

# Água

# Sabendo usar não vai faltar.



## **PLANO DIRETOR DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARÁ**

**ALTO RIO SÃO FRANCISCO  
Minas Gerais**

### **ETAPA 2 - CARACTERIZAÇÃO DO MEIO FÍSICO**



**CODEVASF**

Programa de Revitalização do Rio São Francisco



**CBH-Pará**

Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Pará



DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARÁ

## **PLANO DIRETOR DA BACIA HIDROGRAFICA DO RIO PARÁ**

### **COORDENAÇÃO**

#### **ASSOCIAÇÃO DE USUÁRIOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARÁ**

##### **Coordenadora Geral**

Regina Greco – Presidente da Associação de Usuários da Bacia Hidrográfica do Rio Pará

#### **EMPRESA CONSULTORA – TESE TECNOLOGIA EM SISTEMAS ESPACIAIS LTDA.**

##### **Coordenadora Geral**

Mirna Cortopassi Lobo – Arquiteta Urbanista

##### **Coordenadora Técnica**

Cecile Miers – Arquiteta Urbanista

### **REFERÊNCIA**

Prestação de Serviços Tomada de Preço nº 01/2006  
Processo Licitatório nº 02/2006  
**Contrato nº 04/2006**  
Convênio nº 1 93 05 0038-00 CODEFASF  
1ª Superintendência Regional – Sede Montes Claros

### **EQUIPE TÉCNICA**

#### **TESE TECNOLOGIA EM SISTEMAS ESPACIAIS LTDA.**

##### **Geoprocessamento**

Maria Lúcia Lopes – Arquiteta e Urbanista

Robinson Brandão Vieira – Técnico em Geoprocessamento

##### **Informação**

Alessandra Chollet Moreira – Arquiteta Urbanista

Andrezza Pimentel – Arquiteta Urbanista

Eneida Kuchpil – Arquiteta Urbanista

##### **Recursos Hídricos**

Luiz Vasconcelos da Silva Filho – Mestrando em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental

##### **Cartografia**

Rodrigo Rocha Capel – Engenheiro Cartográfico

##### **Processamento de Dados**

Jonatas Gabriel Arndt – Analista de Sistemas

##### **Programação Visual**

Maria Lúcia Lopes – Arquiteta Urbanista

##### **Levantamento de Campo**

Marcello Cardoso de Moraes – Mobilizador Comunitário

##### **Administrativo**

Denison Barcik Alves – Administrador

### **Turismo**

Ana Carolina Rehme Siqueira – Turismóloga

### **Apoio**

Lincoln José Pereira – Logística

### **Consultores**

#### **Consultoria Sênior em Hidrologia**

Prof. Cristovão Vicente Scapulatempo Fernandes – Engenheiro Civil – Mestre em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental – Doutor em Engenharia Civil e Ambiental.

#### **Consultores Associados em Hidrologia**

Fernando Weigert Machado – Engenheiro Civil – Mestre em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental

Nicolás Lopardo – Engenheiro Civil – Mestre em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental.

#### **Consultoria em Hidrogeologia e Águas Subterrâneas:**

Prof. Sandro Jose Briski – Geógrafo – Mestre em Geologia Ambiental e Doutorando em Geomorfologia-Geoquímica.

#### **Consultor Sênior em Solos**

Prof. Gláucio Roloff – Engenheiro Agrônomo – Mestre em Agronomia – Doutor em Ciência dos Solos – Pós-Doutor em Modelagem Ambiental

#### **Consultor em Geologia**

Prof. Helder de Godoy – Geólogo – Doutor em Geotecnia e Solos – Pós-Doutor em Geologia.

#### **Consultores em Turismo**

Ronaldo Ferreira Maganhotto – Turismólogo – Especialista em Análise Ambiental – Mestre em Geografia.

Marcos Antonio Miara – Turismólogo – Especialista em Geoprocessamento – Mestre em Geografia.

