325	354525	8954803	ARENITO ARCOSIANO
JG- 326	355520	8954319	ARENITO ARCOSIANO
JG- 327	356909	8954064	AREIA, SILTE, ARGILA
JG- 328	356813	8953482	ARGILITO
JG- 329	360631	8947492	ARGILITO
JG- 330	362098	8947021	ARGILITO
JG- 331	362787	8947745	ARGILITO
JG- 332	363352	8947360	GRANITO
JG- 333	364293	8947551	GRANITO
JG- 334	364555	8947905	AREIA, ARGILA
JG- 335	365161	8947179	GRANITO
JG- 336	365964	8946525	ARGILITO
JG- 337	345967	8977313	GRANITO
JG- 338	346077	8977662	GRANITO
JG- 339	346282	8977933	GRANITO
JG- 340	345955	8978502	LATERITO
JG- 341	388479	9011241	LATERITO
JG- 342	389146	9014039	LATERITO
JG- 343	390866	9016865	LATERITO
JG- 344	396037	9021067	LATERITO

## ANEXO 3

### **TABELA 9: RELAÇÃO DE PROCESSOS DNPM (SITUAÇÃO LEGAL DE ÁREAS) AHE DE SANTO ANTÔNIO**

**TABELA 9: RELAÇÃO DE PROCESSOS DNPM (SITUAÇÃO LEGAL DE ÁREAS) – AHE DE SANTO ANTÔNIO**

ANO	PROCESSO	FASE	NOME	SUBSTÂNCIA	SITUAÇÃO ATUAL
1973	813034	Concessão de Lavra	EMPRESA DE AGUAS KAIARY LTDA	ÁGUA MINERAL	CONC LAV/REL REAVAL RESERVA APROVAD PUBL EM 24/11/2003
1983	881178	Autorização de Pesquisa	CIA. DE MINERAÇÃO DE RONDÔNIA CMR	OURO	AUT PESQ/ARQUIVAMENTO PROCESSO PUBLICADO EM 15/ 6/2005
1986	880042	Requerimento de Pesquisa	CIA. DE MINERAÇÃO DE RONDÔNIA CMR	PRATA	REQ PESQ/REQ PESQUISA COMPLETO PROTOCOLI EM 19/ 2/1986
1988	880398	Concessão de Lavra	EMPRESA RONDONIENSE DE REFRIGERANTE LTDA	ÁGUA MINERAL	CONC LAV/EXIGÊNCIA PUBLICADA EM 5/ 8/2003
1988	880439	Autorização de Pesquisa	CIA. DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS - CPRM	TUNGSTÊNIO	AUT PESQ/DEFESA APRESENTADA PROTOCOLIZADO EM 1/ 6/1998
1994	880702	Autorização de Pesquisa	TURQUEZA GEOLOGIA MINERAÇÃO E COMÉRCIO LTDA.	OURO	AUT PESQ/ALVARÁ DE PESQUISA 03 ANOS PUBL EM 1/ 7/2005
1995	886002	Req. de Lavra Garimpeira	WASHINGTON CHARLES CORDEIRO CAMPOS	OURO	REQ PLG/EXIGÊNCIA PUBLICADA EM 2/10/2002
1998	886978	Requerimento de Pesquisa	CERÂMICA PORTO VELHO LTDA	ARGILA	REQ PESQ/PEDIDO INCORPORAÇÃO/CESSÃO PROT EM 19/ 3/2004
1999	886019	Req. de Lavra Garimpeira	LEVY ANTONIO DE OLIVEIRA	OURO	REQ PLG/REQUERIM LAVRA GARIMPEIRA PROTOC EM 23/ 4/1999
1999	886020	Req. de Lavra Garimpeira	LEVY ANTONIO DE OLIVEIRA	OURO	REQ PLG/REQUERIM LAVRA GARIMPEIRA PROTOC EM 23/ 4/1999
1999	886021	Req. de Lavra Garimpeira	LEVY ANTONIO DE OLIVEIRA	OURO	REQ PLG/REQUERIM LAVRA GARIMPEIRA PROTOC EM 23/ 4/1999
1999	886022	Req. de Lavra Garimpeira	LEVY ANTONIO DE OLIVEIRA	OURO	REQ PLG/REQUERIM LAVRA GARIMPEIRA PROTOC EM 23/ 4/1999
1999	886023	Req. de Lavra Garimpeira	LEVY ANTONIO DE OLIVEIRA	OURO	REQ PLG/REQUERIM LAVRA GARIMPEIRA PROTOC EM 23/ 4/1999
1999	886024	Req. de Lavra Garimpeira	LEVY ANTONIO DE OLIVEIRA	OURO	REQ PLG/REQUERIM LAVRA GARIMPEIRA PROTOC EM 23/ 4/1999
1999	886025	Req. de Lavra Garimpeira	LEVY ANTONIO DE OLIVEIRA	OURO	REQ PLG/REQUERIM LAVRA GARIMPEIRA PROTOC EM 23/ 4/1999
1999	886026	Req. de Lavra Garimpeira	LEVY ANTONIO DE OLIVEIRA	OURO	REQ PLG/REQUERIM LAVRA GARIMPEIRA PROTOC EM 23/ 4/1999
1999	886027	Req. de Lavra Garimpeira	LEVY ANTONIO DE OLIVEIRA	OURO	REQ PLG/REQUERIM LAVRA GARIMPEIRA PROTOC EM 23/ 4/1999
1999	886028	Req. de Lavra Garimpeira	LEVY ANTONIO DE OLIVEIRA	OURO	REQ PLG/REQUERIM LAVRA GARIMPEIRA PROTOC EM 23/ 4/1999
1999	886029	Req. de Lavra Garimpeira	LEVY ANTONIO DE OLIVEIRA	OURO	REQ PLG/REQUERIM LAVRA GARIMPEIRA PROTOC EM 23/ 4/1999
1999	886030	Req. de Lavra Garimpeira	LEVY ANTONIO DE OLIVEIRA	OURO	REQ PLG/REQUERIM LAVRA GARIMPEIRA PROTOC EM 23/ 4/1999
1999	886031	Req. de Lavra Garimpeira	LEVY ANTONIO DE OLIVEIRA	OURO	REQ PLG/EXIGÊNCIA PUBLICADA EM 2/10/2002
1999	886032	Req. de Lavra Garimpeira	LEVY ANTONIO DE OLIVEIRA	OURO	REQ PLG/EXIGÊNCIA PUBLICADA EM 2/10/2002
1999	886038	Req. de Lavra Garimpeira	WASHINGTON CHARLES CORDEIRO CAMPOS	OURO	REQ PLG/EXIGÊNCIA PUBLICADA EM 2/10/2002
1999	886040	Req. de Lavra Garimpeira	LEVY ANTONIO DE OLIVEIRA	OURO	REQ PLG/REQUERIM LAVRA GARIMPEIRA PROTOC EM 11/ 5/1999
1999	886041	Req. de Lavra Garimpeira	LEVY ANTONIO DE OLIVEIRA	OURO	REQ PLG/REQUERIM LAVRA GARIMPEIRA PROTOC EM 11/ 5/1999
1999	886042	Req. de Lavra Garimpeira	LEVY ANTONIO DE OLIVEIRA	OURO	REQ PLG/REQUERIM LAVRA GARIMPEIRA PROTOC EM 11/ 5/1999
1999	886043	Req. de Lavra Garimpeira	LEVY ANTONIO DE OLIVEIRA	OURO	REQ PLG/REQUERIM LAVRA GARIMPEIRA PROTOC EM 11/ 5/1999
1999	886044	Req. de Lavra Garimpeira	LEVY ANTONIO DE OLIVEIRA	OURO	REQ PLG/REQUERIM LAVRA GARIMPEIRA PROTOC EM 11/ 5/1999
1999	886063	Concessão de Lavra	RONDONMAR - CONSTRUTORA DE OBRAS LTDA.	GRANITO	CONC LAV/CONCESSÃO DE LAVRA PUBLICADA EM 20/ 6/2005
1999	886127	Autorização de Pesquisa	JOSÉ CLAUDIÓCIR CESCO - ME - CERÂMICA J. K.	ARGILA	AUT PESQ/DOCUMENTO DIVERSO PROTOCOLIZADO EM 16/ 3/2005
2001	886255	Requerimento de Lavra	RONDONMAR - CONSTRUTORA DE OBRAS LTDA.	TITÂNIO	REQ LAV/DOCUMENTO DIVERSO PROTOCOLIZADO EM 6/ 4/2004

2002	886020	Requerimento de Pesquisa	LEVY ANTONIO DE OLIVEIRA	AREIA	REQ PESQ/REQ PSQUISA COMPLETO PROTOCOLI EM 4/ 3/2002
2002	886021	Requerimento de Pesquisa	LEVY ANTONIO DE OLIVEIRA	AREIA	REQ PESQ/REQ PSQUISA COMPLETO PROTOCOLI EM 4/ 3/2002
2002	886022	Requerimento de Pesquisa	LEVY ANTONIO DE OLIVEIRA	AREIA	REQ PESQ/REQ PSQUISA COMPLETO PROTOCOLI EM 4/ 3/2002
2002	886028	Requerimento de Pesquisa	RANDOMAR - CONSTRUTORA DE OBRAS LTDA.	TITÂNIO	REQ PESQ/REQ PSQUISA COMPLETO PROTOCOLI EM 12/ 3/2002
2002	886033	Autorização de Pesquisa	VALENTIM MANDUCA PACIOS	OURO	AUT PESQ/ALVARA DE PESQUISA 03 ANOS PUBL EM 17/ 8/2005
2002	886057	Licenciamento	MMM MINAS MINERAÇÃO MADEIRAS E ENGENHARIA LTDA.	LATERITA	LICEN/EXIGÊNCIA PUBLICADA EM 13/ 7/2005
2002	886096	Autorização de Pesquisa	CERÂMICA NOSSA SENHORA D'ABADIA LTDA	ARGILA	AUT PESQ/CUMPRIMENTO EXIGÊNCIA PROTOCOLI EM 23/ 3/2004
2002	886097	Autorização de Pesquisa	CERÂMICA SANTA CATARINA LTDA.	ARGILA	AUT PESQ/DOCUMENTO DIVERSO PROTOCOLIZADO EM 16/ 3/2005
2002	886101	Autorização de Pesquisa	LEVY ANTONIO DE OLIVEIRA	OURO	AUT PESQ/RELATORIO PARCIAL PESQ APRESENT EM 6/ 7/2005
2002	886102	Autorização de Pesquisa	LEVY ANTONIO DE OLIVEIRA	AREIA	AUT PESQ/DOCUMENTO DIVERSO PROTOCOLIZADO EM 5/ 4/2005
2002	886103	Autorização de Pesquisa	LEVY ANTONIO DE OLIVEIRA	OURO	AUT PESQ/RELATORIO PARCIAL PESQ APRESENT EM 6/ 7/2005
2002	886104	Requerimento de Pesquisa	LEVY ANTONIO DE OLIVEIRA	MINÉRIO DE OURO	REQ PESQ/DOCUMENTO DIVERSO PROTOCOLIZADO EM 24/ 6/2004
2002	886106	Autorização de Pesquisa	VALENTIM MANDUCA PACIOS	OURO	AUT PESQ/INICIO DE PESQUISA COMUNICADO EM 2/ 8/2005
2002	886107	Requerimento de Pesquisa	LEVY ANTONIO DE OLIVEIRA	OURO	REQ PESQ/DOCUMENTO DIVERSO PROTOCOLIZADO EM 24/ 6/2004
2002	886109	Requerimento de Pesquisa	VALENTIM MANDUCA PACIOS	ESTANHO	REQ PESQ/INDEF ART 18 PAR 1 PUBLICADO EM 2/ 6/2005
2003	886078	Autorização de Pesquisa	GLAUCO OMAR CELLA	AREIA	AUT PESQ/PAGAMENTO DA TAXA ANUAL PAGA PROT EM 7/ 1/2005
2003	886098	Autorização de Pesquisa	BAMCOS CORPORATION MINERAÇÃO LTDA	ÁGUA MINERAL	AUT PESQ/PAGAMENTO DA TAXA ANUAL PAGA PROT EM 31/ 1/2005
2003	886245	Autorização de Pesquisa	MARIANA LANGONI CARDOSO	ARGILA	AUT PESQ/PEDIDO AVERB INCORP/CESSAO PROTOC EM 12/ 8/2005
2003	886256	Autorização de Pesquisa	CARLOS ALBERTO ALVES GOMES	GRANITO	AUT PESQ/PAGAMENTO DA TAXA ANUAL PAGA PROT EM 27/ 7/2005
2003	886287	Autorização de Pesquisa	CERÂMICA NOSSA SENHORA D'ABADIA LTDA	ARGILA	AUT PESQ/PAGAMENTO DA TAXA ANUAL PAGA PROT EM 26/ 7/2004
2003	886288	Autorização de Pesquisa	CERÂMICA NOSSA SENHORA D'ABADIA LTDA	ARGILA	AUT PESQ/PAGAMENTO DA TAXA ANUAL PAGA PROT EM 26/ 7/2004
2004	886066	Disponibilidade	ALVARO CARDOSO NAVES	OURO	DISPONIB/AREA DISPONIVEL ART 26 CM PUBLI EM 18/ 8/2005
2004	886192	Autorização de Pesquisa	SUBSOLO MINERAÇÃO INDUSTRIA E COMÉRCIO LTDA.	CASCALHO	AUT PESQ/PAGAMENTO DA TAXA ANUAL PAGA PROT EM 29/ 7/2005
2004	886204	Autorização de Pesquisa	RAIMUNDO PARAGUASSU DE OLIVEIRA	ÁGUA MINERAL	AUT PESQ/PAGAMENTO DA TAXA ANUAL PAGA PROT EM 26/ 7/2004
2004	886276	Autorização de Pesquisa	OSVALDO RAUBER	AREIA	AUT PESQ/ALVARA DE PESQUISA 02 ANOS PUBL EM 23/ 6/2005
2004	886421	Autorização de Pesquisa	GLAUCO OMAR CELLA	MINÉRIO DE ESTANHO	AUT PESQ/T=TULO CANCELADO PUBLICADO EM 29/ 6/2005
2004	886558	Autorização de Pesquisa	CARLOS ALBERTO ALVES GOMES	LATERITA	AUT PESQ/PAGAMENTO DA TAXA ANUAL PAGA PROT EM 27/ 7/2005
2005	886019	Requerimento de Pesquisa	CONCRENORTE CONCRETO E CONSTRUÇÕES DO NORTE LTDA	GRANITO P/ BRITA	REQ PESQ/INDEF ART 18 PAR 1 PUBLICADO EM 13/ 7/2005
2005	886022	Autorização de Pesquisa	JOSÉ CLAUDIÓCIR CESCA - ME - CERÂMICA J. K.	ARGILA	AUT PESQ/ALVARA DE PESQUISA 02 ANOS PUBL EM 10/ 6/2005
2005	886027	Requerimento de Pesquisa	CONCRENORTE CONCRETO E CONSTRUÇÕES DO NORTE LTDA	LATERITA	REQ PESQ/REQ PSQUISA COMPLETO PROTOCOLI EM 16/ 2/2005
2005	886028	Autorização de Pesquisa	CONCRENORTE CONCRETO E CONSTRUÇÕES DO NORTE LTDA	AREIA	AUT PESQ/ALVARA DE PESQUISA 02 ANOS PUBL EM 4/ 8/2005
2005	886034	Autorização de Pesquisa	MARCOS ROBERTO GONÁALVES	AREIA	AUT PESQ/PAGAMENTO DA TAXA ANUAL PAGA PROT EM 29/ 7/2005
2005	886038	Autorização de Pesquisa	E.S.PINTO - ME	ARGILA	AUT PESQ/PAGAMENTO DA TAXA ANUAL PAGA PROT EM 26/ 7/2005

2005	886046	Autorização de Pesquisa	LEBKUCHEN & CIA LTDA	ARGILA	AUT PESQ/ALVARA DE PESQUISA 02 ANOS PUBL EM 23/ 6/2005
2005	886051	Requerimento de Pesquisa	MÁRIO RIBEIRO EDUARDO	CASSITERITA	REQ PESQ/CUMPRIMENTO EXIGÊNCIA PROTOCOLI EM 6/ 7/2005
2005	886083	Autorização de Pesquisa	MMM MINAS MINERAÇÃO MADEIRAS E ENGENHARIA LTDA.	OURO	AUT PESQ/PAGAMENTO DA TAXA ANUAL PAGA PROT EM 27/ 7/2005
2005	886084	Autorização de Pesquisa	MMM MINAS MINERAÇÃO MADEIRAS E ENGENHARIA LTDA.	OURO	AUT PESQ/PAGAMENTO DA TAXA ANUAL PAGA PROT EM 27/ 7/2005
2005	886085	Requerimento de Pesquisa	MMM MINAS MINERAÇÃO MADEIRAS E ENGENHARIA LTDA.	OURO	REQ PESQ/ EXIGÊNCIA PUBLICADA EM 13/ 7/2005
2005	886132	Autorização de Pesquisa	ADEILSON ALVES DA SILVA	LATERITA	AUT PESQ/ALVARA DE PESQUISA 03 ANOS PUBL EM 17/ 8/2005
1984	881133	Requerimento de Pesquisa	MINERAÇÃO RIBEIRAO DOS OURIVES LTDA	TITÂNIO	REQ PESQ/PEDIDO DE DESISTENCIA PROTOCOLI EM 9/12/1997
1984	882098	Autorização de Pesquisa	MINERAÇÃO TABAI LTDA	ESTANHO	AUT PESQ/RELATORIO PARCIAL PESQ APRESENT EM 5/10/1989
1984	882099	Requerimento de Pesquisa	MINERAÇÃO TABAI LTDA	ESTANHO	REQ PESQ/CUMPRIMENTO EXIGÊNCIA PROTOCOLI EM 6/11/1985
1988	880369	Requerimento de Pesquisa	COMIBRA-COMERCIAL E INDUSTRIAL MINERADORA BRASILEIRA LTDA	TÂNTALO	REQ PESQ/CONSULTA FUNAI ENCAMINHADA EM 10/10/2001
1988	880524	Requerimento de Pesquisa	CONTEXIM-SOCIEDADE DE MINERAÇÃO CONTEXIM LTDA	OURO	REQ PESQ/PEDIDO DE DESISTENCIA PROTOCOLI EM 18/ 9/1990
1989	880056	Requerimento de Pesquisa	CELIO AUGUSTO PEDROSA	OURO	REQ PESQ/ EXIGÊNCIA PUBLICADA EM 25/ 4/2001
1991	880306	Req. de Lavra Garimpeira	LUIZ DE PAULA MARTINS	OURO	REQ PLG/EXIGÊNCIA PUBLICADA EM 2/10/2002
1992	880061	Req. de Lavra Garimpeira	ANTONIO AUGUSTO DE ALKIMIN JUNIOR	MINÉRIO DE OURO	REQ PLG/EXIGÊNCIA PUBLICADA EM 2/10/2002
1992	880062	Req. de Lavra Garimpeira	ANTONIO AUGUSTO DE ALKIMIN JUNIOR	MINÉRIO DE OURO	REQ PLG/EXIGÊNCIA PUBLICADA EM 2/10/2002
1992	880063	Req. de Lavra Garimpeira	ANTONIO AUGUSTO DE ALKIMIN JUNIOR	MINÉRIO DE OURO	REQ PLG/EXIGÊNCIA PUBLICADA EM 2/10/2002
1992	880064	Req. de Lavra Garimpeira	ANTONIO AUGUSTO DE ALKIMIN JUNIOR	MINÉRIO DE OURO	REQ PLG/EXIGÊNCIA PUBLICADA EM 2/10/2002
1992	880065	Req. de Lavra Garimpeira	ANTONIO AUGUSTO DE ALKIMIN JUNIOR	MINÉRIO DE OURO	REQ PLG/EXIGÊNCIA PUBLICADA EM 2/10/2002
1992	880066	Req. de Lavra Garimpeira	ANTONIO AUGUSTO DE ALKIMIN JUNIOR	MINÉRIO DE OURO	REQ PLG/EXIGÊNCIA PUBLICADA EM 2/10/2002
1992	880067	Req. de Lavra Garimpeira	ANTONIO AUGUSTO DE ALKIMIN JUNIOR	MINÉRIO DE OURO	REQ PLG/EXIGÊNCIA PUBLICADA EM 2/10/2002
1992	880068	Req. de Lavra Garimpeira	ANTONIO AUGUSTO DE ALKIMIN JUNIOR	MINÉRIO DE OURO	REQ PLG/EXIGÊNCIA PUBLICADA EM 2/10/2002
1992	880069	Req. de Lavra Garimpeira	ANTONIO AUGUSTO DE ALKIMIN JUNIOR	MINÉRIO DE OURO	REQ PLG/EXIGÊNCIA PUBLICADA EM 2/10/2002
1992	880070	Req. de Lavra Garimpeira	ANTONIO AUGUSTO DE ALKIMIN JUNIOR	MINÉRIO DE OURO	REQ PLG/EXIGÊNCIA PUBLICADA EM 2/10/2002
1992	880071	Req. de Lavra Garimpeira	ANTONIO AUGUSTO DE ALKIMIN JUNIOR	MINÉRIO DE OURO	REQ PLG/EXIGÊNCIA PUBLICADA EM 2/10/2002
1992	880072	Req. de Lavra Garimpeira	ANTONIO AUGUSTO DE ALKIMIN JUNIOR	MINÉRIO DE OURO	REQ PLG/EXIGÊNCIA PUBLICADA EM 2/10/2002
1992	880073	Req. de Lavra Garimpeira	ANTONIO AUGUSTO DE ALKIMIN JUNIOR	MINÉRIO DE OURO	REQ PLG/EXIGÊNCIA PUBLICADA EM 2/10/2002
1992	880074	Req. de Lavra Garimpeira	ANTONIO AUGUSTO DE ALKIMIN JUNIOR	MINÉRIO DE OURO	REQ PLG/EXIGÊNCIA PUBLICADA EM 2/10/2002
1993	880016	Requerimento de Pesquisa	GALM COMÉRCIO E SERVICOS LTDA	OURO	REQ PESQ/DOCUMENTO DIVERSO PROTOCOLIZADO EM 30/ 3/1993
1993	880016	Requerimento de Pesquisa	GALM COMÉRCIO E SERVICOS LTDA	OURO	REQ PESQ/DOCUMENTO DIVERSO PROTOCOLIZADO EM 30/ 3/1993
1993	880019	Requerimento de Pesquisa	GALM COMÉRCIO E SERVICOS LTDA	OURO	REQ PESQ/DOCUMENTO DIVERSO PROTOCOLIZADO EM 30/ 3/1993
1993	880019	Requerimento de Pesquisa	GALM COMÉRCIO E SERVICOS LTDA	OURO	REQ PESQ/DOCUMENTO DIVERSO PROTOCOLIZADO EM 30/ 3/1993
1993	880020	Requerimento de Pesquisa	GALM COMÉRCIO E SERVICOS LTDA	OURO	REQ PESQ/DOCUMENTO DIVERSO PROTOCOLIZADO EM 30/ 3/1993
1993	880021	Requerimento de Pesquisa	GALM COMÉRCIO E SERVICOS LTDA	OURO	REQ PESQ/DOCUMENTO DIVERSO PROTOCOLIZADO EM 30/ 3/1993