Diogo Lourdes Fernandes – Turismólogo – Mestre em Turismo.

### **ASSOCIAÇÃO DE USUÁRIOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARÁ**

#### **Presidente**

Regina Greco

#### **Apoio Administrativo**

Patrícia Rattton – Mestre em Química

#### **Apoio em Geoprocessamento**

Moisés Júnio da Silveira – Graduando em Química

#### **Parceiro Executivo – IGAM- Instituto Mineiro de Gestão das Águas**

##### **Coordenação**

Luiza de Marillac Moreira Camargos – Diretora de Gestão de Recursos Hídricos

Célia Maria Brandão Fróes – Gerência de Planejamento de Recursos Hídricos

##### **Equipe Técnica**

Célia Maria Brandão Fróes – Engenheira Química e mestranda em Administração Pública

Cristiane Fernanda da Silva – Engenheira Civil e mestranda em Engenharia Sanitária

Janaína de Andrade Evangelista – Engenheira Civil e especialista em Engenharia Sanitária

Lílian Márcia Domingues – Geógrafa

Robson Rodrigues dos Santos – Geógrafo e especialista em Educação Ambiental

Rodrigo Antonio Di Lorenzo Mundim – Geógrafo e especialista em Geoprocessamento  
Rodolfo Carvalho Salgado Penido – Engenheiro Civil e mestrando em Engenharia Sanitária

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARÁ

**Presidente**

Flávio Lucas Greco Santos

**Câmara Técnica de Acompanhamento de Projetos do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Pará**

Membros – Representantes dos Órgãos:

1. IGAM – Instituto Mineiro de Gestão das Águas
2. IMA – Instituto Mineiro de Agropecuária
3. CEMIG – Companhia Energética de Minas Gerais
4. COPASA – Companhia de Saneamento de Minas Gerais
5. Corpo de Bombeiros – Polícia Militar de Minas Gerais
6. IEF – Instituto Estadual de Florestas
7. SESAM – Serviço de Saneamento Ambiental Municipal de Carmópolis de Minas
8. Cooperativa dos Suinocultores Paraminenses Ltda. – COSUIPAM
9. ASCINDI – Associação Comercial, Industrial, Agropecuária e de Serviços de Itaúna
10. CREA – Conselho Regional de Engenharia e Agronomia
11. Cooperativas Agrícolas
12. FADOM – Faculdades Integradas do Oeste de Minas