1993	880022	Requerimento de Pesquisa	GALM COMÉRCIO E SERVICOS LTDA	OURO	REQ PESQ/DOCUMENTO DIVERSO PROTOCOLIZADO EM 30/ 3/1993
1994	881001	Requerimento de Pesquisa	TIAGO RODRIGUES PINTO	OURO	REQ PESQ/CUMPRIMENTO EXIGÊNCIA PROTOCOLI EM 31/ 7/1998
1994	881432	Requerimento de Pesquisa	EMANUEL FULTON MADEIRA CASARA	CASSITERITA	REQ PESQ/PEDIDO DE DESISTENCIA PROTOCOLI EM 14/ 1/1999
1994	881433	Requerimento de Pesquisa	EMANUEL FULTON MADEIRA CASARA	CASSITERITA	REQ PESQ/PEDIDO DE DESISTENCIA PROTOCOLI EM 14/ 1/1999
1994	881434	Requerimento de Pesquisa	EMANUEL FULTON MADEIRA CASARA	CASSITERITA	REQ PESQ/PEDIDO DE DESISTENCIA PROTOCOLI EM 14/ 1/1999
1994	881441	Requerimento de Pesquisa	EMANUEL FULTON MADEIRA CASARA	CASSITERITA	REQ PESQ/PEDIDO DE DESISTENCIA PROTOCOLI EM 14/ 1/1999
1994	881442	Requerimento de Pesquisa	EMANUEL FULTON MADEIRA CASARA	CASSITERITA	REQ PESQ/PEDIDO DE DESISTENCIA PROTOCOLI EM 14/ 1/1999
1995	886001	Requerimento de Pesquisa	EMANUEL FULTON MADEIRA CASARA	CASSITERITA	REQ PESQ/PEDIDO DE DESISTENCIA PROTOCOLI EM 14/ 1/1999
1995	886314	Requerimento de Pesquisa	MINERAÇÃO SILVANA INDUSTRIA E COMÉRCIO LTDA	OURO	REQ PESQ/PEDIDO INCORPORCAO/CESSAO PROT EM 2/ 9/1998
1995	886324	Autorização de Pesquisa	MINERAÇÃO SILVANA INDUSTRIA E COMÉRCIO LTDA	OURO	AUT PESQ/T=TULO CANCELADO PUBLICADO EM 8/ 6/2005
1995	886325	Requerimento de Pesquisa	MINERAÇÃO SILVANA INDUSTRIA E COMÉRCIO LTDA	OURO	REQ PESQ/PEDIDO INCORPORCAO/CESSAO PROT EM 2/ 9/1998
1995	886337	Requerimento de Pesquisa	MINERAÇÃO SILVANA INDUSTRIA E COMÉRCIO LTDA	OURO	REQ PESQ/PEDIDO INCORPORCAO/CESSAO PROT EM 2/ 9/1998
1995	886348	Requerimento de Pesquisa	MINERAÇÃO SILVANA INDUSTRIA E COMÉRCIO LTDA	MINÉRIO DE OURO	REQ PESQ/COMPLEMENTACAO REQ PESQ PROTOCO EM 28/ 3/1995
1995	886349	Requerimento de Pesquisa	MINERAÇÃO SILVANA INDUSTRIA E COMÉRCIO LTDA	OURO	REQ PESQ/COMPLEMENTACAO REQ PESQ PROTOCO EM 28/ 3/1995
1995	886350	Autorização de Pesquisa	MINERAÇÃO SILVANA INDUSTRIA E COMÉRCIO LTDA	OURO	AUT PESQ/T=TULO CANCELADO PUBLICADO EM 8/ 6/2005
1995	886351	Autorização de Pesquisa	MINERAÇÃO SILVANA INDUSTRIA E COMÉRCIO LTDA	OURO	AUT PESQ/T=TULO CANCELADO PUBLICADO EM 8/ 6/2005
1995	886353	Requerimento de Pesquisa	MINERAÇÃO SILVANA INDUSTRIA E COMÉRCIO LTDA	OURO	REQ PESQ/ASSENTIMEN CSN/CEFF NAO AUTORIZ EM 12/ 5/2005
1995	886355	Requerimento de Pesquisa	MINERAÇÃO SILVANA INDUSTRIA E COMÉRCIO LTDA	OURO	REQ PESQ/ASSENTIMEN CSN/CEFF NAO AUTORIZ EM 12/ 5/2005
1995	886356	Requerimento de Pesquisa	MINERAÇÃO SILVANA INDUSTRIA E COMÉRCIO LTDA	OURO	REQ PESQ/ASSENTIMEN CSN/CEFF NAO AUTORIZ EM 12/ 5/2005
1995	886357	Requerimento de Pesquisa	MINERAÇÃO SILVANA INDUSTRIA E COMÉRCIO LTDA	OURO	REQ PESQ/CUMPRIMENTO EXIGÊNCIA PROTOCOLI EM 8/ 4/2004
1995	886359	Requerimento de Pesquisa	MINERAÇÃO SILVANA INDUSTRIA E COMÉRCIO LTDA	OURO	REQ PESQ/CUMPRIMENTO EXIGÊNCIA PROTOCOLI EM 8/ 4/2004
1995	886360	Requerimento de Pesquisa	MINERAÇÃO SILVANA INDUSTRIA E COMÉRCIO LTDA	OURO	REQ PESQ/COMPLEMENTACAO REQ PESQ PROTOCO EM 28/ 3/1995
1995	886363	Requerimento de Pesquisa	MINERAÇÃO SILVANA INDUSTRIA E COMÉRCIO LTDA	OURO	REQ PESQ/CUMPRIMENTO EXIGÊNCIA PROTOCOLI EM 8/ 4/2004
1995	886364	Requerimento de Pesquisa	MINERAÇÃO SILVANA INDUSTRIA E COMÉRCIO LTDA	OURO	REQ PESQ/CUMPRIMENTO EXIGÊNCIA PROTOCOLI EM 8/ 4/2004
1995	886365	Requerimento de Pesquisa	MINERAÇÃO SILVANA INDUSTRIA E COMÉRCIO LTDA	OURO	REQ PESQ/CUMPRIMENTO EXIGÊNCIA PROTOCOLI EM 8/ 4/2004
1995	886381	Autorização de Pesquisa	MINERAÇÃO SILVANA INDUSTRIA E COMÉRCIO LTDA	OURO	AUT PESQ/T=TULO CANCELADO PUBLICADO EM 8/ 6/2005
1995	886382	Autorização de Pesquisa	MINERAÇÃO SILVANA INDUSTRIA E COMÉRCIO LTDA	OURO	AUT PESQ/T=TULO CANCELADO PUBLICADO EM 24/ 6/2005
1995	886387	Autorização de Pesquisa	MINERAÇÃO SILVANA INDUSTRIA E COMÉRCIO LTDA	OURO	AUT PESQ/T=TULO CANCELADO PUBLICADO EM 24/ 6/2005
1995	886388	Requerimento de Pesquisa	MINERAÇÃO SILVANA INDUSTRIA E COMÉRCIO LTDA	OURO	REQ PESQ/PEDIDO INCORPORCAO/CESSAO PROT EM 2/ 9/1998
1995	886389	Autorização de Pesquisa	MINERAÇÃO SILVANA INDUSTRIA E COMÉRCIO LTDA	OURO	AUT PESQ/T=TULO CANCELADO PUBLICADO EM 10/ 6/2005
1995	886390	Requerimento de Pesquisa	MINERAÇÃO SILVANA INDUSTRIA E COMÉRCIO LTDA	OURO	REQ PESQ/PEDIDO INCORPORCAO/CESSAO PROT EM 2/ 9/1998
1995	886391	Requerimento de Pesquisa	MINERAÇÃO SILVANA INDUSTRIA E COMÉRCIO LTDA	OURO	REQ PESQ/PEDIDO INCORPORCAO/CESSAO PROT EM 2/ 9/1998
1995	886398	Requerimento de Pesquisa	MINERAÇÃO SILVANA INDUSTRIA E COMÉRCIO LTDA	OURO	REQ PESQ/COMPLEMENTACAO REQ PESQ PROTOCO EM 28/ 3/1995

1995	886399	Requerimento de Pesquisa	MINERAÇÃO SILVANA INDUSTRIA E COMÉRCIO LTDA	OURO	REQ PESQ/COMPLEMENTACAO REQ PESQ PROTOCO EM 28/ 3/1995
1995	886403	Requerimento de Pesquisa	MINERAÇÃO SILVANA INDUSTRIA E COMÉRCIO LTDA	OURO	REQ PESQ/COMPLEMENTACAO REQ PESQ PROTOCO EM 28/ 3/1995
1995	886404	Requerimento de Pesquisa	MINERAÇÃO SILVANA INDUSTRIA E COMÉRCIO LTDA	OURO	REQ PESQ/COMPLEMENTACAO REQ PESQ PROTOCO EM 28/ 3/1995
1995	886411	Requerimento de Pesquisa	MINERAÇÃO SILVANA INDUSTRIA E COMÉRCIO LTDA	OURO	REQ PESQ/COMPLEMENTACAO REQ PESQ PROTOCO EM 28/ 3/1995
1995	886412	Requerimento de Pesquisa	MINERAÇÃO SILVANA INDUSTRIA E COMÉRCIO LTDA	OURO	REQ PESQ/COMPLEMENTACAO REQ PESQ PROTOCO EM 28/ 3/1995
1995	886413	Requerimento de Pesquisa	MINERAÇÃO SILVANA INDUSTRIA E COMÉRCIO LTDA	OURO	REQ PESQ/CUMPRIMENTO EXIGÊNCIA PROTOCOLI EM 8/ 4/2004
1995	886510	Requerimento de Pesquisa	ESTANHO DE RONDÔNIA S.A. - ERSÁ	ESTANHO	REQ PESQ/AVERB INCORPOR/CESSAO EFETIVADA EM 1/ 8/2005
1995	886511	Requerimento de Pesquisa	ESTANHO DE RONDÔNIA S.A. - ERSÁ	ESTANHO	REQ PESQ/AVERB INCORPOR/CESSAO EFETIVADA EM 1/ 8/2005
1995	886513	Requerimento de Pesquisa	ESTANHO DE RONDÔNIA S.A. - ERSÁ	ESTANHO	REQ PESQ/AVERB INCORPOR/CESSAO EFETIVADA EM 1/ 8/2005
1997	886529	Req. de Lavra Garimpeira	SONIA MARTA DONDONI MARINI	OURO	REQ PLG/SOLICITA PRORROGAÇÃO PRAZO EXIG EM 5/12/2002
1997	886530	Req. de Lavra Garimpeira	SONIA MARTA DONDONI MARINI	OURO	REQ PLG/SOLICITA PRORROGAÇÃO PRAZO EXIG EM 5/12/2002
1997	886531	Req. de Lavra Garimpeira	SONIA MARTA DONDONI MARINI	OURO	REQ PLG/SOLICITA PRORROGAÇÃO PRAZO EXIG EM 5/12/2002
1997	886532	Req. de Lavra Garimpeira	SONIA MARTA DONDONI MARINI	OURO	REQ PLG/SOLICITA PRORROGAÇÃO PRAZO EXIG EM 5/12/2002
1997	886533	Req. de Lavra Garimpeira	SONIA MARTA DONDONI MARINI	OURO	REQ PLG/SOLICITA PRORROGAÇÃO PRAZO EXIG EM 5/12/2002
1997	886534	Req. de Lavra Garimpeira	SONIA MARTA DONDONI MARINI	OURO	REQ PLG/SOLICITA PRORROGAÇÃO PRAZO EXIG EM 5/12/2002
1997	886535	Req. de Lavra Garimpeira	SONIA MARTA DONDONI MARINI	OURO	REQ PLG/SOLICITA PRORROGAÇÃO PRAZO EXIG EM 5/12/2002
1997	886536	Req. de Lavra Garimpeira	SONIA MARTA DONDONI MARINI	OURO	REQ PLG/SOLICITA PRORROGAÇÃO PRAZO EXIG EM 5/12/2002
1997	886537	Req. de Lavra Garimpeira	SONIA MARTA DONDONI MARINI	OURO	REQ PLG/SOLICITA PRORROGAÇÃO PRAZO EXIG EM 5/12/2002
1997	886538	Req. de Lavra Garimpeira	SONIA MARTA DONDONI MARINI	OURO	REQ PLG/SOLICITA PRORROGAÇÃO PRAZO EXIG EM 5/12/2002
1997	886539	Req. de Lavra Garimpeira	SONIA MARTA DONDONI MARINI	OURO	REQ PLG/SOLICITA PRORROGAÇÃO PRAZO EXIG EM 5/12/2002
1997	886540	Req. de Lavra Garimpeira	SONIA MARTA DONDONI MARINI	OURO	REQ PLG/SOLICITA PRORROGAÇÃO PRAZO EXIG EM 5/12/2002
1997	886541	Req. de Lavra Garimpeira	SONIA MARTA DONDONI MARINI	OURO	REQ PLG/SOLICITA PRORROGAÇÃO PRAZO EXIG EM 5/12/2002
1997	886542	Req. de Lavra Garimpeira	SONIA MARTA DONDONI MARINI	OURO	REQ PLG/SOLICITA PRORROGAÇÃO PRAZO EXIG EM 5/12/2002
1997	886543	Req. de Lavra Garimpeira	SONIA MARTA DONDONI MARINI	OURO	REQ PLG/SOLICITA PRORROGAÇÃO PRAZO EXIG EM 5/12/2002
1997	886544	Req. de Lavra Garimpeira	SONIA MARTA DONDONI MARINI	OURO	REQ PLG/SOLICITA PRORROGAÇÃO PRAZO EXIG EM 5/12/2002
1997	886545	Req. de Lavra Garimpeira	SONIA MARTA DONDONI MARINI	OURO	REQ PLG/SOLICITA PRORROGAÇÃO PRAZO EXIG EM 5/12/2002
1997	886546	Req. de Lavra Garimpeira	SONIA MARTA DONDONI MARINI	OURO	REQ PLG/SOLICITA PRORROGAÇÃO PRAZO EXIG EM 5/12/2002
1997	886547	Req. de Lavra Garimpeira	SONIA MARTA DONDONI MARINI	OURO	REQ PLG/SOLICITA PRORROGAÇÃO PRAZO EXIG EM 5/12/2002
1997	886548	Req. de Lavra Garimpeira	SONIA MARTA DONDONI MARINI	OURO	REQ PLG/SOLICITA PRORROGAÇÃO PRAZO EXIG EM 5/12/2002
1997	886549	Req. de Lavra Garimpeira	SONIA MARTA DONDONI MARINI	OURO	REQ PLG/SOLICITA PRORROGAÇÃO PRAZO EXIG EM 5/12/2002
1997	886553	Req. de Lavra Garimpeira	SONIA MARTA DONDONI MARINI	OURO	REQ PLG/SOLICITA PRORROGAÇÃO PRAZO EXIG EM 5/12/2002
1997	886554	Req. de Lavra Garimpeira	SONIA MARTA DONDONI MARINI	OURO	REQ PLG/SOLICITA PRORROGAÇÃO PRAZO EXIG EM 5/12/2002
1997	886559	Req. de Lavra Garimpeira	SONIA MARTA DONDONI MARINI	OURO	REQ PLG/SOLICITA PRORROGAÇÃO PRAZO EXIG EM 5/12/2002







1997	886725	Req. de Lavra Garimpeira	CLARICE MENDES SANCHES	OURO	REQ PLG/SOLICITA PRORROGAÇÃO PRAZO EXIG EM 5/12/2002
1997	886726	Req. de Lavra Garimpeira	CLARICE MENDES SANCHES	OURO	REQ PLG/SOLICITA PRORROGAÇÃO PRAZO EXIG EM 5/12/2002
1998	886030	Req. de Lavra Garimpeira	GILBERTO BEAL DE LIMA	OURO	REQ PLG/REQUERIM LAVRA GARIMPEIRA PROTOC EM 21/ 5/1998
1998	886031	Req. de Lavra Garimpeira	GILBERTO BEAL DE LIMA	OURO	REQ PLG/REQUERIM LAVRA GARIMPEIRA PROTOC EM 21/ 5/1998
1998	886032	Req. de Lavra Garimpeira	GILBERTO BEAL DE LIMA	OURO	REQ PLG/REQUERIM LAVRA GARIMPEIRA PROTOC EM 21/ 5/1998
1998	886033	Req. de Lavra Garimpeira	GILBERTO BEAL DE LIMA	OURO	REQ PLG/REQUERIM LAVRA GARIMPEIRA PROTOC EM 21/ 5/1998
1998	886034	Req. de Lavra Garimpeira	GILBERTO BEAL DE LIMA	OURO	REQ PLG/REQUERIM LAVRA GARIMPEIRA PROTOC EM 21/ 5/1998
1998	886035	Req. de Lavra Garimpeira	GILBERTO BEAL DE LIMA	OURO	REQ PLG/REQUERIM LAVRA GARIMPEIRA PROTOC EM 21/ 5/1998
1998	886036	Req. de Lavra Garimpeira	GILBERTO BEAL DE LIMA	OURO	REQ PLG/REQUERIM LAVRA GARIMPEIRA PROTOC EM 21/ 5/1998
1998	886037	Req. de Lavra Garimpeira	GILBERTO BEAL DE LIMA	OURO	REQ PLG/REQUERIM LAVRA GARIMPEIRA PROTOC EM 21/ 5/1998
1998	886038	Req. de Lavra Garimpeira	GILBERTO BEAL DE LIMA	OURO	REQ PLG/REQUERIM LAVRA GARIMPEIRA PROTOC EM 21/ 5/1998
1998	886039	Req. de Lavra Garimpeira	GILBERTO BEAL DE LIMA	OURO	REQ PLG/REQUERIM LAVRA GARIMPEIRA PROTOC EM 21/ 5/1998
1998	886040	Req. de Lavra Garimpeira	GILBERTO BEAL DE LIMA	OURO	REQ PLG/REQUERIM LAVRA GARIMPEIRA PROTOC EM 21/ 5/1998
1998	886041	Req. de Lavra Garimpeira	GILBERTO BEAL DE LIMA	OURO	REQ PLG/REQUERIM LAVRA GARIMPEIRA PROTOC EM 21/ 5/1998
1998	886042	Req. de Lavra Garimpeira	GILBERTO BEAL DE LIMA	OURO	REQ PLG/REQUERIM LAVRA GARIMPEIRA PROTOC EM 21/ 5/1998
1998	886043	Req. de Lavra Garimpeira	GILBERTO BEAL DE LIMA	OURO	REQ PLG/EXIGÊNCIA PUBLICADA EM 2/10/2002
1998	886044	Req. de Lavra Garimpeira	GILBERTO BEAL DE LIMA	OURO	REQ PLG/EXIGÊNCIA PUBLICADA EM 2/10/2002
1998	886045	Req. de Lavra Garimpeira	GILBERTO BEAL DE LIMA	OURO	REQ PLG/EXIGÊNCIA PUBLICADA EM 2/10/2002
1998	886046	Req. de Lavra Garimpeira	GILBERTO BEAL DE LIMA	OURO	REQ PLG/EXIGÊNCIA PUBLICADA EM 2/10/2002
1998	886047	Req. de Lavra Garimpeira	GILBERTO BEAL DE LIMA	OURO	REQ PLG/EXIGÊNCIA PUBLICADA EM 2/10/2002
1998	886048	Req. de Lavra Garimpeira	GILBERTO BEAL DE LIMA	OURO	REQ PLG/EXIGÊNCIA PUBLICADA EM 2/10/2002
1998	886049	Req. de Lavra Garimpeira	GILBERTO BEAL DE LIMA	OURO	REQ PLG/EXIGÊNCIA PUBLICADA EM 2/10/2002
1998	886050	Req. de Lavra Garimpeira	GILBERTO BEAL DE LIMA	OURO	REQ PLG/EXIGÊNCIA PUBLICADA EM 2/10/2002
1998	886051	Req. de Lavra Garimpeira	GILBERTO BEAL DE LIMA	OURO	REQ PLG/EXIGÊNCIA PUBLICADA EM 2/10/2002
1998	886052	Req. de Lavra Garimpeira	GILBERTO BEAL DE LIMA	OURO	REQ PLG/EXIGÊNCIA PUBLICADA EM 2/10/2002
1998	886053	Req. de Lavra Garimpeira	GILBERTO BEAL DE LIMA	OURO	REQ PLG/EXIGÊNCIA PUBLICADA EM 2/10/2002
1998	886054	Req. de Lavra Garimpeira	GILMAR CEZAR TOLOTTI	OURO	REQ PLG/REQUERIM LAVRA GARIMPEIRA PROTOC EM 21/ 5/1998
1998	886058	Req. de Lavra Garimpeira	GILMAR CEZAR TOLOTTI	OURO	REQ PLG/REQUERIM LAVRA GARIMPEIRA PROTOC EM 21/ 5/1998
1998	886059	Req. de Lavra Garimpeira	GILMAR CEZAR TOLOTTI	OURO	REQ PLG/REQUERIM LAVRA GARIMPEIRA PROTOC EM 21/ 5/1998
1998	886063	Req. de Lavra Garimpeira	GILMAR CEZAR TOLOTTI	OURO	REQ PLG/EXIGÊNCIA PUBLICADA EM 2/10/2002
1998	886064	Req. de Lavra Garimpeira	GILMAR CEZAR TOLOTTI	OURO	REQ PLG/REQUERIM LAVRA GARIMPEIRA PROTOC EM 21/ 5/1998
1998	886066	Req. de Lavra Garimpeira	GILMAR CEZAR TOLOTTI	OURO	REQ PLG/REQUERIM LAVRA GARIMPEIRA PROTOC EM 21/ 5/1998
1998	886083	Req. de Lavra Garimpeira	JOSÉ AIRTON AGUIAR DE CASTRO	OURO	REQ PLG/REQUERIM LAVRA GARIMPEIRA PROTOC EM 21/ 5/1998