## ETAPA 2 – CARACTERIZAÇÃO DO MEIO FÍSICO

## SUMÁRIO

<b>ETAPA 2 – CARACTERIZAÇÃO DO MEIO FÍSICO .....</b>	<b>IV</b>
<b>SUMÁRIO .....</b>	<b>V</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>V</b>
<b>ÍNDICE DE TABELAS .....</b>	<b>VI</b>
<b>I INTRODUÇÃO .....</b>	<b>VIII</b>
<b>II OBJETIVOS DO PLANO DIRETOR DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARÁ.....</b>	<b>X</b>
<b>III ESTRATÉGIA OPERACIONAL – ASPECTOS METODOLÓGICOS .....</b>	<b>X</b>
<b>2 CARACTERIZAÇÃO DO MEIO FÍSICO.....</b>	<b>1</b>
2.1 CLIMA .....	3
2.1.1 <i>Levantamento dos Dados</i> .....	4
2.1.1.1 Temperatura .....	9
2.1.1.2 Pluviometria .....	17
2.1.1.3 Umidade Relativa .....	22
2.1.1.4 Insolação.....	25
2.1.1.5 Albedo .....	28
2.2 COBERTURA VEGETAL – VEGETAÇÃO.....	36
2.2.1 <i>Análise da Cobertura Vegetal – 2003 e 2005 e 2007</i> .....	44
2.2.1.1 Cerrado .....	47
2.2.1.2 Campos.....	49
2.2.1.3 Cerrado Sentido Restrito .....	50
2.2.1.4 Floresta Semidecidual .....	51
2.3 GEOLOGIA .....	52
2.3.1 <i>Distribuição Espacial das Unidades Geológicas</i> .....	53
2.3.2 <i>Aqüíferos</i> .....	57
2.3.3 <i>Geologia Econômica</i> .....	59
2.4 GEOMORFOLOGIA.....	71
2.5 SOLOS .....	79
2.5.1 <i>Pedologia</i> .....	79
2.5.1.1 Solos Aluviais .....	81
2.5.1.2 Cambissolos .....	81
2.5.1.3 Latossolos.....	81
2.5.1.4 Solos Podzólicos.....	81
2.5.1.5 Solos Litólicos.....	81
2.5.2 <i>Aptidão Agrícola das Terras</i> .....	85
<b>ANEXO 1 – FIGURAS .....</b>	<b>92</b>
<b>ANEXO 2 – TABELAS.....</b>	<b>92</b>
<b>ANEXO 3 – SHAPEFILES .....</b>	<b>92</b>
<b>ANEXO 7 – DADOS SOBRE O CLIMA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARÁ (DADOS ORIGINAIS E PROCESSADOS) .....</b>	<b>92</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>93</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 – MAPA DOS LIMITES ADMINISTRATIVOS DOS MUNICÍPIOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARÁ. ....	2
FIGURA 2 – MAPEAMENTO DA TIPOLOGIA CLIMÁTICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARÁ. ....	4
FIGURA 3 – ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO FORNECIDAS PELO INMET. ....	7
FIGURA 4 – ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO SELECIONADAS DA HIDROWEB. ....	8
FIGURA 5 – MAPA DE TEMPERATURA MÁXIMA ANUAL, COM ISOLINHAS E ESTAÇÕES DE COLETA DE DADOS, OBTIDO PELA INTERPOLAÇÃO ESPACIAL. ....	14
FIGURA 6 – MAPA DE TEMPERATURA MÉDIA ANUAL, COM ISOLINHAS E ESTAÇÕES DE COLETA DE DADOS, OBTIDO PELA INTERPOLAÇÃO ESPACIAL. ....	15