1998	886150	Req. de Lavra Garimpeira	MANOEL HENRIQUE MIYATA	OURO	REQ PLG/EXIGÊNCIA PUBLICADA EM 2/10/2002
1998	886151	Req. de Lavra Garimpeira	MANOEL HENRIQUE MIYATA	OURO	REQ PLG/EXIGÊNCIA PUBLICADA EM 2/10/2002
1998	886152	Req. de Lavra Garimpeira	MANOEL HENRIQUE MIYATA	OURO	REQ PLG/EXIGÊNCIA PUBLICADA EM 2/10/2002
1998	886154	Req. de Lavra Garimpeira	MANOEL HENRIQUE MIYATA	OURO	REQ PLG/EXIGÊNCIA PUBLICADA EM 2/10/2002
1998	886156	Req. de Lavra Garimpeira	MANOEL HENRIQUE MIYATA	OURO	REQ PLG/REQUERIM LAVRA GARIMPEIRA PROTOC EM 21/ 5/1998
1998	886157	Req. de Lavra Garimpeira	MANOEL HENRIQUE MIYATA	OURO	REQ PLG/EXIGÊNCIA PUBLICADA EM 2/10/2002
1998	886158	Req. de Lavra Garimpeira	MANOEL HENRIQUE MIYATA	OURO	REQ PLG/REQUERIM LAVRA GARIMPEIRA PROTOC EM 21/ 5/1998
1998	886159	Req. de Lavra Garimpeira	MANOEL HENRIQUE MIYATA	OURO	REQ PLG/EXIGÊNCIA PUBLICADA EM 2/10/2002
1998	886160	Req. de Lavra Garimpeira	GILMAR CEZAR TOLOTTI	OURO	REQ PLG/EXIGÊNCIA PUBLICADA EM 2/10/2002
1998	886161	Req. de Lavra Garimpeira	GILMAR CEZAR TOLOTTI	OURO	REQ PLG/EXIGÊNCIA PUBLICADA EM 2/10/2002
1998	886162	Req. de Lavra Garimpeira	GILMAR CEZAR TOLOTTI	OURO	REQ PLG/EXIGÊNCIA PUBLICADA EM 2/10/2002
1998	886163	Req. de Lavra Garimpeira	GILMAR CEZAR TOLOTTI	OURO	REQ PLG/EXIGÊNCIA PUBLICADA EM 2/10/2002
1998	886165	Req. de Lavra Garimpeira	GILMAR CEZAR TOLOTTI	OURO	REQ PLG/EXIGÊNCIA PUBLICADA EM 2/10/2002
1998	886167	Req. de Lavra Garimpeira	GILMAR CEZAR TOLOTTI	OURO	REQ PLG/REQUERIM LAVRA GARIMPEIRA PROTOC EM 22/ 5/1998
1998	886168	Req. de Lavra Garimpeira	GILMAR CEZAR TOLOTTI	OURO	REQ PLG/EXIGÊNCIA PUBLICADA EM 2/10/2002
1998	886169	Req. de Lavra Garimpeira	GILMAR CEZAR TOLOTTI	OURO	REQ PLG/EXIGÊNCIA PUBLICADA EM 2/10/2002
1998	886170	Req. de Lavra Garimpeira	GILMAR CEZAR TOLOTTI	OURO	REQ PLG/EXIGÊNCIA PUBLICADA EM 2/10/2002
1998	886171	Req. de Lavra Garimpeira	GILMAR CEZAR TOLOTTI	OURO	REQ PLG/EXIGÊNCIA PUBLICADA EM 2/10/2002
1998	886173	Req. de Lavra Garimpeira	GILMAR CEZAR TOLOTTI	OURO	REQ PLG/EXIGÊNCIA PUBLICADA EM 2/10/2002
1998	886174	Req. de Lavra Garimpeira	GILMAR CEZAR TOLOTTI	OURO	REQ PLG/EXIGÊNCIA PUBLICADA EM 2/10/2002
1998	886178	Req. de Lavra Garimpeira	GILMAR CEZAR TOLOTTI	OURO	REQ PLG/EXIGÊNCIA PUBLICADA EM 2/10/2002
1998	886179	Req. de Lavra Garimpeira	GILMAR CEZAR TOLOTTI	OURO	REQ PLG/REQUERIM LAVRA GARIMPEIRA PROTOC EM 22/ 5/1998
1998	886180	Req. de Lavra Garimpeira	GILMAR CEZAR TOLOTTI	OURO	REQ PLG/REQUERIM LAVRA GARIMPEIRA PROTOC EM 22/ 5/1998
1998	886181	Req. de Lavra Garimpeira	GILMAR CEZAR TOLOTTI	OURO	REQ PLG/EXIGÊNCIA PUBLICADA EM 2/10/2002
1998	886182	Req. de Lavra Garimpeira	GILMAR CEZAR TOLOTTI	OURO	REQ PLG/EXIGÊNCIA PUBLICADA EM 2/10/2002
1998	886183	Req. de Lavra Garimpeira	GILMAR CEZAR TOLOTTI	OURO	REQ PLG/EXIGÊNCIA PUBLICADA EM 2/10/2002
1998	886184	Req. de Lavra Garimpeira	GILMAR CEZAR TOLOTTI	OURO	REQ PLG/EXIGÊNCIA PUBLICADA EM 2/10/2002
1998	886185	Req. de Lavra Garimpeira	GILMAR CEZAR TOLOTTI	OURO	REQ PLG/EXIGÊNCIA PUBLICADA EM 2/10/2002
1998	886186	Req. de Lavra Garimpeira	GILMAR CEZAR TOLOTTI	OURO	REQ PLG/EXIGÊNCIA PUBLICADA EM 2/10/2002
1998	886190	Req. de Lavra Garimpeira	GILMAR CEZAR TOLOTTI	OURO	REQ PLG/EXIGÊNCIA PUBLICADA EM 2/10/2002
1998	886191	Req. de Lavra Garimpeira	GILMAR CEZAR TOLOTTI	OURO	REQ PLG/EXIGÊNCIA PUBLICADA EM 2/10/2002
1998	886194	Req. de Lavra Garimpeira	GILMAR CEZAR TOLOTTI	OURO	REQ PLG/EXIGÊNCIA PUBLICADA EM 2/10/2002
1998	886195	Req. de Lavra Garimpeira	GILMAR CEZAR TOLOTTI	OURO	REQ PLG/EXIGÊNCIA PUBLICADA EM 2/10/2002





















1998	886880	Req. de Lavra Garimpeira	BENEDITO PEREIRA BRASIL	OURO	REQ PLG/REQUERIM LAVRA GARIMPEIRA PROTOC EM 2/ 6/1998
1998	886881	Req. de Lavra Garimpeira	BENEDITO PEREIRA BRASIL	OURO	REQ PLG/REQUERIM LAVRA GARIMPEIRA PROTOC EM 2/ 6/1998
1998	886882	Req. de Lavra Garimpeira	BENEDITO PEREIRA BRASIL	OURO	REQ PLG/REQUERIM LAVRA GARIMPEIRA PROTOC EM 2/ 6/1998
1998	886883	Req. de Lavra Garimpeira	BENEDITO PEREIRA BRASIL	OURO	REQ PLG/REQUERIM LAVRA GARIMPEIRA PROTOC EM 2/ 6/1998
1998	886884	Req. de Lavra Garimpeira	BENEDITO PEREIRA BRASIL	OURO	REQ PLG/REQUERIM LAVRA GARIMPEIRA PROTOC EM 2/ 6/1998
1998	886885	Req. de Lavra Garimpeira	BENEDITO PEREIRA BRASIL	OURO	REQ PLG/REQUERIM LAVRA GARIMPEIRA PROTOC EM 2/ 6/1998
1998	886886	Req. de Lavra Garimpeira	BENEDITO PEREIRA BRASIL	OURO	REQ PLG/REQUERIM LAVRA GARIMPEIRA PROTOC EM 2/ 6/1998
1998	886887	Req. de Lavra Garimpeira	BENEDITO PEREIRA BRASIL	OURO	REQ PLG/REQUERIM LAVRA GARIMPEIRA PROTOC EM 2/ 6/1998
1998	886888	Req. de Lavra Garimpeira	BENEDITO PEREIRA BRASIL	OURO	REQ PLG/REQUERIM LAVRA GARIMPEIRA PROTOC EM 2/ 6/1998
1998	886889	Req. de Lavra Garimpeira	BENEDITO PEREIRA BRASIL	OURO	REQ PLG/REQUERIM LAVRA GARIMPEIRA PROTOC EM 2/ 6/1998
1998	886952	Req. de Lavra Garimpeira	GEOMARIO LEITAO DE SENA	OURO	REQ PLG/REQUERIM LAVRA GARIMPEIRA PROTOC EM 2/ 6/1998
1999	886069	Autorização de Pesquisa	JOSÉ DA LUZ MORAIS DA NOBREGA	SEIXOS	AUT PESQ/PAGAMENTO DA TAXA ANUAL PAGA PROT EM 30/ 1/2003
1999	886074	Requerimento de Lavra	JOSÉ DA LUZ MORAIS DA NOBREGA	GRANITO	REQ LAV/SOLICITA AVERB DIREITO REQ LAVRA EM 12/ 8/2005
2000	886007	Requerimento de Pesquisa	ELENEIDE PEREIRA DA SILVA	GRANITO	REQ PESQ/PEDIDO RECONS CONTRA INDEF PROT EM 6/ 1/2004
2001	886013	Requerimento de Pesquisa	BRITA NORTE MINERAÇÃOENGENHARIA E TERRAPLANAGEM LTDA	OURO	REQ PESQ / EXIGÊNCIA PUBLICADA EM 7/ 7/2004
2001	886013	Requerimento de Pesquisa	BRITA NORTE MINERAÇÃOENGENHARIA E TERRAPLANAGEM LTDA	OURO	REQ PESQ / EXIGÊNCIA PUBLICADA EM 7/ 7/2004
2001	886122	Requerimento de Pesquisa	ARISTOCRIS SIDRONIO DA SILVA	CASSITERITA	DISPONIB/AREA DISPONIVEL ART 26 CM PUBLI EM 19/10/2004
2001	886136	Requerimento de Pesquisa	MINERAÇÃO SANTA ELINA INDUSTRIA E COMÉRCIO S/A	OURO	REQ PESQ/CUMPRIMENTO EXIGÊNCIA PROTOCOLI EM 30/ 8/2004
2001	886137	Requerimento de Pesquisa	MINERAÇÃO SANTA ELINA INDUSTRIA E COMÉRCIO S/A	OURO	REQ PESQ/CUMPRIMENTO EXIGÊNCIA PROTOCOLI EM 3/10/2002
2001	886139	Requerimento de Pesquisa	MINERAÇÃO SANTA ELINA INDUSTRIA E COMÉRCIO S/A	OURO	REQ PESQ/CUMPRIMENTO EXIGÊNCIA PROTOCOLI EM 3/10/2002
2001	886140	Requerimento de Pesquisa	MINERAÇÃO SANTA ELINA INDUSTRIA E COMÉRCIO S/A	OURO	REQ PESQ/CUMPRIMENTO EXIGÊNCIA PROTOCOLI EM 3/10/2002
2002	886025	Autorização de Pesquisa	OSSIMIDIO DE SOUZA MARTINS	GRANITO	AUT PESQ / EXIGÊNCIA PUBLICADA EM 18/ 7/2005
2002	886026	Autorização de Pesquisa	OSSIMIDIO DE SOUZA MARTINS	GRANITO	AUT PESQ / EXIGÊNCIA PUBLICADA EM 18/ 7/2005
2002	886093	Requerimento de Pesquisa	OSVALDO RAUBER - ME	GRANITO	REQ PESQ/DOCUMENTO DIVERSO PROTOCOLIZADO EM 30/10/2002
2002	886155	Autorização de Pesquisa	BRUNO LEONARDO GIRALDELLI DE MORAIS	CASSITERITA	EM 22/ 3/2005
2002	886195	Autorização de Pesquisa	BRUNO LEONARDO GIRALDELLI DE MORAIS	GRANITO	AUT PESQ/PAGAMENTO DA TAXA ANUAL PAGA PROT EM 29/ 7/2005
2002	886196	Autorização de Pesquisa	BRUNO LEONARDO GIRALDELLI DE MORAIS	GRANITO	AUT PESQ/INICIO DE PESQUISA COMUNICADO EM 8/ 8/2005
2003	886018	Requerimento de Pesquisa	BRUNO LEONARDO GIRALDELLI DE MORAIS	CASSITERITA	REQ PESQ/CUMPRIMENTO EXIGÊNCIA PROTOCOLI EM 12/ 5/2003
2003	886033	Requerimento de Pesquisa	CONCREPOSTES INDÚSTRIA E COMÉRCIO LTDA.	ESTANHO	REQ PESQ / EXIGÊNCIA PUBLICADA EM 18/ 8/2005
2003	886035	Autorização de Pesquisa	VENICIUS LEONIDAS BIESDORF	OURO	AUT PESQ/COMUNICACAO OCORR OUTRA SUBSTÂNCIA EM 23/ 2/2005
2003	886036	Autorização de Pesquisa	VENICIUS LEONIDAS BIESDORF	OURO	AUT PESQ/COMUNICACAO OCORR OUTRA SUBSTÂNCIA EM 23/ 2/2005
2003	886095	Autorização de Pesquisa	IVONETE MEDEIROS ARAUJO DA NOBREGA	GRANITO	AUT PESQ/PAGAMENTO DA TAXA ANUAL PAGA PROT EM 27/ 6/2005
2003	886103	Autorização de Pesquisa	GISELLE FERRARA GIONZINI	GRANITO	AUT PESQ/PAGAMENTO DA TAXA ANUAL PAGA PROT EM 31/ 1/2005

2003	886125	Requerimento de Pesquisa	JOÃO ALBERTO DIAS LIMA	GRANITO	REQ PESQ / EXIGÊNCIA PUBLICADA EM 19/ 8/2004
2003	886186	Autorização de Pesquisa	LAURI PEDRO PETTENON	ESTANHO	EM 31/ 5/2005
2003	886231	Disponibilidade	CONSTRUTORA CASTILHO S.A.	GRANITO	DISPONIB/REQUERIM HABIL PROTOC ART 26 CM EM 20/12/2004
2003	886244	Requerimento de Pesquisa	CARLOS ALBERTO ALVES GOMES	GRANITO	REQ PESQ/CUMPRIMENTO EXIGÊNCIA PROTOCOLIEM 17/ 2/2004
2003	886353	Autorização de Pesquisa	MILTON CORDEIRO GONÇALVES	MINÉRIO DE ESTANHO	EM 20/12/2004
2004	886019	Autorização de Pesquisa	METALGRAN METAIS E GRANITOS DA AMAZÊNIA LTDA	MINÉRIO DE OURO	EM 24/ 8/2004
2004	886020	Requerimento de Pesquisa	METALGRAN METAIS E GRANITOS DA AMAZÊNIA LTDA	MINÉRIO DE OURO	REQ PESQ/CUMPRIMENTO EXIGÊNCIA PROTOCOLIEM 24/ 8/2004
2004	886022	Requerimento de Pesquisa	METALGRAN METAIS E GRANITOS DA AMAZÊNIA LTDA	MINÉRIO DE OURO	REQ PESQ/CUMPRIMENTO EXIGÊNCIA PROTOCOLIEM 24/ 8/2004
2004	886035	Requerimento de Pesquisa	METALGRAN METAIS E GRANITOS DA AMAZÊNIA LTDA	MINÉRIO DE OURO	REQ PESQ/CUMPRIMENTO EXIGÊNCIA PROTOCOLIEM 24/ 8/2004
2004	886038	Requerimento de Pesquisa	METALGRAN METAIS E GRANITOS DA AMAZÊNIA LTDA	MINÉRIO DE OURO	REQ PESQ/CUMPRIMENTO EXIGÊNCIA PROTOCOLIEM 24/ 8/2004
2004	886041	Requerimento de Pesquisa	METALGRAN METAIS E GRANITOS DA AMAZÊNIA LTDA	MINÉRIO DE OURO	REQ PESQ / EXIGÊNCIA PUBLICADA EM 13/ 7/2005
2004	886178	Disponibilidade	BAMCOS CORPORATION MINERAÇÃO LTDA	CASSITERITA	DISPONIB/AREA DISPONIVEL ART 26 CM PUBLIEM 19/ 8/2004
2004	886178	Disponibilidade	BAMCOS CORPORATION MINERAÇÃO LTDA	CASSITERITA	DISPONIB/AREA DISPONIVEL ART 26 CM PUBLIEM 19/ 8/2004
2004	886219	Autorização de Pesquisa	BRITA NORTE MINERAÇÃO ENGENHARIA E TERRAPLANAGEM LTDA	GRANITO	AUT PESQ/PAGAMENTO DA TAXA ANUAL PAGA PROT EM 1/ 2/2005
2004	886232	Requerimento de Pesquisa	GLAUCO OMAR CELLA	MINÉRIO DE ESTANHO	REQ PESQ / EXIGÊNCIA PUBLICADA EM 13/ 7/2005
2004	886236	Disponibilidade	GLAUCO OMAR CELLA	MINÉRIO DE ESTANHO	DISPONIB/TORNA S/EFEITO DISPO ART 26 CM PU EM 18/ 8/2005
2004	886236	Disponibilidade	GLAUCO OMAR CELLA	MINÉRIO DE ESTANHO	DISPONIB/TORNA S/EFEITO DISPO ART 26 CM PU EM 18/ 8/2005
2004	886300	Requerimento de Lavra	COOPERATIVA DOS GARIMPEIROS DO RIO MADEIRA - COOGARIMA	OURO	REQ LAV/DOCUMENTO DIVERSO PROTOCOLIZADO EM 23/ 8/2004
2004	886301	Requerimento de Lavra	COOPERATIVA DOS GARIMPEIROS DO RIO MADEIRA - COOGARIMA	OURO	REQ LAV/DOCUMENTO DIVERSO PROTOCOLIZADO EM 23/ 8/2004
2004	886316	Requerimento de Lavra	COOPERATIVA DOS GARIMPEIROS DO RIO MADEIRA - COOGARIMA	OURO	REQ LAV/DOCUMENTO DIVERSO PROTOCOLIZADO EM 23/ 8/2004
2004	886364	Requerimento de Pesquisa	GLAUCO OMAR CELLA	MINÉRIO DE ESTANHO	REQ PESQ/CUMPRIMENTO EXIGÊNCIA PROTOCOLIEM 8/ 3/2005
2004	886383	Requerimento de Pesquisa	LAURI PEDRO PETTENON	CASSITERITA	REQ PESQ / EXIGÊNCIA PUBLICADA EM 3/ 3/2005
2004	886384	Requerimento de Pesquisa	LAURI PEDRO PETTENON	CASSITERITA	REQ PESQ / EXIGÊNCIA PUBLICADA EM 3/ 3/2005
2004	886388	Requerimento de Pesquisa	LAURI PEDRO PETTENON	CASSITERITA	REQ PESQ / EXIGÊNCIA PUBLICADA EM 3/ 3/2005
2004	886389	Requerimento de Pesquisa	LAURI PEDRO PETTENON	CASSITERITA	REQ PESQ / EXIGÊNCIA PUBLICADA EM 3/ 3/2005
2004	886389	Requerimento de Pesquisa	LAURI PEDRO PETTENON	CASSITERITA	REQ PESQ / EXIGÊNCIA PUBLICADA EM 3/ 3/2005
2004	886394	Requerimento de Pesquisa	LAURI PEDRO PETTENON	CASSITERITA	REQ PESQ / EXIGÊNCIA PUBLICADA EM 3/ 3/2005
2004	886395	Requerimento de Pesquisa	LAURI PEDRO PETTENON	CASSITERITA	REQ PESQ / EXIGÊNCIA PUBLICADA EM 3/ 3/2005
2004	886399	Requerimento de Pesquisa	LAURI PEDRO PETTENON	CASSITERITA	REQ PESQ / EXIGÊNCIA PUBLICADA EM 3/ 3/2005
2004	886400	Requerimento de Pesquisa	LAURI PEDRO PETTENON	CASSITERITA	REQ PESQ / EXIGÊNCIA PUBLICADA EM 3/ 3/2005
2004	886405	Requerimento de Pesquisa	LAURI PEDRO PETTENON	CASSITERITA	REQ PESQ / EXIGÊNCIA PUBLICADA EM 3/ 3/2005
2004	886406	Autorização de Pesquisa	LAURI PEDRO PETTENON	CASSITERITA	EM 31/ 5/2005
2004	886412	Requerimento de Pesquisa	LAURI PEDRO PETTENON	CASSITERITA	REQ PESQ / EXIGÊNCIA PUBLICADA EM 13/ 7/2005

2004	886422	Requerimento de Pesquisa	GLAUCO OMAR CELLA	MINÉRIO DE ESTANHO	REQ PESQ/REQ PSQUISA COMPLETO PROTOCOLI EM 5/10/2004
2004	886434	Disponibilidade	AGOSTINHO FELIPE DA CONCEIÇÃO BRITO	CASSITERITA	DISPONIB/AREA DISPONIVEL ART 26 CM PUBLI EM 22/ 3/2005
2004	886438	Requerimento de Pesquisa	LAURI PEDRO PETTENON	CASSITERITA	EM 25/ 2/2005
2004	886445	Disponibilidade	LAURI PEDRO PETTENON	CASSITERITA	DISPONIB/AREA DISPONIVEL ART 26 CM PUBLI EM 13/ 7/2005
2004	886531	Requerimento de Pesquisa	LAURI PEDRO PETTENON	CASSITERITA	REQ PESQ/CUMPRIMENTO EXIGÊNCIA PROTOCOLI EM 4/ 7/2005
2004	886532	Requerimento de Pesquisa	LAURI PEDRO PETTENON	CASSITERITA	REQ PESQ/CUMPRIMENTO EXIGÊNCIA PROTOCOLI EM 4/ 7/2005
2004	886533	Requerimento de Pesquisa	LAURI PEDRO PETTENON	CASSITERITA	REQ PESQ/CUMPRIMENTO EXIGÊNCIA PROTOCOLI EM 4/ 7/2005
2004	886534	Requerimento de Pesquisa	LAURI PEDRO PETTENON	CASSITERITA	REQ PESQ/CUMPRIMENTO EXIGÊNCIA PROTOCOLI EM 4/ 7/2005
2004	886535	Requerimento de Pesquisa	LAURI PEDRO PETTENON	CASSITERITA	EM 9/12/2004
2004	886536	Requerimento de Pesquisa	LAURI PEDRO PETTENON	CASSITERITA	EM 9/12/2004
2004	886537	Requerimento de Pesquisa	LAURI PEDRO PETTENON	CASSITERITA	EM 25/ 2/2005
2004	886538	Requerimento de Pesquisa	LAURI PEDRO PETTENON	CASSITERITA	REQ PESQ/CUMPRIMENTO EXIGÊNCIA PROTOCOLI EM 4/ 7/2005
2004	886539	Requerimento de Pesquisa	LAURI PEDRO PETTENON	CASSITERITA	REQ PESQ/CUMPRIMENTO EXIGÊNCIA PROTOCOLI EM 4/ 7/2005
2004	886540	Requerimento de Pesquisa	LAURI PEDRO PETTENON	CASSITERITA	EM 25/ 2/2005
2004	886541	Requerimento de Pesquisa	LAURI PEDRO PETTENON	CASSITERITA	REQ PESQ/CUMPRIMENTO EXIGÊNCIA PROTOCOLI EM 4/ 7/2005
2004	886542	Requerimento de Pesquisa	LAURI PEDRO PETTENON	CASSITERITA	REQ PESQ/CUMPRIMENTO EXIGÊNCIA PROTOCOLI EM 4/ 7/2005
2004	886543	Requerimento de Pesquisa	LAURI PEDRO PETTENON	CASSITERITA	REQ PESQ/CUMPRIMENTO EXIGÊNCIA PROTOCOLI EM 4/ 7/2005
2004	886544	Requerimento de Pesquisa	LAURI PEDRO PETTENON	CASSITERITA	REQ PESQ/CUMPRIMENTO EXIGÊNCIA PROTOCOLI EM 4/ 7/2005
2004	886545	Requerimento de Pesquisa	LAURI PEDRO PETTENON	CASSITERITA	REQ PESQ/CUMPRIMENTO EXIGÊNCIA PROTOCOLI EM 4/ 7/2005
2004	886546	Requerimento de Pesquisa	LAURI PEDRO PETTENON	CASSITERITA	REQ PESQ/CUMPRIMENTO EXIGÊNCIA PROTOCOLI EM 4/ 7/2005
2004	886547	Requerimento de Pesquisa	LAURI PEDRO PETTENON	CASSITERITA	REQ PESQ/CUMPRIMENTO EXIGÊNCIA PROTOCOLI EM 4/ 7/2005
2004	886548	Requerimento de Pesquisa	LAURI PEDRO PETTENON	CASSITERITA	REQ PESQ/CUMPRIMENTO EXIGÊNCIA PROTOCOLI EM 4/ 7/2005
2004	886549	Requerimento de Pesquisa	LAURI PEDRO PETTENON	CASSITERITA	REQ PESQ/CUMPRIMENTO EXIGÊNCIA PROTOCOLI EM 4/ 7/2005
2004	886561	Requerimento de Pesquisa	OZIEL PEREIRA DE OLIVEIRA	GRANITO	REQ PESQ / EXIGÊNCIA PUBLICADA EM 13/ 7/2005
2005	886013	Requerimento de Pesquisa	SUBSOLO MINERAÇÃO INDUSTRIA E COMÉRCIO LTDA.	MINÉRIO DE ESTANHO	REQ PESQ/CUMPRIMENTO EXIGÊNCIA PROTOCOLI EM 8/ 8/2005
2005	886045	Requerimento de Pesquisa	VALDIR GONÁLVES	CASSITERITA	REQ PESQ / EXIGÊNCIA PUBLICADA EM 2/ 6/2005
2005	886061	Requerimento de Pesquisa	MÁRIO RIBEIRO EDUARDO	GRANITO	REQ PESQ / EXIGÊNCIA PUBLICADA EM 21/ 7/2005
2005	886078	Requerimento de Pesquisa	SAYDE FALCÃO DE LIMA	CASSITERITA	REQ PESQ / EXIGÊNCIA PUBLICADA EM 13/ 7/2005
2005	886090	Requerimento de Pesquisa	JOÃO CARLOS HERRMANN	GRANITO ORNAMENTAL	REQ PESQ / EXIGÊNCIA PUBLICADA EM 18/ 7/2005
2005	886117	Requerimento de Pesquisa	JOSE JOAIBSON MORTENE	CASSITERITA	REQ PESQ/REQ PSQUISA COMPLETO PROTOCOLI EM 13/ 5/2005
2005	886138	Requerimento de Pesquisa	JOSE JOAIBSON MORTENE	OURO	REQ PESQ/REQ PSQUISA COMPLETO PROTOCOLI EM 10/ 6/2005
2005	886141	Requerimento de Pesquisa	JOSE JOAIBSON MORTENE	WOLFRAMITA	REQ PESQ/REQ PSQUISA COMPLETO PROTOCOLI EM 15/ 6/2005

Fonte: DNPM, 19º Distrito em 15/09/2005.

## ANEXO 4

### PLANILHAS DE DESCRIÇÕES PETROGRÁFICAS

	<b>PROGRAMA DE LEVANTAMENTOS GEOLÓGICOS BÁSICOS DO BRASIL</b>	<b>PLANILHA DE ANÁLISE PETROGRÁFICA</b>
---	---	---

**CADASTRO:**

PROJETO: RIO MADEIRA	C/C: <input type="text" value="1508.260"/>	SUREG/PV
----------------------	--	----------

PREF.:  AFLOR. Nº  AMOSTRA:  LOTE:  Nº LAB.:

PETRÓGRAFO: GILMAR RIZZOTTO

EQUIP. AUX.: \_\_\_\_\_

MAPA	UTM (E)	UTM (N)	MC	UF
SC20VCIII	309291	8967548	63	RO

**CARACTERÍSTICAS MESOSCÓPICAS:**

Rocha holocristalina, fanerítica, coloração marrom-avermelhada, textura porfirítica onde destacam-se os cristais subarredondados de quartzo em matriz quartzo-feldspática fina.

**CARACTERÍSTICAS MICROSCÓPICAS:**

TEXT.: Porfiritica COMP. MODAL: ESTIMADA  CALCULADA

EQUIGRANULAR	INEQUIGRANULAR	MEGA COMPONENTES
	Fina	

MINERALOGIA	%	MINERALOGIA	%
ORTOCLÁSIO	49	FLUORITA	TRAÇOS
QUARTZO	26	ZIRCÃO	TRAÇOS
OLIGOCLÁSIO	12	APATITA	TRAÇOS
ALBITA	9	OPACOS	TRAÇOS
HORNBLENDA	3		
CLINOPIROXÊNIO	1		

**OBSERVAÇÕES:**

A granulação é bimodal onde destacam-se fenocristais subarredondados e prismáticos de quartzo, fenocristais prismáticos de ortoclásio e oligoclásio, dispersos em matriz fenerítica fina.

A textura é porfirítica, definida por fenocristais ( $\varnothing$  entre 6 a 2 mm) de ortoclásio, quartzo e plagioclásio em matriz disforme, embora fenerítica, composta por quartzo, albita, anfibólio e

opacos. Também ocorre a textura mesopertítica, representa pelo intercrescimento de albita no feldspato potássico. A textura rapakivi é subordinada e representa por fenocristais subarredondados de ortoclásio envoltos por auréola de albita alterada por siricita.

O ortoclásio é prismático, pertítico, com freqüentes inclusões de quartzo subarredondados e albita. Mostram-se fortemente alterado pelo processo de argilização intempérica, formando um filme amarronado de argila por sobre os fenocristais. Fraturas aleatórias são freqüentes e preenchidas por material micáceo e goethita.

O plagioclásio foi gerado em duas gerações: a 1ª geração é do oligoclásio, que ocorre como fenocristais tabulares, freqüentemente alterados para sericita e epidoto (alteração pós-magmática). A 2ª geração é representada por cristais de albita que ocorrem intercrescidos no ortoclásio e em agregados disforme na matriz.

O quartzo exibe formas subarredondadas a pseudo-hexagonais, mostrando ambainhamento e bordas corroídas, sugerindo cristalização em baixa profundidade (condições subvulcânicas). Apresenta-se isento de alteração com poucas fraturas.

A hornblenda mostra pleocróismo verde médio a verde-amarronado, com textura em peneira originada a partir de inúmeras inclusões de quartzo e albita. A mesma ocorre geralmente envolvendo cristais fantasmas de clinopiroxênio (augita?), os quais mostram-se bastantes transformados, onde observa-se somente a clivagem e birefringência características dos piroxênios. Esses, por sua vez, geram opacos por exsolução ao longo dos planos de clivagens.

O zircão é o acessório dominante, euédrico e zonado. Raros cristais de fluorita e apatita também ocorrem.

#### **CLASSIFICAÇÃO:**

CLASSE: ÍGNEA HIPABISSAL
--------------------------

ROCHA: HORNBLENDASIONOGRANITO
-------------------------------

#### **REFERÊNCIA/AUTOR:**

Deer, W.A.; Howie, R.A.; Zussman, J. An Introduction to The Rock – Forming Minerals. London: Longman, 1966. 528 p.
--

#### **REFERÊNCIAS COMPLEMENTARES:**

--

Data: 14/04/2005

	<b>PROGRAMA DE LEVANTAMENTOS GEOLÓGICOS BÁSICOS DO BRASIL</b>	<b>PLANILHA DE ANÁLISE PETROGRÁFICA</b>
---	---	---

**CADASTRO:**

PROJETO: RIO MADEIRA	C/C: <input style="width: 50px;" type="text" value="1508"/>	SUREG/PV
----------------------	---	----------

PREF.:  AFLOR. Nº  AMOSTRA:  LOTE:  Nº LAB.:

PETRÓGRAFO: GILMAR RIZZOTTO

EQUIP. AUX.: \_\_\_\_\_

MAPA	UTM (E)	UTM (N)	MC	UF
SC20VCIII	308775	8965573	63	RO

**CARACTERÍSTICAS MESOSCÓPICAS:**

Rocha clástica terrígena de coloração rosa, constituída por grãos de feldspato e quartzo facetados, com presença de seixos de quartzo-arenito dispersos e raros.

**CARACTERÍSTICAS MICROSCÓPICAS:**

TEXT.: Granular fina COMP. MODAL: ESTIMADA  CALCULADA

EQUIGRANULAR	INEQUIGRANULAR	MEGA COMPONENTES

MINERALOGIA	%	MINERALOGIA	%
Quartzo	56	Fragmento de Rocha	7
Feldspato Alcalino	23	Mica	1
Albita	13	Opacos e Zircão	Traços

**OBSERVAÇÕES:**

Rocha de granulometria fina, com grãos variando de 0,2 a 1,0 mm, apresentado imaturidade mineralógica e textural. A imaturidade mineralógica é evidenciada pela presença de grande quantidade de feldspato, fragmento de rocha e micas enquanto que a imaturidade textural é evidenciada pela presença de grãos angulosos e matriz abundante. Esta matriz é constituída por agregado de mica branca.

Os grãos de quartzo são subarredondados a angulosos, com extinção ondulante e contato plano, suturado e lobulado entre os grãos. Geralmente estão isentos de alteração intempérica e apresentam dissolução por pressão.

Os feldspatos estão representados por grãos de albita e microclínio. Muitos desses grãos mostram uma forte alteração para um agregado de sericita e argilização. Da mesma forma que o quartzo, esses grãos feldspáticos são subarredondados a angulosos, com fraturas preenchidas por óxido de ferro.

Fragmentos de rochas (quartzito, metachert) também são relativamente freqüentes, apresentando formas subarredondadas.

Raras palhetas de muscovita mostram-se encurvadas pela compactação dos grãos de quartzo e feldspato, e também ocorrem na matriz, em grãos submilimétricos entremeados entre os constituintes quartzo-feldspáticos.

Opacos são pouco freqüentes e geralmente mostram-se alterados para óxido de ferro.

Pelas características texturais observadas, essa rocha apresenta um elevado grau de compactação e diagênese, e também, os grãos minerais sugerem um pequeno transporte no ambiente sedimentar devido à alta imaturidade textural e mineralógica.

#### **CLASSIFICAÇÃO:**

CLASSE: Sedimentar
ROCHA: Arcósio

#### **REFERÊNCIA/AUTOR:**

Deer, W.A; Howie, R.A; Zussman, J. An Introduction to The Rock – Forming Minerals. London: Longman, 1966. 528 p.

#### **REFERÊNCIAS COMPLEMENTARES:**

Data: 13/04/2005

---

	<b>PROGRAMA DE LEVANTAMENTOS GEOLÓGICOS BÁSICOS DO BRASIL</b>	<b>PLANILHA DE ANÁLISE PETROGRÁFICA</b>
---	---	---

**CADASTRO:**

PROJETO: RIO MADEIRA	C/C: <input type="text" value="1508"/> SUREG/PV
----------------------	---

PREF.:  AFLOR. Nº  AMOSTRA:  LOTE:  Nº LAB.:

PETRÓGRAFO: GILMAR RIZZOTTO

EQUIP. AUX.: \_\_\_\_\_

MAPA	UTM (E)	UTM (N)	MC	UF
SC20VCIII	309746	8967454	63	RO

**CARACTERÍSTICAS MESOSCÓPICAS:**

Granito de coloração rosa escura a marron claro, porfirítico, matriz fina fanerítica com presença de pórfiros de K-feldspato menores de 5 mm. A rocha se encontra afetada por fraturamento rúptil. Em mostra presença de quartzo fumê; raros máficos; levemente magnética. Os cristais de feldspato mostram intercrescimento de quartzo.

**CARACTERÍSTICAS MICROSCÓPICAS:**

TEXT.: Porfirítica COMP. MODAL: ESTIMADA  CALCULADA

EQUIGRANULAR	INEQUIGRANULAR	MEGA COMPONENTES

MINERALOGIA	%	MINERALOGIA	%
Quartzo	26	Hornblenda	2
Ortoclásio	51	Zircão	Traços
Olgoiclásio	12	Apatita	Traços
Albita	9		

**OBSERVAÇÕES:**

Rocha de granulação bimodal (fenocristais milimétricos e matriz fanerítica fina) que apresenta textura porfirítica, representada por fenocristais (diâmetro entre 6 a 2 mm) de ortoclásio, quartzo e plagioclásio em matriz disforme, embora fanerítica, composta por quartzo e albita. Também ocorre a textura mesopetítica, representada pelo intercrescimento de albita no feldspato potássico.

Ortoclásto é prismático, pertítico, com freqüentes inclusões de quartzo subarredondado e albita. Mostra-se fortemente alterado pelo processo de argilização intempérica, formando um filme amarronzado de argila por sobre os fenocristais. Fraturas abertas são freqüentes e preenchidas por material micácio disforme e óxido de ferro.

O plagioclásio é de duas gerações. O primeiro a cristalizar foi o oligoclásio, que ocorre como fenocristais tabulares, freqüentemente alterado para sericita (alteração pós-magmática) e argilosa. A segunda geração é representada por cristais de albita que ocorrem intercrescidos no ortoclásio e em agregados disforme na matriz.

O quartzo exhibe formas subarredondadas a pseudo-hexagonais, mostrando embainhamento e bordas corroídas, sugerindo cristalização em baixa profundidade (condições subvulcânicas). Apresenta-se isento de alteração, com poucas fraturas.

A hornblenda verde-amarronzada é o máfico predominante e mostra-se em desequilíbrio químico com os minerais adjacentes, ou seja, encontra-se transformada parcialmente em albita, epidoto e quartzo, formando textura em peneira. A hornblenda ocorre geralmente envolvendo cristais fantasmas de clinopiroxênio (augita?), bastante transformada, onde se observa a clivagem e birrefringência típica de piroxênios.

Acessórios incluem o zircão, opacos anédricos e raros cristais de apatita.

### **CLASSIFICAÇÃO:**

CLASSE: Ígnea
---------------

ROCHA: Hornblenda Sienogranito
--------------------------------

### **REFERÊNCIA/AUTOR:**

Deer, W.A.; Howie, R.A.; Zussman, J. An Introduction to The Rock – Forming Minerals. London: Longman, 1966. 528 p.
--

### **REFERÊNCIAS COMPLEMENTARES:**

--

Data: 29/04/2005

---

## ANEXO 5

### ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DE AMOSTRA DE ÁGUA AII DE SANTO ANTÔNIO

BOLETIM DE ANÁLISE DE ÁGUA  
FÍSICO-QUÍMICA

CERTIFICADO ..... 8.279/05  
INTERESSADO ..... CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL  
PROCEDÊNCIA ..... AV. LAURO SODRÉ, 2561 - PORTO VELHO - RO  
LOCAL DA COLETA ..... SAÍDA DO POÇO Nº 08  
DATA DA COLETA ..... 19/05/2005  
COLETADA ..... PELO INTERESSADO  
CHEGADA ..... 23/05/2005

PARÂMETROS	RESULTADOS	VMP <sup>(1)</sup>
Coe. Aparente	<5 uH <sup>(2)</sup>	15 uH
Odor	Não objetável -	Não objetável
Turbidez	0,98 uT	5 uT
Condutividade elétrica	67,3 µS/cm a 25° C	-
pH	5,7 -	6,0 - 9,5 <sup>(3)</sup>
Sólidos totais dissolvidos	34 mg/L	1.000 mg/L
Amônia em NH <sub>3</sub>	ND mg/L	1,5 mg/L NH <sub>3</sub>
Nitratos em N	1,3 mg/L	10 mg/L N
Alcalinidade de hidróxidos em CaCO <sub>3</sub>	0,0 mg/L	-
Alcalinidade de carbonatos em CaCO <sub>3</sub>	0,0 mg/L	-
Alcalinidade de bicarbonatos em CaCO <sub>3</sub>	11,0 mg/L	-
Alcalinidade total em CaCO <sub>3</sub>	11,0 mg/L	-
Dureza total em CaCO <sub>3</sub>	10,2 mg/L	500 mg/L
Ferro total	0,06 mg/L	0,3 mg/L

COMPOSIÇÃO IÔNICA PREDOMINANTE

Cátions	mg/L	mmol(+)/L	VMP <sup>(1)</sup>	Ânions	mg/L	mmol(-)/L	VMP <sup>(1)</sup>
Ca <sup>2+</sup> CALCÍO	3,6	0,18	-	Cl <sup>-</sup> CLORÍDIO	8,3	0,24	250 mg/L
Mg <sup>2+</sup> MAGNÉSIO	0,3	0,03	-	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> SULFATO	0,6	0,01	250 mg/L
Na <sup>+</sup> SÓDIO	7,8	0,34	200 mg/L	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> NITRATO	5,8	0,09	-
K <sup>+</sup> POTÁSSIO	1,6	0,04	-	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> BICARBONATO	13,4	0,22	-

<sup>(1)</sup>VMP=Valores máximos permitidos para consumo humano ( Portaria 518 do Ministério da Saúde/2004)

<sup>(2)</sup>Intervalo recomendado; Metodologia de análises: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 19th ed.1995.

<sup>(3)</sup>Unidade Hazen (mg P-CuS.)

<sup>(4)</sup>ND=Não detectado -Limite de detecção:Amônia em NH<sub>3</sub>,0,04mg/L.

**CONCLUSÃO:** Todos os parâmetros acima, estão dentro dos limites físicos-químicos de potabilidade de acordo com a Portaria 518/2004 do MS.