FIGURA 7 – MAPA DE TEMPERATURA MÍNIMA ANUAL, COM ISOLINHAS E ESTAÇÕES DE COLETA DE DADOS, OBTIDO PELA INTERPOLAÇÃO ESPACIAL.....	16
FIGURA 8 – MAPA DE PRECIPITAÇÃO MÉDIA ANUAL, COM ISOLINHAS E ESTAÇÕES DE COLETA DE DADOS, OBTIDO PELA INTERPOLAÇÃO ESPACIAL.....	21
FIGURA 9 – MAPA DE UMIDADE RELATIVA MÉDIA ANUAL, COM ISOLINHAS E ESTAÇÕES DE COLETA DE DADOS, OBTIDO PELA INTERPOLAÇÃO ESPACIAL.....	24
FIGURA 10 – MAPA DE INSOLAÇÃO MÉDIA ANUAL, COM ISOLINHAS E ESTAÇÕES DE COLETA DE DADOS, OBTIDO PELA INTERPOLAÇÃO ESPACIAL.....	27
FIGURA 11 – ALBEDÔMETRO .....	28
FIGURA 12 – EXEMPLO DE DISTRIBUIÇÃO DA FUNÇÃO DA REFLECTÂNCIA BIDIRECIONAL (BDRF) /ALBEDO, OBTIDO PELO SENSOR MODIS.....	29
FIGURA 13 – EXEMPLO DE DISTRIBUIÇÃO DA FUNÇÃO DA REFLECTÂNCIA BIDIRECIONAL (BDRF) /ALBEDO, OBTIDO PELO SENSOR MODIS.....	30
FIGURA 14 – FATORES DE CORREÇÃO POR BANDA E ESQUEMA DE CÁLCULO DO ALBEDO DE SUPERFÍCIE.....	30
FIGURA 15 – IMAGEM DE SATÉLITE DO SENSOR MODIS, DE DEZEMBRO DE 2006.....	32
FIGURA 16 – MAPA DE ALBEDO, DE JUNHO DE 2006.....	33
FIGURA 17 – MAPA DE ALBEDO, DE DEZEMBRO DE 2006.....	34
FIGURA 18 – MAPA DE ALBEDO, DE ABRIL DE 2007.....	35
FIGURA 19 – MAPA DE USO DO SOLO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARÁ (2001).....	37
FIGURA 20 – MAPA DE COBERTURA VEGETAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARÁ DE 2003.....	39
FIGURA 21 – MAPA DE COBERTURA VEGETAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARÁ DE 2005.....	40
FIGURA 22 – MAPA DE COBERTURA VEGETAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARÁ DE 2007.....	41
FIGURA 23 – CROQUI ILUSTRATIVO DAS CENAS ADQUIRIDAS DO SENSOR CBERS-2, CONTENDO A ÓRBITA E O PONTO DE CADA CENA.....	42
FIGURA 24 – IMAGEM SATÉLITE CBERS (2006).....	43
FIGURA 25 – GRÁFICO ILUSTRATIVO DA DISTRIBUIÇÃO DAS CLASSES DE COBERTURA VEGETAL NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARÁ NOS ANOS DE 2003, 2005 E 2007.....	45
FIGURA 26 – MAPA GEOLÓGICO.....	54
FIGURA 27 – PRINCIPAIS SISTEMAS AQUÍFEROS EXISTENTES NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARÁ.....	58
FIGURA 28 – FASES DA EXTRAÇÃO MINERAL NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARÁ (2007).....	61
FIGURA 29 – EXPLORAÇÃO DE ÁGUA MINERAL NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARÁ.....	63
FIGURA 30 – EXPLORAÇÃO DE GRANITO E GNAISSE NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARÁ.....	64
FIGURA 31 – EXPLORAÇÃO DE METAIS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARÁ.....	65
FIGURA 32 – EXPLORAÇÃO DE DIAMANTES NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARÁ.....	66
FIGURA 33 – EXPLORAÇÃO DE AGALMATOLITO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARÁ.....	67
FIGURA 34 – EXPLORAÇÃO DE QUARTZO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARÁ.....	68
FIGURA 35 – EXPLORAÇÃO DE AREIA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARÁ.....	69
FIGURA 36 – EXPLORAÇÃO DE ARGILA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARÁ.....	70
FIGURA 37 – CARTAS GEORREFERENCIADAS (AMBIENTE ERDAS IMAGINE).....	71
FIGURA 38 – CARTAS RECORTADAS E GEORREFERENCIADAS PRONTAS PARA SEREM VETORIZADAS (AMBIENTE CAD).....	72
FIGURA 39 – EXEMPLO DE PROBLEMA DE VISUALIZAÇÃO OCORRIDO APÓS RASTERIZAÇÃO.....	72
FIGURA 40 – FEIÇÕES INTERROMPIDAS ABRUPTAMENTE NA EMENDA DAS CARTAS.....	73
FIGURA 41 – FEIÇÕES CONTÍNUAS, PORÉM NÃO COINCIDENTES.....	73
FIGURA 42 – RESULTADO DOS SERVIÇOS DE VETORIZAÇÃO DAS UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS A PARTIR DAS CARTAS FORNECIDAS PELO CETEC.....	74
FIGURA 43 – FEIÇÕES (SIGLAS) CHAVEADAS (AMBIENTE CAD).....	75
FIGURA 44 – MAPA DE GEOMORFOLOGIA PRELIMINAR.....	76
FIGURA 45 – MDT DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARÁ.....	78
FIGURA 46 – MAPA DE COBERTURA PEDOLÓGICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARÁ.....	80
FIGURA 47 – MAPA DE APTIDÃO AGRÍCOLA DAS TERRAS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARÁ.....	88