Recife, 06 de junho de 2005



Thales S. Viana de Carvalho  
Gerência Técnica  
CRQ 01403636

**BOLETIM DE ANÁLISE DE ÁGUA  
FÍSICO-QUÍMICA**

CERTIFICADO.....: 8.280/05  
 INTERESSADO.....: CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL  
 PROCEDÊNCIA.....: AV. LAURO SODRÉ, 2561 – PORTO VELHO - RO  
 LOCAL DA COLETA....: SAÍDA DO POÇO Nº 09  
 DATA DA COLETA.....: 19/05/2005  
 COLETADA.....: PELO INTERESSADO  
 CHEGADA.....: 23/05/2005

PARÂMETROS	RESULTADOS	VMP <sup>1)</sup>
Cor Aparente	<5 uF <sup>2)</sup>	15 uF
Odor	Não objetável -	Não objetável
Turbidez	0,92 uT	5 uT
Condutividade elétrica	100,0 µS/cm a 25° C	-
pH	4,7 -	6,0 – 9,5 <sup>3)</sup>
Sólidos totais dissolvidos	38 mg/L	1.000 mg/L
Amônia em NH <sub>3</sub>	ND mg/L	1,5 mg/L NH <sub>3</sub>
Nitratos em N	1,2 mg/L	10 mg/L N
Alcalinidade de hidróxidos em CaCO <sub>3</sub>	0,0 mg/L	-
Alcalinidade de carbonatos em CaCO <sub>3</sub>	0,0 mg/L	-
Alcalinidade de bicarbonatos em CaCO <sub>3</sub>	10,0 mg/L	-
Alcalinidade total em CaCO <sub>3</sub>	10,0 mg/L	-
Dureza total em CaCO <sub>3</sub>	10,2 mg/L	500 mg/L
Ferro total	0,06 mg/L	0,3 mg/L

**COMPOSIÇÃO IÔNICA PREDOMINANTE**

Cátions	mg/L	mmol(+)/L	VMP <sup>1)</sup>	Ânions	mg/L	mmol(-)/L	VMP <sup>1)</sup>
Ca <sup>2+</sup> CALCÍO	2,6	0,13	-	Cl <sup>-</sup> CLORÍDIO	11,1	0,31	250 mg/L
Mg <sup>2+</sup> MAGNÉSIO	0,9	0,08	-	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> SULFATO	0,6	0,01	250 mg/L
Na <sup>+</sup> SÓDIO	9,2	0,40	200 mg/L	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> NITRATO	5,3	0,09	-
K <sup>+</sup> POTÁSSIO	2,7	0,07	-	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> BICARBONATO	12,2	0,20	-

<sup>1)</sup>VMP- Valores máximos permitidos para consumo humano ( Portaria 518 do Ministério da Saúde/2004)

<sup>2)</sup>Intervalo recomendado; Metodologia de análises: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 19th ed.1995.

<sup>3)</sup>Unidade Hazen (mg Pt-Co/L)

<sup>4)</sup>ND- Não detectado -Limite de detecção: Amônia em NH<sub>3</sub>: 0,04mg/L.

**CONCLUSÃO:** Todos os parâmetros acima, estão dentro dos limites físicos-químicos de potabilidade de acordo com a Portaria 518/2004 do MS.

Recife, 06 de junho de 2005



Thales S. Viana de Carvalho

Gerência Técnica  
CRQ 01403636

BOLETIM DE ANÁLISE DE ÁGUA  
FÍSICO-QUÍMICA

CERTIFICADO.....: 8.281/05  
INTERESSADO.....: CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL  
PROCEDÊNCIA.....: AV. LAURO SODRÉ, 2561 – PORTO VELHO - RO  
LOCAL DA COLETA...: SAÍDA DO POÇO N° 10  
DATA DA COLETA....: 19/05/2005  
COLETADA.....: PELO INTERESSADO  
CHEGADA.....: 23/05/2005

PARÂMETROS	RESULTADOS	VMP <sup>(1)</sup>
Cor Aparente	<5 uT <sup>(2)</sup>	15 uT
Odor	Não objetável -	Não objetável
Turbidez	0,90 uT	5 uT
Condutividade elétrica	34,3 µS/cm a 25° C	-
pH	4,6 -	6,0 - 9,5 <sup>(3)</sup>
Sólidos totais dissolvidos	17 mg/L	1.000 mg/L
Amônia em NH <sub>3</sub>	ND mg/L	1,5 mg/L NH <sub>3</sub>
Nitratos em N	0,8 mg/L	10 mg/L N
Alcalinidade de hidróxidos em CaCO <sub>3</sub>	0,0 mg/L	-
Alcalinidade de carbonatos em CaCO <sub>3</sub>	0,0 mg/L	-
Alcalinidade de bicarbonatos em CaCO <sub>3</sub>	6,0 mg/L	-
Alcalinidade total em CaCO <sub>3</sub>	6,0 mg/L	-
Dureza total em CaCO <sub>3</sub>	10,2 mg/L	500 mg/L
Ferro total	< 0,06 mg/L	0,3 mg/L

COMPOSIÇÃO IÔNICA PREDOMINANTE

Cátions	mg/L	mmol(+)/L	VMP <sup>(1)</sup>	Ânions	mg/L	mmol(-)/L	VMP <sup>(1)</sup>
Ca <sup>2+</sup> CÁLCIO	1,5	0,08	-	Cl <sup>-</sup> CLOROÍDIO	4,6	0,13	250 mg/L
Mg <sup>2+</sup> MAGNÉSIO	1,5	0,13	-	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> SULFATO	0,0	0,00	250 mg/L
Na <sup>+</sup> SÓDIO	2,5	0,11	200 mg/L	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> NITRATO	3,5	0,06	-
K <sup>+</sup> POTÁSSIO	0,4	0,01	-	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> BICARBONATO	7,3	0,12	-

<sup>(1)</sup>VMP=Valores máximos permitidos para consumo humano ( Portaria 518 do Ministério da Saúde/2004)

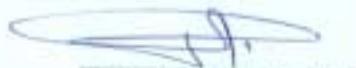
<sup>(2)</sup>Intervalo recomendado, Metodologia de análise: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 19th ed.1995.

<sup>(3)</sup>Unidade Hazen (mg Pt-Co/L)

<sup>(4)</sup>ND=Não detectado -Limite de detecção:Amônia em NH<sub>3</sub>,0,04mg/L.

**CONCLUSÃO:** Todos os parâmetros acima, estão dentro dos limites físicos-químicos de potabilidade de acordo com a Portaria 518/2004 do MS.

Recife, 06 de junho de 2005



Thales S. Viana de Carvalho  
Geógrafa Técnica  
CRQ 01403636

**BOLETIM DE ANÁLISE DE ÁGUA  
FÍSICO-QUÍMICA**

CERTIFICADO .....: 8.282/05  
 INTERESSADO .....: CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL  
 PROCEDÊNCIA .....: AV. LAURO SODRÉ, 2561 - PORTO VELHO - RO  
 LOCAL DA COLETA .....: SAÍDA DO POÇO Nº 11  
 DATA DA COLETA .....: 19/05/2005  
 COLETADA .....: PELO INTERESSADO  
 CHEGADA .....: 23/05/2005

PARÂMETROS	RESULTADOS	VMP <sup>01</sup>
Cor Aparente	<5 uH <sup>20</sup>	15 uH
Odor	Não objetável -	Não objetável
Turbidez	0,90 uT	5 uT
Condutividade elétrica	13,8 µS/cm a 25° C	-
pH	5,2 -	6,0 - 9,3 <sup>02</sup>
Sólidos totais dissolvidos	7 mg/L	1.000 mg/L
Amônia em NH <sub>3</sub>	ND mg/L	1,5 mg/L NOL
Nitratos em N	0,3 mg/L	10 mg/L N
Alcalinidade de hidróxidos em CaCO <sub>3</sub>	0,0 mg/L	-
Alcalinidade de carbonatos em CaCO <sub>3</sub>	0,0 mg/L	-
Alcalinidade de bicarbonatos em CaCO <sub>3</sub>	4,0 mg/L	-
Alcalinidade total em CaCO <sub>3</sub>	4,0 mg/L	-
Dureza total em CaCO <sub>3</sub>	6,4 mg/L	500 mg/L
Ferro total	0,30 mg/L	0,3 mg/L

**COMPOSIÇÃO IÔNICA PREDOMINANTE**

Cátions	mg/L	mmol(+)/L	VMP <sup>01</sup>	Anions	mg/L	mmol(-)/L	VMP <sup>01</sup>
Ca <sup>2+</sup> CÁLCIO	1,5	0,08	-	Cl <sup>-</sup> CLORÍDIO	1,0	0,03	250 mg/L
Mg <sup>2+</sup> MAGNÉSIO	0,6	0,05	-	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> SULFATO	0,0	0,00	250 mg/L
Na <sup>+</sup> SÓDIO	0,0	0,00	200 mg/L	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> NITRATO	1,3	0,02	-
K <sup>+</sup> POTÁSSIO	0,0	0,00	-	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> BICARBONATO	4,9	0,08	-

<sup>01</sup>VMP=Valores máximos permitidos para consumo humano ( Portaria 518 do Ministério da Saúde/2004)

<sup>02</sup>Intervalo recomendado; Metodologia de análises: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 19th ed.1995.

<sup>03</sup>Unidade Heaton (mg P-Ca/L)

<sup>04</sup>ND=Não detectado - Limite de detecção: Amônia em NH<sub>3</sub> 0,04mg/L.

**CONCLUSÃO:** Todos os parâmetros acima, estão dentro dos limites físicos-químicos de potabilidade de acordo com a Portaria 518/2004 do MS.

Recife, 06 de junho de 2005



Thales S. Viana de Carvalho  
 Gerência Técnica  
 CRQ 01403636

BOLETIM DE ANÁLISE DE ÁGUA  
FÍSICO-QUÍMICA

CERTIFICADO.....: B 283/05  
INTERESSADO.....: CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL  
PROCEDÊNCIA.....: AV. LAURO SODRÉ, 2561 - PORTO VELHO - RO  
LOCAL DA COLETA....: SAÍDA DO POÇO Nº 12  
DATA DA COLETA.....: 19/05/2005  
COLETADA.....: PELO INTERESSADO  
CHEGADA.....: 23/05/2005

PARÂMETROS	RESULTADOS	VMP <sup>(1)</sup>
Cor Aparente	<5 uH <sup>(1)</sup>	15 uH
Odor	Não objetável -	Não objetável
Turbidez	1,10 uT	5 uT
Condutividade elétrica	83,2 µS/cm a 25° C	-
pH	5,1 -	6,0 - 9,5 <sup>(2)</sup>
Sólidos totais dissolvidos	31 mg/L	1.000 mg/L
Amônia em NH <sub>3</sub>	ND mg/L	1,5 mg/L NH <sub>3</sub>
Nitratos em N	1,5 mg/L	10 mg/L N
Alcalinidade de hidróxidos em CaCO <sub>3</sub>	0,0 mg/L	-
Alcalinidade de carbonatos em CaCO <sub>3</sub>	0,0 mg/L	-
Alcalinidade de bicarbonatos em CaCO <sub>3</sub>	9,0 mg/L	-
Alcalinidade total em CaCO <sub>3</sub>	9,0 mg/L	-
Dureza total em CaCO <sub>3</sub>	10,2 mg/L	500 mg/L
Ferro total	0,12 mg/L	0,3 mg/L

COMPOSIÇÃO IÔNICA PREDOMINANTE

Cátions	mg/L	mmol(+)/L	VMP <sup>(1)</sup>	Ânions	mg/L	mmol(-)/L	VMP <sup>(1)</sup>
Ca <sup>2+</sup> CÁLCIO	2,6	0,13	-	Cl <sup>-</sup> CLORETO	7,1	0,20	250 mg/L
Mg <sup>2+</sup> MAGNÉSIO	0,9	0,08	-	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> SULFATO	0,6	0,01	250 mg/L
Na <sup>+</sup> SÓDIO	5,3	0,23	200 mg/L	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> NITRATO	6,6	0,11	-
K <sup>+</sup> POTÁSSIO	5,1	0,13	-	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> BICARBONATO	11,0	0,18	-

<sup>(1)</sup>VMP=Valores máximos permitidos para consumo humano ( Portaria 518 do Ministério da Saúde/2004)

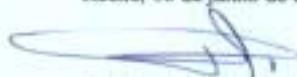
<sup>(2)</sup>Intervalo recomendado, Metodologia de análises: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 19th ed.1995.

<sup>(3)</sup>Unidade Hazen (mg Pt-Cu/l.)

<sup>(4)</sup>ND=Não detectado -Limite de detecção:Amônia em NH<sub>3</sub>0,04mg/L.

**CONCLUSÃO:** Todos os parâmetros acima, estão dentro dos limites físicos-químicos de potabilidade de acordo com a Portaria 518/2004 do MS.

Recife, 06 de junho de 2005

  
Thaís S. Viana de Carvalho  
Gerência Técnica  
CRQ 01405636

BOLETIM DE ANÁLISE DE ÁGUA  
FÍSICO-QUÍMICA

CERTIFICADO.....: 8.284/05  
INTERESSADO.....: CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL  
PROCEDÊNCIA.....: AV. LAURO SODRÉ, 2561 – PORTO VELHO - RO  
LOCAL DA COLETA.....: SAÍDA DO POÇO Nº 13  
DATA DA COLETA.....: 19/05/2005  
COLETADA.....: PELO INTERESSADO  
CHEGADA.....: 23/05/2005

PARÂMETROS	RESULTADOS	VMP <sup>(1)</sup>
Cor Aparente	<5 uH <sup>(2)</sup>	15 uH
Odor	Não objetável -	Não objetável
Turbidez	0,90 uT	5 uT
Condutividade elétrica	44,4 µS/cm a 25° C	-
pH	5,5 -	6,0 – 9,5 <sup>(3)</sup>
Sólidos totais dissolvidos	24 mg/L	1.000 mg/L
Amônia em NH <sub>3</sub>	ND mg/L	1,5 mg/L NH <sub>3</sub>
Nitratos em N	0,8 mg/L	10 mg/L N
Alcalinidade de hidróxidos em CaCO <sub>3</sub>	0,0 mg/L	-
Alcalinidade de carbonatos em CaCO <sub>3</sub>	0,0 mg/L	-
Alcalinidade de bicarbonatos em CaCO <sub>3</sub>	8,0 mg/L	-
Alcalinidade total em CaCO <sub>3</sub>	8,0 mg/L	-
Dureza total em CaCO <sub>3</sub>	8,9 mg/L	500 mg/L
Ferro total	0,06 mg/L	0,3 mg/L

COMPOSIÇÃO IÔNICA PREDOMINANTE

Cátions	mg/L	mmol(+)/L	VMP <sup>(1)</sup>	Anions	mg/L	mmol(-)/L	VMP <sup>(1)</sup>
Ca <sup>2+</sup> (CÁLCIO)	2,6	0,13	-	Cl <sup>-</sup> (CLORETO)	5,6	0,16	250 mg/L
Mg <sup>2+</sup> (MAGNÉSIO)	0,6	0,05	-	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (SULFATO)	0,6	0,01	250 mg/L
Na <sup>+</sup> (SÓDIO)	3,9	0,17	200 mg/L	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (NITRATO)	3,5	0,06	-
K <sup>+</sup> (POTÁSSIO)	2,7	0,07	-	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (BICARBONATO)	9,8	0,16	-

<sup>(1)</sup>VMP=Valores máximos permitidos para consumo humano ( Portaria 518 do Ministério de Saúde/2004)

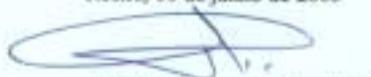
<sup>(2)</sup>Intervalo recomendado, Metodologia de análises: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 19th ed.1995.

<sup>(3)</sup>Unidade Hazen (mg Pt-Co/L).

<sup>(4)</sup>ND=Não detectado -Limite de detecção:Amônia em NH<sub>3</sub>0,04mg/L.

**CONCLUSÃO:** Todos os parâmetros acima, estão dentro dos limites físicos-químicos de potabilidade de acordo com a Portaria 518/2004 do MS.

Recife, 06 de junho de 2005



Thales S. Viana de Carvalho  
Gerência Técnica  
CRQ 01403636

**BOLETIM DE ANÁLISE DE ÁGUA  
FÍSICO-QUÍMICA**

CERTIFICADO.....: 8.285/05  
 INTERESSADO.....: CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL  
 PROCEDÊNCIA.....: AV. LAURO SODRÉ, 2561 – PORTO VELHO - RO  
 LOCAL DA COLETA.....: SAÍDA DO POÇO Nº 14  
 DATA DA COLETA.....: 19/05/2005  
 COLETADA.....: PELO INTERESSADO  
 CHEGADA.....: 23/05/2005

PARÂMETROS	RESULTADOS	VMP <sup>(1)</sup>
Cor Aparente	<5 uF <sup>(2)</sup>	15 uF
Odor	Não objetável -	Não objetável
Turbidez	0,90 uT	5 uT
Condutividade elétrica	44,8 µS/cm a 25° C	-
pH	5,0 -	6,0 - 9,5 <sup>(3)</sup>
Sólidos totais dissolvidos	20 mg/L	1.000 mg/L
Amônia em NH <sub>3</sub>	ND mg/L	1,5 mg/L NH <sub>3</sub>
Nitratos em N	1,0 mg/L	10 mg/L N
Alcalinidade de hidróxidos em CaCO <sub>3</sub>	0,0 mg/L	-
Alcalinidade de carbonatos em CaCO <sub>3</sub>	0,0 mg/L	-
Alcalinidade de bicarbonatos em CaCO <sub>3</sub>	6,0 mg/L	-
Alcalinidade total em CaCO <sub>3</sub>	6,0 mg/L	-
Dureza total em CaCO <sub>3</sub>	8,9 mg/L	500 mg/L
Ferro total	0,06 mg/L	0,3 mg/L

**COMPOSIÇÃO IÔNICA PREDOMINANTE**

Cátions	mg/L	mmol(+)/L	VMP <sup>(1)</sup>	Ânions	mg/L	mmol(-)/L	VMP <sup>(1)</sup>
Ca <sup>2+</sup> CÁLCIO	2,0	0,10	-	Cl <sup>-</sup> CLOROÍDIO	5,1	0,14	250 mg/L
Mg <sup>2+</sup> MAGNÉSIO	0,9	0,08	-	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> SULFATO	0,6	0,01	250 mg/L
Na <sup>+</sup> SÓDIO	3,9	0,17	200 mg/L	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> NITRATO	4,4	0,07	-
K <sup>+</sup> POTÁSSIO	1,6	0,04	-	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> BICARBONATO	7,3	0,12	-

<sup>(1)</sup>VMP=Valores máximos permitidos para consumo humano ( Portaria 518 do Ministério de Saúde/2004)

<sup>(2)</sup>Intervalo recomendado; Metodologia de análises: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 19th. ed.1995.

<sup>(3)</sup>Unidade Hazen (mg Pt-Co/L)

<sup>(4)</sup>ND=Não detectado -Limite de detecção:Amônia em NH<sub>3</sub>0,04mg/L.

**CONCLUSÃO:** Todos os parâmetros acima, estão dentro dos limites físicos-químicos de potabilidade de acordo com a Portaria 518/2004 do MS.

Recife, 06 de junho de 2005



Thales S. Viana de Carvalho

Geógrafa Técnica  
CRQ 01403636

**BOLETIM DE ANÁLISE DE ÁGUA  
FÍSICO-QUÍMICA**

CERTIFICADO.....: 8.286/05  
 INTERESSADO.....: CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL  
 PROCEDÊNCIA.....: AV. LAURO SODRÉ, 2561 - PORTO VELHO - RO  
 LOCAL DA COLETA...: SAÍDA DO POÇO Nº 15  
 DATA DA COLETA...: 19/05/2005  
 COLETADA.....: PELO INTERESSADO  
 CHEGADA.....: 23/05/2005

PARÂMETROS	RESULTADOS	VMP <sup>(1)</sup>
Cor Aparente	<5 uH <sup>(2)</sup>	15 uH
Odor	Não objetável -	Não objetável
Turbidez	0,94 uT	5 uT
Condutividade elétrica	122,0 µS/cm a 25° C	-
pH	5,9 -	6,0 - 9,5 <sup>(3)</sup>
Sólidos totais dissolvidos	53 mg/L	1.000 mg/L
Amônia em NH <sub>3</sub>	ND mg/L	1,5 mg/L NH <sub>3</sub>
Nitratos em N	1,5 mg/L	10 mg/L N
Alcalinidade de hidróxidos em CaCO <sub>3</sub>	0,0 mg/L	-
Alcalinidade de carbonatos em CaCO <sub>3</sub>	0,0 mg/L	-
Alcalinidade de bicarbonatos em CaCO <sub>3</sub>	18,0 mg/L	-
Alcalinidade total em CaCO <sub>3</sub>	18,0 mg/L	-
Dureza total em CaCO <sub>3</sub>	19,1 mg/L	500 mg/L
Ferro total	0,12 mg/L	0,3 mg/L

**COMPOSIÇÃO IÔNICA PREDOMINANTE**

Cátions	mg/L	mmol(+)/L	VMP <sup>(1)</sup>	Ânions	mg/L	mmol(-)/L	VMP <sup>(1)</sup>
Ca <sup>2+</sup> CÁLCIO	5,6	0,28	-	Cl <sup>-</sup> CLORETO	13,4	0,38	250 mg/L
Mg <sup>2+</sup> MAGNÉSIO	1,2	0,10	-	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> SULFATO	0,6	0,01	250 mg/L
Na <sup>+</sup> SÓDIO	10,6	0,46	200 mg/L	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> NITRATO	6,6	0,11	-
K <sup>+</sup> POTÁSSIO	3,1	0,08	-	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> BICARBONATO	22,0	0,36	-

<sup>(1)</sup>VMP=Valores máximos permitidos para consumo humano ( Portaria 518 do Ministério da Saúde/2004)

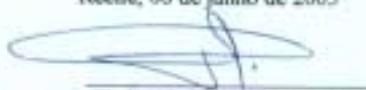
<sup>(2)</sup>Intervalo recomendado, Metodologia de análises: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 19h. ed.1995.

<sup>(3)</sup>Unidade Hazen (mg Pt-Co/L)

<sup>(4)</sup>ND=Não detectado -Limite de detecção:Amônia em NH<sub>3</sub>,0,04mg/L.

**CONCLUSÃO:** Todos os parâmetros acima, estão dentro dos limites físicos-químicos de potabilidade de acordo com a Portaria 518/2004 do MS.

Recife, 06 de junho de 2005



Thales S. Viana de Carvalho

Geógrafa Técnica  
CRQ 01403836

**BOLETIM DE ANÁLISE DE ÁGUA  
FÍSICO-QUÍMICA**

CERTIFICADO.....: 8.484/05  
 INTERESSADO.....: CPRM - COMPANHIA DE PESQUISAS DE RECURSOS MINERAIS  
 PROCEDÊNCIA.....: AV. LAURO SODRÉ, 2561 PORTO VELHO - RO  
 LOCAL DA COLETA....: RI  
 DATA DA COLETA.....: 05/07/2005  
 COLETADA.....: PELO INTERESSADO  
 CHEGADA.....: 12/07/2005

PARÂMETROS	RESULTADOS	VMP <sup>01</sup>
Cor Aparente	<5 uT <sup>02</sup>	15 uT
Odor	Não objetável -	Não objetável
Turbidez	1,12 uT	5 uT
Condutividade elétrica	49,7 µS/cm a 25° C	-
pH	5,1 -	6,0 - 9,5 <sup>03</sup>
Sólidos totais dissolvidos	26 mg/L	1.000 mg/L
Amônia em NH <sub>3</sub>	ND mg/L	1,5 mg/L NH <sub>3</sub>
Nitratos em N	0,89 mg/L	10 mg/L N
Alcalinidade de hidróxidos em CaCO <sub>3</sub>	0,0 mg/L	-
Alcalinidade de carbonatos em CaCO <sub>3</sub>	0,0 mg/L	-
Alcalinidade de bicarbonatos em CaCO <sub>3</sub>	4,0 mg/L	-
Alcalinidade total em CaCO <sub>3</sub>	4,0 mg/L	-
Dureza total em CaCO <sub>3</sub>	7,6 mg/L	500 mg/L
Ferro total	0,12 mg/L	0,3 mg/L

**COMPOSIÇÃO IÔNICA PREDOMINANTE**

Cátions	mg/L	mmol(+)/L	VMP <sup>01</sup>	Anions	mg/L	mmol(-)/L	VMP <sup>01</sup>
Ca <sup>2+</sup> CÁLCIO	2,0	0,10	-	Cl <sup>-</sup> CLORÍTO	10,5	0,30	250 mg/L
Mg <sup>2+</sup> MAGNÉSIO	0,6	0,05	-	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> SULFATO	0,6	0,01	250 mg/L
Na <sup>+</sup> SÓDIO	7,8	0,34	200 mg/L	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> NITRATO	3,9	0,06	-
K <sup>+</sup> POTÁSSIO	0,0	0,00	-	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> BICARBONATO	4,9	0,08	-

<sup>01</sup>VMP-Valores máximos permitidos para consumo humano ( Portaria 518 do Ministério de Saúde/2004)

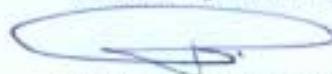
<sup>02</sup>Intervalo recomendado; Metodologia de análises: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 19th ed.1995.

<sup>03</sup>Unidade Hazen (mg Pt-Co/L)

<sup>04</sup>ND-Não detectado - Limite de detecção: Amônia em NH<sub>3</sub>:0,04mg/L; Nitrito em N:0,05 mg/L.

**CONCLUSÃO:** Todos os parâmetros acima, estão dentro dos limites físicos-químicos de potabilidade de acordo com a Portaria 518/2004 do MS.

Recife, 20 de julho de 2005



Thales S. Viana de Carvalho

Gerência Técnica  
CRQ 01403636

**BOLETIM DE ANÁLISE DE ÁGUA  
FÍSICO-QUÍMICA**

CERTIFICADO.....: 8.485/05  
 INTERESSADO.....: CPRM - COMPANHIA DE PESQUISAS DE RECURSOS MINERAIS  
 PROCEDÊNCIA.....: AV. LAURO SODRÉ, 2561 PORTO VELHO - RO  
 LOCAL DA COLETA...: R2  
 DATA DA COLETA....: 05/07/2005  
 COLETADA.....: PELO INTERESSADO  
 CHEGADA.....: 12/07/2005

PARÂMETROS	RESULTADOS	VMP <sup>(1)</sup>
Cor Aparente	<5 uft <sup>(2)</sup>	15 uft
Odor	Não objetável -	Não objetável
Turbidez	1,02 uT	5 uT
Condutividade elétrica	19,5 µS/cm a 25° C	-
pH	5,5 -	6,0 - 9,5 <sup>(3)</sup>
Sólidos totais dissolvidos	11 mg/L	1.000 mg/L
Amônia em NH <sub>3</sub>	ND mg/L	1,5 mg/L NH <sub>3</sub>
Nitratos em N	0,20 mg/L	10 mg/L N
Alcalinidade de hidróxidos em CaCO <sub>3</sub>	0,0 mg/L	-
Alcalinidade de carbonatos em CaCO <sub>3</sub>	0,0 mg/L	-
Alcalinidade de bicarbonatos em CaCO <sub>3</sub>	6,0 mg/L	-
Alcalinidade total em CaCO <sub>3</sub>	6,0 mg/L	-
Dureza total em CaCO <sub>3</sub>	6,4 mg/L	500 mg/L
Ferro total	0,12 mg/L	0,3 mg/L

**COMPOSIÇÃO IÔNICA PREDOMINANTE**

Cátions	mg/L	mmol(+)/L	VMP <sup>(1)</sup>	Ânions	mg/L	mmol(-)/L	VMP <sup>(1)</sup>
Ca <sup>2+</sup> CÁLCIO	1,5	0,08	-	Cl <sup>-</sup> CLORETO	1,1	0,03	250 mg/L
Mg <sup>2+</sup> MAGNÉSIO	0,6	0,05	-	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> SULFATO	0,0	0,00	250 mg/L
Na <sup>+</sup> SÓDIO	1,4	0,06	200 mg/L	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> NITRATO	0,9	0,01	-
K <sup>+</sup> POTÁSSIO	0,0	0,00	-	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> BICARBONATO	7,3	0,12	-

<sup>(1)</sup>VMP=Valores máximos permitidos para consumo humano ( Portaria 518 do Ministério de Saúde/2004)

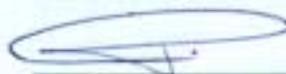
<sup>(2)</sup>Intervalo recomendado, Metodologia de análises: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 19th ed.1995.

<sup>(3)</sup>Unidade Hazen (mg Pt-Co/L)

<sup>(4)</sup>ND=Não detectado -Limite de detecção:Amônia em NH<sub>3</sub>,0,04mg/L.

**CONCLUSÃO:**Todos os parâmetros acima , estão dentro dos limites físico-químicos de potabilidade de acordo com a Portaria 518/2004 do MS.

Recife, 20 de julho de 2005



Thales S. Viana de Carvalho

Gerência Técnica  
CRQ 01403636

**BOLETIM DE ANÁLISE DE ÁGUA  
FÍSICO-QUÍMICA**

CERTIFICADO.....: 8.486/05  
 INTERESSADO.....: CPRM – COMPANHIA DE PESQUISAS DE RECURSOS MINERAIS  
 PROCEDÊNCIA.....: AV. LAURO SODRÉ, 2561 PORTO VELHO - RO  
 LOCAL DA COLETA....: R3  
 DATA DA COLETA.....: 05/07/2005  
 COLETADA.....: PELO INTERESSADO  
 CHEGADA.....: 12/07/2005

PARÂMETROS	RESULTADOS	VMP <sup>(1)</sup>
Cor Aparente	<5 uF <sup>(2)</sup>	15 uF
Odor	Não objetável -	Não objetável
Turbidez	1,26 uT	5 uT
Condutividade elétrica	185,5 µS/cm a 25° C	-
pH	6,4 -	6,0 – 9,5 <sup>(3)</sup>
Sólidos totais dissolvidos	105 mg/L	1.000 mg/L
Amônia em NH <sub>3</sub>	ND mg/L	1,5 mg/L NH <sub>3</sub>
Nitratos em N	4,00 mg/L	10 mg/L N
Alcalinidade de hidróxidos em CaCO <sub>3</sub>	0,0 mg/L	-
Alcalinidade de carbonatos em CaCO <sub>3</sub>	0,0 mg/L	-
Alcalinidade de bicarbonatos em CaCO <sub>3</sub>	22,0 mg/L	-
Alcalinidade total em CaCO <sub>3</sub>	22,0 mg/L	-
Dureza total em CaCO <sub>3</sub>	17,8 mg/L	500 mg/L
Ferro total	0,17 mg/L	0,3 mg/L

**COMPOSIÇÃO IÔNICA PREDOMINANTE**

Cátions	mg/L	mmol(+)/L	VMP <sup>(1)</sup>	Ânions	mg/L	mmol(-)/L	VMP <sup>(1)</sup>
Ca <sup>2+</sup> CALÇÃO	5,6	0,28	-	Cl <sup>-</sup> CLORETO	31,0	0,87	250 mg/L
Mg <sup>2+</sup> MAGNÉSIO	0,9	0,08	-	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> SULFATO	10,0	0,21	250 mg/L
Na <sup>+</sup> SÓDIO	32,0	1,39	200 mg/L	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> NITRATO	17,7	0,29	-
K <sup>+</sup> POTÁSSIO	2,7	0,07	-	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> BICARBONATO	26,9	0,44	-

<sup>(1)</sup>VMP= Valores máximos permitidos para consumo humano ( Portaria 518 do Ministério da Saúde/2004)

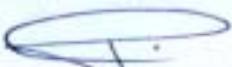
<sup>(2)</sup>Intervalo recomendado, Metodologia de análises, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 19th ed.1995.

<sup>(3)</sup>Unidade Hazen (mg Pt-Co/L)

<sup>(4)</sup>ND= Não detectado - Limite de detecção Amônia em NH<sub>3</sub> 0,04mg/L.

**CONCLUSÃO:** Todos os parâmetros acima, estão dentro dos limites físico-químicos de potabilidade de acordo com a Portaria 518/2004 do MS.

Recife, 20 de julho de 2005



Thales S. Viana de Carvalho  
 Gerência Técnica  
 CRQ 01403636

**BOLETIM DE ANÁLISE DE ÁGUA  
FÍSICO-QUÍMICA**

CERTIFICADO.....: 8.487/05  
 INTERESSADO.....: CPRM – COMPANHIA DE PESQUISAS DE RECURSOS MINERAIS  
 PROCEDÊNCIA.....: AV. LAURO SODRÉ, 2561 PORTO VELHO - RO  
 LOCAL DA COLETA....: R4  
 DATA DA COLETA....: 05/07/2005  
 COLETADA.....: PELO INTERESSADO  
 CHEGADA.....: 12/07/2005

PARÂMETROS	RESULTADOS	VMP <sup>(1)</sup>
Cor Aparente	<5 uF <sup>(2)</sup>	15 uF
Odor	Não objetável -	Não objetável
Turbidez	3,52 uT	5 uT
Condutividade elétrica	164,3 µS/cm a 25° C	-
pH	6,6 -	6,0 - 9,5 <sup>(2)</sup>
Sólidos totais dissolvidos	90 mg/L	1.000 mg/L
Amônia em NH <sub>3</sub>	ND mg/L	1,5 mg/L NH <sub>3</sub>
Nitratos em N	4,00 mg/L	10 mg/L N
Alcalinidade de hidróxidos em CaCO <sub>3</sub>	0,0 mg/L	-
Alcalinidade de carbonatos em CaCO <sub>3</sub>	0,0 mg/L	-
Alcalinidade de bicarbonatos em CaCO <sub>3</sub>	19,0 mg/L	-
Alcalinidade total em CaCO <sub>3</sub>	19,0 mg/L	-
Dureza total em CaCO <sub>3</sub>	20,4 mg/L	500 mg/L
Ferro total	0,29 mg/L	0,3 mg/L

**COMPOSIÇÃO IÔNICA PREDOMINANTE**

Cátions	mg/L	mmol(+)/L	VMP <sup>(1)</sup>	Ânions	mg/L	mmol(-)/L	VMP <sup>(1)</sup>
Ca <sup>2+</sup> CÁLCIO	6,1	0,31	-	Cl <sup>-</sup> CLORETO	25,3	0,71	250 mg/L
Mg <sup>2+</sup> MAGNÉSIO	1,2	0,10	-	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> SULFATO	9,2	0,19	250 mg/L
Na <sup>+</sup> SÓDIO	27,4	1,19	200 mg/L	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> NITRATO	17,7	0,29	-
K <sup>+</sup> POTÁSSIO	1,6	0,04	-	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> BICARBONATO	23,2	0,38	-

<sup>(1)</sup>VMP=Valores máximos permitidos para consumo humano ( Portaria 518 do Ministério da Saúde/2004)

<sup>(2)</sup>Intervalo recomendável; Metodologia de análises: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 19th ed.1995.

<sup>(3)</sup>Unidade Hazen (mg Pt-Co/L)

<sup>(4)</sup>ND=Não detectado -Limite de detecção:Amônia em NH<sub>3</sub>,0,04mg/L.

**CONCLUSÃO:** Todos os parâmetros acima, estão dentro dos limites físicos-químicos de potabilidade de acordo com a Portaria 518/2004 do MS.

Recife, 20 de julho de 2005



Thales S. Viana de Carvalho

Geófcia Técnica  
CRQ 01403636

**BOLETIM DE ANÁLISE DE ÁGUA  
FÍSICO-QUÍMICA**

CERTIFICADO.....: 8.488/05  
 INTERESSADO.....: CPRM – COMPANHIA DE PESQUISAS DE RECURSOS MINERAIS  
 PROCEDÊNCIA.....: AV. LAURO SODRÉ, 2561 PORTO VELHO - RO  
 LOCAL DA COLETA....: R5  
 DATA DA COLETA.....: 05/07/2005  
 COLETADA.....: PELO INTERESSADO  
 CHEGADA.....: 12/07/2005

PARÂMETROS	RESULTADOS	VMP <sup>01</sup>
Cor Aparente	<5 uF <sup>02</sup>	15 uF
Odor	Não objetável -	Não objetável
Turbidez	1,07 uT	5 uT
Condutividade elétrica	67,0 µS/cm a 25° C	-
pH	5,8 -	6,0 - 9,5 <sup>03</sup>
Sólidos totais dissolvidos	34 mg/L	1.000 mg/L
Amônia em NH <sub>3</sub>	ND mg/L	1,5 mg/L NH <sub>3</sub>
Nitratos em N	2,00 mg/L	10 mg/L N
Alcalinidade de hidróxidos em CaCO <sub>3</sub>	0,0 mg/L	-
Alcalinidade de carbonatos em CaCO <sub>3</sub>	0,0 mg/L	-
Alcalinidade de bicarbonatos em CaCO <sub>3</sub>	8,5 mg/L	-
Alcalinidade total em CaCO <sub>3</sub>	8,5 mg/L	-
Dureza total em CaCO <sub>3</sub>	8,9 mg/L	500 mg/L
Ferro total	0,17 mg/L	0,3 mg/L

**COMPOSIÇÃO IÔNICA PREDOMINANTE**

Cátions	mg/L	mmol(+)/L	VMP <sup>01</sup>	Ânions	mg/L	mmol(-)/L	VMP <sup>01</sup>
Ca <sup>2+</sup> CALCÍO	2,8	0,14	-	Cl <sup>-</sup> CLORETO	10,7	0,30	250 mg/L
Mg <sup>2+</sup> MAGNÉSIO	0,5	0,04	-	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> SULFATO	0,6	0,01	250 mg/L
Na <sup>+</sup> SÓDIO	10,6	0,46	200 mg/L	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> NITRATO	8,9	0,14	-
K <sup>+</sup> POTÁSSIO	0,4	0,01	-	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> BICARBONATO	10,4	0,17	-

<sup>01</sup>VMP=Valores máximos permitidos para consumo humano ( Portaria 518 do Ministério da Saúde/2004)

<sup>02</sup>Intervalo recomendado, Metodologia de análises: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 19th ed.1995.

<sup>03</sup>Unidade Hazen (mg Pt-Co/L)

<sup>04</sup>ND=Não detectado -Limite de detecção: Amônia em NH<sub>3</sub>,0,04mg/L.

**CONCLUSÃO:** Todos os parâmetros acima, estão dentro dos limites físicos-químicos de potabilidade de acordo com a Portaria 518/2004 do MS.

Recife, 20 de julho de 2005



Thales S. Viana de Carvalho

Gerência Técnica  
CRQ 01403636

**BOLETIM DE ANÁLISE DE ÁGUA  
FÍSICO-QUÍMICA**

CERTIFICADO.....: 8.489/05  
 INTERESSADO.....: CPRM – COMPANHIA DE PESQUISAS DE RECURSOS MINERAIS  
 PROCEDÊNCIA.....: AV. LAURO SODRÉ, 2561 PORTO VELHO - RO  
 LOCAL DA COLETA....: R6  
 DATA DA COLETA....: 05/07/2005  
 COLETADA.....: PELO INTERESSADO  
 CHEGADA.....: 12/07/2005

PARÂMETROS	RESULTADOS	VMP <sup>01</sup>
Cor aparente	<5 uF <sup>02</sup>	15 uF
Odor	Não objetável -	Não objetável
Turbidez	1,00 uT	5 uT
Condutividade elétrica	89,2 µS/cm a 25° C	-
pH	6,7 -	6,0 – 9,5 <sup>03</sup>
Sólidos totais dissolvidos	54 mg/L	1.000 mg/L
Amônia em NH <sub>3</sub>	ND mg/L	1,5 mg/L NH <sub>3</sub>
Nitratos em N	0,88 mg/L	10 mg/L N
Alcalinidade de hidróxidos em CaCO <sub>3</sub>	0,0 mg/L	-
Alcalinidade de carbonatos em CaCO <sub>3</sub>	0,0 mg/L	-
Alcalinidade de bicarbonatos em CaCO <sub>3</sub>	27,0 mg/L	-
Alcalinidade total em CaCO <sub>3</sub>	27,0 mg/L	-
Dureza total em CaCO <sub>3</sub>	28,0 mg/L	500 mg/L
Ferro total	<0,06 mg/L	0,3 mg/L

**COMPOSIÇÃO IÔNICA PREDOMINANTE**

Cátions	mg/L	mmol(+)/L	VMP <sup>01</sup>	Ânions	mg/L	mmol(-)/L	VMP <sup>01</sup>
Ca <sup>2+</sup> CÁLCIO	9,7	0,48	-	Cl <sup>-</sup> CLORETO	7,8	0,22	250 mg/L
Mg <sup>2+</sup> MAGNÉSIO	0,9	0,08	-	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> SULFATO	0,6	0,01	250 mg/L
Na <sup>+</sup> SÓDIO	6,7	0,29	200 mg/L	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> NITRATO	3,9	0,06	-
K <sup>+</sup> POTÁSSIO	0,4	0,01	-	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> BICARBONATO	33,0	0,54	-

<sup>01</sup>VMP=Valores máximos permitidos para consumo humano ( Portaria 518 do Ministério da Saúde/2004)

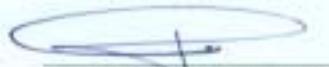
<sup>02</sup>Intervalo recomendado, Metodologia de análises: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 19th ed.1995.

<sup>03</sup>Usidade Hazen (mg Pt-Cu/L)

<sup>04</sup>ND=Não detectado -Limite de detecção:Amônia em NH<sub>3</sub>0,04mg/L.

**CONCLUSÃO:** Todos os parâmetros acima, estão dentro dos limites físicos-químicos de potabilidade de acordo com a Portaria 518/2004 do MS.

Recife, 20 de julho de 2005



Thales S. Vianna de Carvalho

Gerência Técnica  
CRQ 01403636

**BOLETIM DE ANÁLISE DE ÁGUA  
FÍSICO-QUÍMICA**

CERTIFICADO.....: 8.490/05  
 INTERESSADO.....: CPRM – COMPANHIA DE PESQUISAS DE RECURSOS MINERAIS  
 PROCEDÊNCIA.....: AV. LAURO SODRÉ, 2561 PORTO VELHO - RO  
 LOCAL DA COLETA....: R7  
 DATA DA COLETA....: 05/07/2005  
 COLETADA.....: PELO INTERESSADO  
 CHEGADA.....: 12/07/2005

PARÂMETROS	RESULTADOS	VMP <sup>(1)</sup>
Cor Aparente	<5 uF <sup>(2)</sup>	15 uF
Odor	Não objetável -	Não objetável
Turbidez	3,00 uT	5 uT
Condutividade elétrica	164,5 µS/cm a 25° C	-
pH	6,2 -	6,0 - 9,5 <sup>(3)</sup>
Sólidos totais dissolvidos	79 mg/L	1.000 mg/L
Amônia em NH <sub>3</sub>	ND mg/L	1,5 mg/L NH <sub>3</sub>
Nitratos em N	5,00 mg/L	10 mg/L N
Alcalinidade de hidróxidos em CaCO <sub>3</sub>	0,0 mg/L	-
Alcalinidade de carbonatos em CaCO <sub>3</sub>	0,0 mg/L	-
Alcalinidade de bicarbonatos em CaCO <sub>3</sub>	17,0 mg/L	-
Alcalinidade total em CaCO <sub>3</sub>	17,0 mg/L	-
Dureza total em CaCO <sub>3</sub>	26,8 mg/L	500 mg/L
Ferro total	0,23 mg/L	0,3 mg/L

**COMPOSIÇÃO IÔNICA PREDOMINANTE**

Cátions	mg/L	mmol(+)/L	VMP <sup>(1)</sup>	Ânions	mg/L	mmol(-)/L	VMP <sup>(1)</sup>
Ca <sup>2+</sup> CÁLCIO	8,2	0,41	-	Cl <sup>-</sup> CLORETO	24,0	0,68	250 mg/L
Mg <sup>2+</sup> MAGNÉSIO	1,5	0,13	-	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> SULFATO	6,5	0,13	250 mg/L
Na <sup>+</sup> SÓDIO	23,0	1,00	200 mg/L	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> NITRATO	22,1	0,36	-
K <sup>+</sup> POTÁSSIO	3,1	0,08	-	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> BICARBONATO	20,8	0,34	-

<sup>(1)</sup>VMP=Valores máximos permitidos para consumo humano ( Portaria 518 do Ministério da Saúde/2004)

<sup>(2)</sup>Intervalo recomendado, Metodologia de análises: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 19th ed.1995.

<sup>(3)</sup>Unidade Hazen (mg Pt-Co/L)

<sup>(4)</sup>ND=Não detectado -Limite de detecção:Amônia em NH<sub>3</sub>,0,04mg/L.

**CONCLUSÃO:**Todos os parâmetros acima , estão dentro dos limites físicos-químicos de potabilidade de acordo com a Portaria 518/2004 do MS.

Recife, 20 de julho de 2005



Thales S. Viana de Carvalho

Gerência Técnica  
CRQ 01403636

**BOLETIM DE ANÁLISE DE ÁGUA  
FÍSICO-QUÍMICA**

CERTIFICADO.....: 8.491/05  
 INTERESSADO.....: CPRM - COMPANHIA DE PESQUISAS DE RECURSOS MINERAIS  
 PROCEDÊNCIA.....: AV. LAURO SODRÉ, 2561 PORTO VELHO - RO  
 LOCAL DA COLETA....: R8  
 DATA DA COLETA....: 05/07/2005  
 COLETADA.....: PELO INTERESSADO  
 CHEGADA.....: 12/07/2005

PARÂMETROS	RESULTADOS	VMP <sup>01</sup>
Cor Aparente	<5 uF <sup>02</sup>	15 uF
Odor	Não objetável -	Não objetável
Turbidez	0,98 uT	5 uT
Condutividade elétrica	96,0 µS/cm a 25° C	-
pH	5,5 -	6,0 - 9,5 <sup>03</sup>
Sólidos totais dissolvidos	44 mg/L	1.000 mg/L
Amônia em NH <sub>3</sub>	ND mg/L	1,5 mg/L NH <sub>3</sub>
Nitratos em N	3,00 mg/L	10 mg/L N
Alcalinidade de hidróxidos em CaCO <sub>3</sub>	0,0 mg/L	-
Alcalinidade de carbonatos em CaCO <sub>3</sub>	0,0 mg/L	-
Alcalinidade de bicarbonatos em CaCO <sub>3</sub>	8,0 mg/L	-
Alcalinidade total em CaCO <sub>3</sub>	8,0 mg/L	-
Dureza total em CaCO <sub>3</sub>	16,6 mg/L	500 mg/L
Ferro total	<0,06 mg/L	0,3 mg/L

**COMPOSIÇÃO IÔNICA PREDOMINANTE**

Cátions	mg/L	mmol(+)/L	VMP <sup>01</sup>	Ânions	mg/L	mmol(-)/L	VMP <sup>01</sup>
Ca <sup>2+</sup> CÁLCIO	3,1	0,15	-	Cl <sup>-</sup> CLOROÍDIO	15,0	0,42	250 mg/L
Mg <sup>2+</sup> MAGNÉSIO	2,2	0,18	-	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> SULFATO	1,2	0,03	250 mg/L
Na <sup>+</sup> SÓDIO	13,3	0,58	200 mg/L	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> NITRATO	13,3	0,21	-
K <sup>+</sup> POTÁSSIO	1,2	0,03	-	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> BICARBONATO	9,8	0,16	-

<sup>01</sup>VMP-Valores máximos permitidos para consumo humano ( Portaria 518 do Ministério da Saúde/2004)

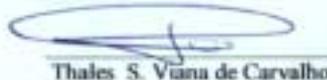
<sup>02</sup>Intervalo recomendado, Metodologia de análises: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 19th ed 1995.

<sup>03</sup>Unidade Hazon (mg Pt-Cu/L)

<sup>04</sup>ND-Não detectado -Limite de detecção Amônia em NH<sub>3</sub> 0,04mg/L.

**CONCLUSÃO:** Todos os parâmetros acima, estão dentro dos limites físico-químicos de potabilidade de acordo com a Portaria 518/2004 do MS.

Recife, 20 de julho de 2005



Thaless S. Viana de Carvalho

Gerência Técnica  
CRQ 01403636

**BOLETIM DE ANÁLISE DE ÁGUA  
FÍSICO-QUÍMICA**

CERTIFICADO.....: 8.492/05  
 INTERESSADO.....: CPRM - COMPANHIA DE PESQUISAS DE RECURSOS MINERAIS  
 PROCEDÊNCIA.....: AV. LAURO SODRÉ, 2561 PORTO VELHO - RO  
 LOCAL DA COLETA....: R9  
 DATA DA COLETA....: 05/07/2005  
 COLETADA.....: PELO INTERESSADO  
 CHEGADA.....: 12/07/2005

PARÂMETROS	RESULTADOS	VMP <sup>(1)</sup>
Cor Aparente	<5 uF <sup>(2)</sup>	15 uF
Odor	Não objetável -	Não objetável
Turbidez	0,96 uT	5 uT
Condutividade elétrica	96,9 µS/cm a 25° C	-
pH	5,8 -	6,0 - 9,5 <sup>(2)</sup>
Sólidos totais dissolvidos	50 mg/L	1.000 mg/L
Amônia em NH <sub>3</sub>	ND mg/L	1,5 mg/L NH <sub>3</sub>
Nitratos em N	2,60 mg/L	10 mg/L N
Alcalinidade de hidróxidos em CaCO <sub>3</sub>	0,0 mg/L	-
Alcalinidade de carbonatos em CaCO <sub>3</sub>	0,0 mg/L	-
Alcalinidade de bicarbonatos em CaCO <sub>3</sub>	14,0 mg/L	-
Alcalinidade total em CaCO <sub>3</sub>	14,0 mg/L	-
Dureza total em CaCO <sub>3</sub>	16,6 mg/L	500 mg/L
Ferro total	<0,06 mg/L	0,3 mg/L

**COMPOSIÇÃO IÔNICA PREDOMINANTE**

Cátions	mg/L	mmol(+)/L	VMP <sup>(1)</sup>	Ânions	mg/L	mmol(-)/L	VMP <sup>(1)</sup>
Ca <sup>2+</sup> CÁLCIO	3,1	0,15	-	Cl <sup>-</sup> CLORETO	14,2	0,40	250 mg/L
Mg <sup>2+</sup> MAGNÉSIO	2,2	0,18	-	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> SULFATO	1,2	0,03	250 mg/L
Na <sup>+</sup> SÓDIO	13,8	0,60	200 mg/L	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> NITRATO	11,5	0,19	-
K <sup>+</sup> POTÁSSIO	0,8	0,02	-	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> BICARBONATO	17,1	0,28	-

<sup>(1)</sup>VMP=Valores máximos permitidos para consumo humano ( Portaria 518 do Ministério da Saúde/2004)

<sup>(2)</sup>Intervalo recomendado, Metodologia de análises: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 19th ed.1995.

<sup>(3)</sup>Unidade Hazen (mg Pt-Co/L)

<sup>(4)</sup>ND=Não detectado -Limite de detecção:Amônia em NH<sub>3</sub>,0,04mg/L.

**CONCLUSÃO:**Todos os parâmetros acima , estão dentro dos limites físico-químicos de potabilidade de acordo com a Portaria 518/2004 do MS.

Recife, 20 de julho de 2005



Thales S. Viana de Carvalho

Geógrafa Técnica  
CRQ 01403636

**BOLETIM DE ANÁLISE DE ÁGUA  
FÍSICO-QUÍMICA**

CERTIFICADO.....: 8.493/05  
 INTERESSADO.....: CPRM – COMPANHIA DE PESQUISAS DE RECURSOS MINERAIS  
 PROCEDÊNCIA.....: AV. LAURO SODRÉ, 2561 PORTO VELHO - RO  
 LOCAL DA COLETA....: R10  
 DATA DA COLETA....: 05/07/2005  
 COLETADA.....: PELO INTERESSADO  
 CHEGADA.....: 12/07/2005

PARÂMETROS	RESULTADOS	VMP <sup>(1)</sup>
Cor Aparente	<5 uF <sup>(2)</sup>	15 uF
Odor	Não objetável -	Não objetável
Turbidez	1,10 uT	5 uT
Condutividade elétrica	129,6 µS/cm a 25° C	-
pH	5,3 -	6,0 - 9,5 <sup>(3)</sup>
Sólidos totais dissolvidos	56 mg/L	1.000 mg/L
Amônia em NH <sub>3</sub>	ND mg/L	1,5 mg/L NH <sub>3</sub>
Nitratos em N	5,10 mg/L	10 mg/L N
Alcalinidade de hidróxidos em CaCO <sub>3</sub>	0,0 mg/L	-
Alcalinidade de carbonatos em CaCO <sub>3</sub>	0,0 mg/L	-
Alcalinidade de bicarbonatos em CaCO <sub>3</sub>	15,0 mg/L	-
Alcalinidade total em CaCO <sub>3</sub>	15,0 mg/L	-
Dureza total em CaCO <sub>3</sub>	20,4 mg/L	500 mg/L
Ferro total	0,06 mg/L	0,3 mg/L

**COMPOSIÇÃO IÔNICA PREDOMINANTE**

Cátions	mg/L	mmol(+)/L	VMP <sup>(1)</sup>	Ânions	mg/L	mmol(-)/L	VMP <sup>(1)</sup>
Ca <sup>2+</sup> CÁLCIO	5,1	0,25	-	Cl <sup>-</sup> CLORETO	17,5	0,49	250 mg/L
Mg <sup>2+</sup> MAGNÉSIO	1,9	0,15	-	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> SULFATO	0,6	0,01	250 mg/L
Na <sup>+</sup> SÓDIO	18,9	0,82	200 mg/L	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> NITRATO	22,6	0,36	-
K <sup>+</sup> POTÁSSIO	1,6	0,04	-	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> BICARBONATO	18,3	0,30	-

<sup>(1)</sup>VMP- Valores máximos permitidos para consumo humano ( Portaria 518 do Ministério da Saúde/2004)

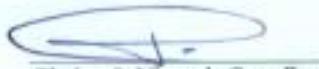
<sup>(2)</sup>Intervalo recomendado, Metodologia de análises: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 19th ed.1995.

<sup>(3)</sup>Unidade Hazen (mg Pt-Co/L)

<sup>(4)</sup>ND- Não detectado - Limite de detecção: Amônia em NH<sub>3</sub>, 0,04mg/L.

**CONCLUSÃO:** Todos os parâmetros acima, estão dentro dos limites físico-químicos de potabilidade de acordo com a Portaria 518/2004 do MS.

Recife, 20 de julho de 2005



Thales S. Viana de Carvalho  
 Gerência Técnica  
 CRQ 01403636

**BOLETIM DE ANÁLISE DE ÁGUA  
 FÍSICO-QUÍMICA**

CERTIFICADO.....: 8.494/05  
 INTERESSADO.....: CPRM – COMPANHIA DE PESQUISAS DE RECURSOS MINERAIS  
 PROCEDÊNCIA.....: AV. LAURO SODRÉ, 2561 PORTO VELHO - RO  
 LOCAL DA COLETA....: R11  
 DATA DA COLETA....: 05/07/2005  
 COLETADA.....: PELO INTERESSADO  
 CHEGADA.....: 12/07/2005

PARÂMETROS	RESULTADOS	VMP <sup>(1)</sup>
Cor Aparente	<5 uF <sup>(2)</sup>	15 uF
Odor	Não objetável -	Não objetável
Turbidez	1,13 uT	5 uT
Condutividade elétrica	289,0 µS/cm a 25° C	-
pH	4,6 -	6,0 – 9,5 <sup>(3)</sup>
Sólidos totais dissolvidos	122 mg/L	1.000 mg/L
Amônia em NH <sub>3</sub>	ND mg/L	1,5 mg/L NH <sub>3</sub>
Nitratos em N	8,00 mg/L	10 mg/L N
Alcalinidade de hidróxidos em CaCO <sub>3</sub>	0,0 mg/L	-
Alcalinidade de carbonatos em CaCO <sub>3</sub>	0,0 mg/L	-
Alcalinidade de bicarbonatos em CaCO <sub>3</sub>	8,0 mg/L	-
Alcalinidade total em CaCO <sub>3</sub>	8,0 mg/L	-
Dureza total em CaCO <sub>3</sub>	20,4 mg/L	500 mg/L
Ferro total	<0,06 mg/L	0,3 mg/L

**COMPOSIÇÃO IÔNICA PREDOMINANTE**

Cátions	mg/L	mmol(+)/L	VMP <sup>(1)</sup>	Ânions	mg/L	mmol(-)/L	VMP <sup>(1)</sup>
Ca <sup>2+</sup> CÁLCIO	7,7	0,38	-	Cl <sup>-</sup> CLORETO	41,5	1,17	250 mg/L
Mg <sup>2+</sup> MAGNÉSIO	0,3	0,03	-	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> SULFATO	17,6	0,37	250 mg/L
Na <sup>+</sup> SÓDIO	42,6	1,85	200 mg/L	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> NITRATO	35,4	0,57	-
K <sup>+</sup> POTÁSSIO	3,9	0,10	-	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> BICARBONATO	9,8	0,16	-

<sup>(1)</sup>VMP-Valores máximos permitidos para consumo humano ( Portaria 518 do Ministério da Saúde/2004)

<sup>(2)</sup>Intervalo recomendado; Metodologia de análises: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 19th ed.1995.

<sup>(3)</sup>Unidade Hazen (mg Pt-Co/L)

<sup>(4)</sup>ND- Não detectado -Limite de detecção: Amônia em NH<sub>3</sub>, 0,04mg/L.

**CONCLUSÃO:** Todos os parâmetros acima, estão dentro dos limites físicos-químicos de potabilidade de acordo com a Portaria 518/2004 do MS.

Recife, 20 de julho de 2005



Thales S. Viana de Carvalho  
 Geógrafa Técnica  
 CRQ 01403636

**BOLETIM DE ANÁLISE DE ÁGUA  
FÍSICO-QUÍMICA**

CERTIFICADO.....: 8.495/05  
 INTERESSADO.....: CPRM – COMPANHIA DE PESQUISAS DE RECURSOS MINERAIS  
 PROCEDÊNCIA.....: AV. LAURO SODRÊ, 2561 PORTO VELHO - RO  
 LOCAL DA COLETA....: R12  
 DATA DA COLETA....: 05/07/2005  
 COLETADA.....: PELO INTERESSADO  
 CHEGADA.....: 12/07/2005

PARÂMETROS	RESULTADOS	VMP <sup>(1)</sup>
Cor aparente	<5 uF <sup>(2)</sup>	15 uU
Odor	Não objetável -	Não objetável
Turbidez	1,25 uT	5 uT
Condutividade elétrica	139,0 µS/cm a 25° C	-
pH	6,4 -	6,0 – 9,5 <sup>(2)</sup>
Sólidos totais dissolvidos	70 mg/L	1.000 mg/L
Amônia em NH <sub>3</sub>	ND mg/L	1,5 mg/L NH <sub>3</sub>
Nitratos em N	4,40 mg/L	10 mg/L N
Alcalinidade de hidróxidos em CaCO <sub>3</sub>	0,0 mg/L	-
Alcalinidade de carbonatos em CaCO <sub>3</sub>	0,0 mg/L	-
Alcalinidade de bicarbonatos em CaCO <sub>3</sub>	21,0 mg/L	-
Alcalinidade total em CaCO <sub>3</sub>	21,0 mg/L	-
Dureza total em CaCO <sub>3</sub>	31,9 mg/L	500 mg/L
Ferro total	0,06 mg/L	0,3 mg/L

**COMPOSIÇÃO IÔNICA PREDOMINANTE**

Cátions	mg/L	mmol(+)/L	VMP <sup>(1)</sup>	Ânions	mg/L	mmol(-)/L	VMP <sup>(1)</sup>
Ca <sup>2+</sup> CÁLCIO	9,2	0,46	-	Cl <sup>-</sup> CLORETO	18,5	0,52	250 mg/L
Mg <sup>2+</sup> MAGNÉSIO	2,2	0,18	-	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> SULFATO	1,2	0,03	250 mg/L
Na <sup>+</sup> SÓDIO	16,1	0,70	200 mg/L	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> NITRATO	19,5	0,31	-
K <sup>+</sup> POTÁSSIO	1,2	0,03	-	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> BICARBONATO	25,6	0,42	-

<sup>(1)</sup>VMP-Valores máximos permitidos para consumo humano ( Portaria 518 do Ministério da Saúde/2004)

<sup>(2)</sup>Intervalo recomendado; Metodologia de análises: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 19th ed.1993.

<sup>(3)</sup>Unidade Hazen (mg Pt-Co/L)

<sup>(4)</sup>ND-Não detectado -Limite de detecção:Amônia em NH<sub>3</sub>,0,04mg/L.

**CONCLUSÃO:**Todos os parâmetros acima , estão dentro dos limites físicos-químicos de potabilidade de acordo com a Portaria 518/2004 do MS.

Recife, 20 de julho de 2005



Thales S. Viana de Carvalho  
Geógrafa Técnica  
CRQ 01403636

**BOLETIM DE ANÁLISE DE ÁGUA  
FÍSICO-QUÍMICA**

CERTIFICADO.....: 8.496/05  
 INTERESSADO.....: CPRM – COMPANHIA DE PESQUISAS DE RECURSOS MINERAIS  
 PROCEDÊNCIA.....: AV. LAURO SODRÉ, 2561 PORTO VELHO - RO  
 LOCAL DA COLETA....: R13  
 DATA DA COLETA.....: 05/07/2005  
 COLETADA.....: PELO INTERESSADO  
 CHEGADA.....: 12/07/2005

PARÂMETROS	RESULTADOS	VMP <sup>(1)</sup>
Cor Aparente	<5 uF <sup>(2)</sup>	15 uF
Odor	Não objetável -	Não objetável
Turbidez	0,96 uT	5 uT
Condutividade elétrica	220,0 µS/cm a 25° C	-
pH	5,7 -	6,0 – 9,5 <sup>(3)</sup>
Sólidos totais dissolvidos	117 mg/L	1.000 mg/L
Amônia em NH <sub>3</sub>	ND mg/L	1,5 mg/L NH <sub>3</sub>
Nitratos em N	3,10 mg/L	10 mg/L N
Alcalinidade de hidróxidos em CaCO <sub>3</sub>	0,0 mg/L	-
Alcalinidade de carbonatos em CaCO <sub>3</sub>	0,0 mg/L	-
Alcalinidade de bicarbonatos em CaCO <sub>3</sub>	17,0 mg/L	-
Alcalinidade total em CaCO <sub>3</sub>	17,0 mg/L	-
Dureza total em CaCO <sub>3</sub>	28,0 mg/L	500 mg/L
Ferro total	<0,06 mg/L	0,3 mg/L

**COMPOSIÇÃO IÔNICA PREDOMINANTE**

Cátions	mg/L	mmol(+)/L	VMP <sup>(1)</sup>	Ânions	mg/L	mmol(-)/L	VMP <sup>(1)</sup>
Ca <sup>2+</sup> CÁLCIO	8,7	0,43	-	Cl <sup>-</sup> CLORETO	51,0	1,44	250 mg/L
Mg <sup>2+</sup> MAGNÉSIO	1,5	0,13	-	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> SULFATO	2,5	0,05	250 mg/L
Na <sup>+</sup> SÓDIO	35,0	1,52	200 mg/L	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> NITRATO	13,7	0,22	-
K <sup>+</sup> POTÁSSIO	1,2	0,03	-	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> BICARBONATO	20,8	0,34	-

<sup>(1)</sup>VMP-Valores máximos permitidos para consumo humano ( Portaria 518 do Ministério da Saúde/2004)

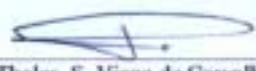
<sup>(2)</sup>Intervalo recomendado, Metodologia de análises: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 19th ed.1995.

<sup>(3)</sup>Unidade Hazen (mg Pt-Co/L)

<sup>(4)</sup>ND-Não detectado -Limite de detecção:Amônia em NH<sub>3</sub>,0,04mg/L.

**CONCLUSÃO:** Todos os parâmetros acima, estão dentro dos limites físicos-químicos de potabilidade de acordo com a Portaria 518/2004 do MS.

Recife, 20 de julho de 2005



Thales S. Viana de Carvalho  
Gerência Técnica  
CRQ 01403636

**BOLETIM DE ANÁLISE DE ÁGUA  
FÍSICO-QUÍMICA**

CERTIFICADO.....: 8.497/05  
 INTERESSADO.....: CPRM – COMPANHIA DE PESQUISAS DE RECURSOS MINERAIS  
 PROCEDÊNCIA.....: AV. LAURO SODRÉ, 2561 PORTO VELHO – RO  
 LOCAL DA COLETA....: R14  
 DATA DA COLETA.....: 05/07/2005  
 COLETADA.....: PELO INTERESSADO  
 CHEGADA.....: 12/07/2005

PARÂMETROS	RESULTADOS	VMP <sup>01</sup>
Cor Aparente	<5 uF <sup>02</sup>	15 uH
Odor	Não objetável -	Não objetável
Turbidez	0,94 uT	5 uT
Condutividade elétrica	182,7 µS/cm a 25° C	-
pH	5,5 -	6,0 – 9,5 <sup>03</sup>
Sólidos totais dissolvidos	81 mg/L	1.000 mg/L
Amônia em NH <sub>3</sub>	ND mg/L	1,5 mg/L NH <sub>3</sub>
Nitratos em N	7,60 mg/L	10 mg/L N
Alcalinidade de hidróxidos em CaCO <sub>3</sub>	0,0 mg/L	-
Alcalinidade de carbonatos em CaCO <sub>3</sub>	0,0 mg/L	-
Alcalinidade de bicarbonatos em CaCO <sub>3</sub>	10,0 mg/L	-
Alcalinidade total em CaCO <sub>3</sub>	10,0 mg/L	-
Dureza total em CaCO <sub>3</sub>	22,9 mg/L	500 mg/L
Ferro total	<0,06 mg/L	0,3 mg/L

**COMPOSIÇÃO IÔNICA PREDOMINANTE**

Cátions	mg/L	mmol(+)/L	VMP <sup>01</sup>	Ânions	mg/L	mmol(-)/L	VMP <sup>01</sup>
Ca <sup>2+</sup> CÁLCIO	4,6	0,23	-	Cl <sup>-</sup> CLOROÍDIO	27,0	0,76	250 mg/L
Mg <sup>2+</sup> MAGNÉSIO	2,8	0,23	-	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> SULFATO	6,5	0,13	250 mg/L
Na <sup>+</sup> SÓDIO	27,4	1,19	200 mg/L	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> NITRATO	33,6	0,54	-
K <sup>+</sup> POTÁSSIO	2,3	0,06	-	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> BICARBONATO	12,2	0,20	-

<sup>01</sup>VMP=Valores máximos permitidos para consumo humano ( Portaria 518 do Ministério da Saúde/2004)

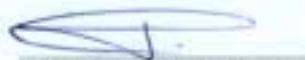
<sup>02</sup>Intervalo recomendado: Metodologia de análises: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 19th ed.1995.

<sup>03</sup>Unidade Haazen (mg Pt-Cu/L)

<sup>04</sup>ND=Não detectado - Limite de detecção: Amônia em NH<sub>3</sub>, 0,04mg/L.

**CONCLUSÃO:** Todos os parâmetros acima, estão dentro dos limites físico-químicos de potabilidade de acordo com a Portaria 518/2004 do MS.

Recife, 20 de julho de 2005



Thales S. Viana de Carvalho  
 Gerência Técnica  
 CRQ 01403636

**BOLETIM DE ANÁLISE DE ÁGUA  
FÍSICO-QUÍMICA**

CERTIFICADO.....: 8.498/05  
 INTERESSADO.....: CPRM - COMPANHIA DE PESQUISAS DE RECURSOS MINERAIS  
 PROCEDÊNCIA.....: AV. LAURO SODRÊ, 2561 PORTO VELHO - RO  
 LOCAL DA COLETA....: R15  
 DATA DA COLETA.....: 05/07/2005  
 COLETADA.....: PELO INTERESSADO  
 CHEGADA.....: 12/07/2005

PARÂMETROS	RESULTADOS	VMP <sup>01</sup>
Cor Aparente	<5 uF <sup>02</sup>	15 uF
Odor	Não objetável -	Não objetável
Turbidez	0,96 uT	5 uT
Condutividade elétrica	233,0 µS/cm a 25° C	-
pH	5,0 -	6,0 - 9,5 <sup>03</sup>
Sólidos totais dissolvidos	92 mg/L	1.000 mg/L
Amônia em NH <sub>3</sub>	ND mg/L	1,5 mg/L NH <sub>3</sub>
Nitratos em N	3,20 mg/L	10 mg/L N
Alcalinidade de hidróxidos em CaCO <sub>3</sub>	0,0 mg/L	-
Alcalinidade de carbonatos em CaCO <sub>3</sub>	0,0 mg/L	-
Alcalinidade de bicarbonatos em CaCO <sub>3</sub>	8,0 mg/L	-
Alcalinidade total em CaCO <sub>3</sub>	8,0 mg/L	-
Dureza total em CaCO <sub>3</sub>	21,7 mg/L	500 mg/L
Ferro total	<0,06 mg/L	0,3 mg/L

**COMPOSIÇÃO IÔNICA PREDOMINANTE**

Cátions	mg/L	mmol(+)/L	VMP <sup>01</sup>	Ânions	mg/L	mmol(-)/L	VMP <sup>01</sup>
Ca <sup>2+</sup> CÁLCIO	4,1	0,20	-	Cl <sup>-</sup> CLORETO	39,5	1,11	250 mg/L
Mg <sup>2+</sup> MAGNÉSIO	2,8	0,23	-	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> SULFATO	5,1	0,11	250 mg/L
Na <sup>+</sup> SÓDIO	26,0	1,13	200 mg/L	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> NITRATO	14,2	0,23	-
K <sup>+</sup> POTÁSSIO	6,6	0,17	-	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> BICARBONATO	9,8	0,16	-

<sup>01</sup>VMP: Valores máximos permitidos para consumo humano ( Portaria 518 do Ministério da Saúde/2004)

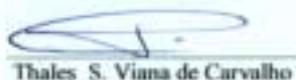
<sup>02</sup>Intervalo recomendado, Metodologia de análises: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 19th ed.1995.

<sup>03</sup>Unidade Haem (mg P-Cu/L)

<sup>04</sup>ND= Não detectado - Limite de detecção: Amônia em NH<sub>3</sub>, 0,04mg/L.

**CONCLUSÃO:** Todos os parâmetros acima, estão dentro dos limites físico-químicos de potabilidade de acordo com a Portaria 518/2004 do MS.

Recife, 20 de julho de 2005



Thales S. Viana de Carvalho

Gerência Técnica  
CRQ 01403636

**BOLETIM DE ANÁLISE DE ÁGUA  
FÍSICO-QUÍMICA**

CERTIFICADO.....: 8.499/05  
 INTERESSADO.....: CPRM – COMPANHIA DE PESQUISAS DE RECURSOS MINERAIS  
 PROCEDÊNCIA.....: AV. LAURO SODRÉ, 2561 PORTO VELHO - RO  
 LOCAL DA COLETA....: R16  
 DATA DA COLETA....: 05/07/2005  
 COLETADA.....: PELO INTERESSADO  
 CHEGADA.....: 12/07/2005

PARÂMETROS	RESULTADOS	VMP <sup>01</sup>
Cor Aparente	<5 uF <sup>02</sup>	15 uF
Odor	Não objetável -	Não objetável
Turbidez	0,93 uT	5 uT
Condutividade elétrica	75,2 µS/cm a 25° C	-
pH	5,3 -	6,0 - 9,5 <sup>02</sup>
Sólidos totais dissolvidos	31 mg/L	1.000 mg/L
Amônia em NH <sub>3</sub>	ND mg/L	1,5 mg/L NH <sub>3</sub>
Nitratos em N	3,30 mg/L	10 mg/L N
Alcalinidade de hidróxidos em CaCO <sub>3</sub>	0,0 mg/L	-
Alcalinidade de carbonatos em CaCO <sub>3</sub>	0,0 mg/L	-
Alcalinidade de bicarbonatos em CaCO <sub>3</sub>	6,0 mg/L	-
Alcalinidade total em CaCO <sub>3</sub>	6,0 mg/L	-
Dureza total em CaCO <sub>3</sub>	10,8 mg/L	500 mg/L
Ferro total	0,06 mg/L	0,3 mg/L

**COMPOSIÇÃO IÔNICA PREDOMINANTE**

Cátions	mg/L	mmol(+)/L	VMP <sup>03</sup>	Ânions	mg/L	mmol(-)/L	VMP <sup>03</sup>
Ca <sup>2+</sup> CÁLCIO	2,8	0,14	-	Cl <sup>-</sup> CLORETO	9,3	0,26	250 mg/L
Mg <sup>2+</sup> MAGNÉSIO	0,9	0,08	-	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> SULFATO	0,6	0,01	250 mg/L
Na <sup>+</sup> NÁTRIO	10,6	0,46	200 mg/L	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> NITRATO	14,6	0,24	-
K <sup>+</sup> POTÁSSIO	0,4	0,01	-	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> BICARBONATO	7,3	0,12	-

<sup>01</sup>VMP-Valores máximos permitidos para consumo humano ( Portaria 518 de Ministério da Saúde/2004)

<sup>02</sup>Intervalo recomendado, Metodologia de análises: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 19th ed.1995.

<sup>03</sup>Unidade Hazen (mg Pt-Cu/L)

<sup>04</sup>ND-Não detectado - Limite de detecção:Amônia em NH<sub>3</sub>,0,04mg/L.

**CONCLUSÃO:** Todos os parâmetros acima, estão dentro dos limites físico-químicos de potabilidade de acordo com a Portaria 518/2004 do MS.

Recife, 20 de julho de 2005



Thaless S. Viana de Carvalho

Gerência Técnica  
CRQ 01403636

**BOLETIM DE ANÁLISE DE ÁGUA  
FÍSICO-QUÍMICA**

CERTIFICADO.....: 8.500/05  
 INTERESSADO.....: CPRM - COMPANHIA DE PESQUISAS DE RECURSOS MINERAIS  
 PROCEDÊNCIA.....: AV. LAURO SODRÉ, 2561 PORTO VELHO - RO  
 LOCAL DA COLETA...: R17  
 DATA DA COLETA....: 05/07/2005  
 COLETADA.....: PELO INTERESSADO  
 CHEGADA.....: 12/07/2005

PARÂMETROS	RESULTADOS	VMP <sup>01</sup>
Cor Aparente	<5 uF <sup>02</sup>	15 uF
Odor	Não objetável -	Não objetável
Turbidez	0,92 uT	5 uT
Condutividade elétrica	116,8 µS/cm a 25° C	-
pH	4,8 -	6,0 - 9,5 <sup>03</sup>
Sólidos totais dissolvidos	51 mg/L	1.000 mg/L
Amônia em NH <sub>3</sub>	ND mg/L	1,5 mg/L NH <sub>3</sub>
Nitratos em N	5,50 mg/L	10 mg/L N
Alcalinidade de hidróxidos em CaCO <sub>3</sub>	0,0 mg/L	-
Alcalinidade de carbonatos em CaCO <sub>3</sub>	0,0 mg/L	-
Alcalinidade de bicarbonatos em CaCO <sub>3</sub>	6,0 mg/L	-
Alcalinidade total em CaCO <sub>3</sub>	6,0 mg/L	-
Dureza total em CaCO <sub>3</sub>	14,0 mg/L	500 mg/L
Ferro total	0,06 mg/L	0,3 mg/L

**COMPOSIÇÃO IÔNICA PREDOMINANTE**

Cátions	mg/L	mmol(+)/L	VMP <sup>01</sup>	Ânions	mg/L	mmol(-)/L	VMP <sup>01</sup>
Ca <sup>2+</sup> CÁLCIO	2,6	0,13	-	Cl <sup>-</sup> CLORÍDO	19,8	0,56	250 mg/L
Mg <sup>2+</sup> MAGNÉSIO	1,9	0,15	-	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> SULFATO	0,0	0,00	250 mg/L
Na <sup>+</sup> SÓDIO	18,9	0,82	200 mg/L	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> NITRATO	24,3	0,39	-
K <sup>+</sup> POTÁSSIO	1,6	0,04	-	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> BICARBONATO	7,3	0,12	-

<sup>01</sup>VMP: Valores máximos permitidos para consumo humano ( Portaria 518 de Ministério da Saúde/2004)

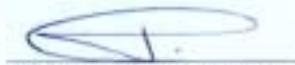
<sup>02</sup>Intervalo recomendado, Metodologia de análises: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 19th ed.1995.

<sup>03</sup>Unidade Hazen (mg Pt-Cu/L)

<sup>04</sup>ND=Não detectado - Limite de detecção: Amônia em NH<sub>3</sub>, 0,04mg/L.

**CONCLUSÃO:** Todos os parâmetros acima, estão dentro dos limites físico-químicos de potabilidade de acordo com a Portaria 518/2004 do MS.

Recife, 20 de julho de 2005



Thales S. Viana de Carvalho  
 Gerência Técnica  
 CRQ 01403636

**BOLETIM DE ANÁLISE DE ÁGUA  
FÍSICO-QUÍMICA**

CERTIFICADO.....: 8.501/05  
 INTERESSADO.....: CPRM – COMPANHIA DE PESQUISAS DE RECURSOS MINERAIS  
 PROCEDÊNCIA.....: AV. LAURO SODRÉ, 2561 PORTO VELHO - RO  
 LOCAL DA COLETA....: R18  
 DATA DA COLETA.....: 05/07/2005  
 COLETADA.....: PELO INTERESSADO  
 CHEGADA.....: 12/07/2005

PARÂMETROS	RESULTADOS	VMP <sup>01</sup>
Cor Aparente	<5 uF <sup>02</sup>	15 uF
Odor	Não objetável -	Não objetável
Turbidez	1,13 uT	5 uT
Condutividade elétrica	216,0 µS/cm a 25° C	-
pH	7,0 -	6,0 – 9,5 <sup>03</sup>
Sólidos totais dissolvidos	125 mg/L	1.000 mg/L
Amônia em NH <sub>3</sub>	ND mg/L	1,5 mg/L NH <sub>3</sub>
Nitratos em N	4,20 mg/L	10 mg/L N
Alcalinidade de hidróxidos em CaCO <sub>3</sub>	0,0 mg/L	-
Alcalinidade de carbonatos em CaCO <sub>3</sub>	0,0 mg/L	-
Alcalinidade de bicarbonatos em CaCO <sub>3</sub>	51,1 mg/L	-
Alcalinidade total em CaCO <sub>3</sub>	51,1 mg/L	-
Dureza total em CaCO <sub>3</sub>	54,8 mg/L	500 mg/L
Ferro total	0,06 mg/L	0,3 mg/L

**COMPOSIÇÃO IÔNICA PREDOMINANTE**

Cátions	mg/L	mmol(+)/L	VMP <sup>01</sup>	Ânions	mg/L	mmol(-)/L	VMP <sup>01</sup>
Ca <sup>2+</sup> CÁLCIO	20,4	1,02	-	Cl <sup>-</sup> CLOROÍDIO	21,3	0,60	250 mg/L
Mg <sup>2+</sup> MAGNÉSIO	0,9	0,08	-	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> SULFATO	5,1	0,11	250 mg/L
Na <sup>+</sup> SÓDIO	23,0	1,00	200 mg/L	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> NITRATO	18,6	0,30	-
K <sup>+</sup> POTÁSSIO	1,6	0,04	-	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> BICARBONATO	62,3	1,02	-

<sup>01</sup>VMP=Valores máximos permitidos para consumo humano ( Portaria 518 do Ministério da Saúde/2004)

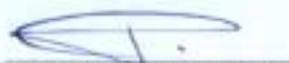
<sup>02</sup>Intervalo recomendado, Metodologia de análises: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 19th ed.1995.

<sup>03</sup>Unidade Hazen (mg Pt-Co/L)

<sup>04</sup>ND=Não detectado - Limite de detecção: Amônia em NH<sub>3</sub>, 0,04mg/L.

**CONCLUSÃO:** Todos os parâmetros acima, estão dentro dos limites físico-químicos de potabilidade de acordo com a Portaria 518/2004 do MS.

Recife, 20 de julho de 2005



Thales S. Viana de Carvalho  
 Gerência Técnica  
 CRQ 01403636

**BOLETIM DE ANÁLISE DE ÁGUA  
FÍSICO-QUÍMICA**

CERTIFICADO.....: 8.502/05  
 INTERESSADO.....: CPRM – COMPANHIA DE PESQUISAS DE RECURSOS MINERAIS  
 PROCEDÊNCIA.....: AV. LAURO SODRÉ, 2561 PORTO VELHO - RO  
 LOCAL DA COLETA....: R19  
 DATA DA COLETA.....: 05/07/2005  
 COLETADA.....: PELO INTERESSADO  
 CHEGADA.....: 12/07/2005

PARÂMETROS	RESULTADOS	VMP <sup>01</sup>
Cor Aparente	<5 uF <sup>02</sup>	15 uF
Odor	Não objetível -	Não objetível
Turbidez	0,92 uT	5 uT
Condutividade elétrica	118,6 µS/cm a 25° C	-
pH	5,7 -	6,0 – 9,5 <sup>03</sup>
Sólidos totais dissolvidos	57 mg/L	1.000 mg/L
Amônia em NH <sub>3</sub>	ND mg/L	1,5 mg/L NH <sub>3</sub>
Nitratos em N	4,40 mg/L	10 mg/L N
Alcalinidade de hidróxidos em CaCO <sub>3</sub>	0,0 mg/L	-
Alcalinidade de carbonatos em CaCO <sub>3</sub>	0,0 mg/L	-
Alcalinidade de bicarbonatos em CaCO <sub>3</sub>	8,0 mg/L	-
Alcalinidade total em CaCO <sub>3</sub>	8,0 mg/L	-
Dureza total em CaCO <sub>3</sub>	15,3 mg/L	500 mg/L
Ferro total	0,06 mg/L	0,3 mg/L

**COMPOSIÇÃO IÔNICA PREDOMINANTE**

Cátions	mg/L	mmol(+)/L	VMP <sup>01</sup>	Ânions	mg/L	mmol(-)/L	VMP <sup>01</sup>
Ca <sup>2+</sup> CÁLCIO	3,1	0,15	-	Cl <sup>-</sup> CLORETO	19,0	0,54	250 mg/L
Mg <sup>2+</sup> MAGNÉSIO	1,9	0,15	-	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> SULFATO	5,1	0,11	250 mg/L
Na <sup>+</sup> SÓDIO	18,9	0,82	200 mg/L	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> NITRATO	19,5	0,31	-
K <sup>+</sup> POTÁSSIO	1,2	0,03	-	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> BICARBONATO	9,8	0,16	-

<sup>01</sup>VMP=Valores máximos permitidos para consumo humano ( Portaria 518 do Ministério da Saúde/2004)

<sup>02</sup>Intervalo recomendado: Metodologia de análises: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 19th ed 1995.

<sup>03</sup>Unidade: litro (mg P-Ca/L)

<sup>04</sup>ND= Não detectado - Limite de detecção: Amônia em NH<sub>3</sub>, 0,04mg/L.

**CONCLUSÃO:** Todos os parâmetros acima, estão dentro dos limites físico-químicos de potabilidade de acordo com a Portaria 518/2004 do MS.

Recife, 20 de julho de 2005



Thales S. Viana de Carvalho  
 Gerência Técnica  
 CRQ 01403636

**BOLETIM DE ANÁLISE DE ÁGUA  
FÍSICO-QUÍMICA**

CERTIFICADO.....: 8.503/05  
 INTERESSADO.....: CPRM – COMPANHIA DE PESQUISAS DE RECURSOS MINERAIS  
 PROCEDÊNCIA.....: AV. LAURO SODRÊ, 2561 PORTO VELHO - RO  
 LOCAL DA COLETA....: R20  
 DATA DA COLETA.....: 05/07/2005  
 COLETADA.....: PELO INTERESSADO  
 CHEGADA.....: 12/07/2005

PARÂMETROS	RESULTADOS	VMP <sup>01</sup>
Cor Aparente	<5 uF <sup>02</sup>	15 uF
Odor	Não objetável -	Não objetável
Turbidez	1,00 uT	5 uT
Condutividade elétrica	61,8 µS/cm a 25° C	-
pH	5,4 -	6,0 – 9,5 <sup>03</sup>
Sólidos totais dissolvidos	26 mg/L	1.000 mg/L
Amônia em NH <sub>3</sub>	ND mg/L	1,5 mg/L NH <sub>3</sub>
Nitratos em N	2,53 mg/L	10 mg/L N
Alcalinidade de hidróxidos em CaCO <sub>3</sub>	0,0 mg/L	-
Alcalinidade de carbonatos em CaCO <sub>3</sub>	0,0 mg/L	-
Alcalinidade de bicarbonatos em CaCO <sub>3</sub>	6,0 mg/L	-
Alcalinidade total em CaCO <sub>3</sub>	6,0 mg/L	-
Dureza total em CaCO <sub>3</sub>	7,6 mg/L	500 mg/L
Ferro total	0,12 mg/L	0,3 mg/L

**COMPOSIÇÃO IÔNICA PREDOMINANTE**

Cátions	mg/L	mmol(+)/L	VMP <sup>01</sup>	Ânions	mg/L	mmol(-)/L	VMP <sup>01</sup>
Ca <sup>2+</sup> CÁLCIO	1,5	0,08	-	Cl <sup>-</sup> CLORETO	7,5	0,21	250 mg/L
Mg <sup>2+</sup> MAGNÉSIO	0,9	0,08	-	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> SULFATO	0,0	0,00	250 mg/L
Na <sup>+</sup> SÓDIO	7,8	0,34	200 mg/L	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> NITRATO	11,2	0,18	-
K <sup>+</sup> POTÁSSIO	1,6	0,04	-	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> BICARBONATO	7,3	0,12	-

<sup>01</sup>VMP-Valores máximos permitidos para consumo humano ( Portaria 518 do Ministério da Saúde/2004)

<sup>02</sup>Intervalo recomendado, Metodologia de análises: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 19th ed.1995.

<sup>03</sup>Unidade Hazen (mg Pt-Co/L)

<sup>04</sup>ND- Não detectado - Limite de detecção: Amônia em NH<sub>3</sub>,0,04mg/L.

**CONCLUSÃO:** Todos os parâmetros acima, estão dentro dos limites físico-químicos de potabilidade de acordo com a Portaria 518/2004 do MS.

Recife, 20 de julho de 2005



Thales S. Viana de Carvalho  
 Gerência Técnica  
 CRQ 01403636