## INDICE DE TABELAS

TABELA 1 – RELAÇÃO DOS MUNICÍPIOS E PERCENTUAL DE SUA ÁREA TOTAL INSERIDA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARÁ.....	1
TABELA 2 – CARACTERÍSTICAS DAS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO FORNECIDAS PELO INMET.....	5
TABELA 3 – CARACTERÍSTICAS DAS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO SELECIONADAS DA HIDROWEB.....	5
TABELA 4 – ESTAÇÕES DE COLETA DO INMET COM AS RESPECTIVAS MÉDIAS ANUAIS DE TEMPERATURA MÍNIMA, MÉDIA E MÁXIMA, PARA O ERÍODO DE 1995 A 2005.....	9

TABELA 5 – ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS CONSIDERADAS PARA OS CÁLCULOS DE PLUVIOMETRIA.....	17
TABELA 6 – ESTAÇÕES DE COLETA COM AS RESPECTIVAS MÉDIAS ANUAIS DE PRECIPITAÇÃO ACUMULADA NO PERÍODO DE 1995 A 2005.....	18
TABELA 7 – ESTAÇÕES DE COLETA COM AS RESPECTIVAS MÉDIAS ANUAIS DE UMIDADE RELATIVA NO PERÍODO DE 1995 A 2005.....	22
TABELA 8 – ESTAÇÕES DE COLETA COM AS RESPECTIVAS MÉDIAS ANUAIS DE INSOLAÇÃO NO PERÍODO DE 1995 A 2005.....	25
TABELA 9 – VALORES DE ALBEDO PARA ALGUMAS SUPERFÍCIES.....	28
TABELA 10 - COMPARAÇÃO ENTRE AS LEGENDAS PADRÕES ADOTADAS PELO IEF EM 2001, 2003, 2005 E 2007.....	36
TABELA 11 – CLASSES DE COBERTURA VEGETAL COM AS RESPECTIVAS ÁREAS ABSOLUTAS E PERCENTUAIS – ANOS 2003, 2005 E 2007.....	44
TABELA 12 – TIPOS GEOLÓGICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARÁ.....	55
TABELA 13 – PERCENTUAL DOS TIPOS DE SOLOS PRESENTES NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARÁ.....	79
TABELA 14 – TIPOS DE SOLOS EXISTENTES NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARÁ E SUAS DESCRIÇÕES TÉCNICAS.....	82
TABELA 15 – GRUPOS DE APTIDÃO AGRÍCOLA DAS TERRAS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARÁ E SUAS DESCRIÇÕES TÉCNICAS.....	89

## I INTRODUÇÃO

O Plano Diretor da Bacia Hidrográfica do Rio Pará foi contratado pela Associação de Usuários da Bacia Hidrográfica do Rio Pará, com recursos advindos do Convênio Nº. 1.93.05.0038-00 CODEVASF – 1ª Superintendência Regional – Sede – Montes Claros – Minas Gerais através Processo Licitatório Nº 02 / 2006, Tomada de Preços 001/2006 através da qual foi contratada a empresa Tese Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda., vencedora do certame.

A Coordenação Executiva da elaboração do Plano Diretor da Bacia Hidrográfica do Rio Pará é de responsabilidade da Associação de Usuários da Bacia Hidrográfica do Rio Pará e do IGAM – Instituto Mineiro de Gestão das Águas, da Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável, em perfeita sinergia com a empresa Tese Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

O desenvolvimento do Plano Diretor da Bacia Hidrográfica do Rio Pará – Alto São Francisco, tem como objetivo geral estabelecer metas estratégicas e instrumentos de gestão com vistas ao desenvolvimento sustentado da região. Ali aprimora e detalha o Plano Diretor Rio São Francisco, seu escopo maior de contextualização.

Os Planos Diretores de Recursos Hídricos são instrumentos estratégicos que se consolidam através dos Sistemas de Gerenciamento dos Recursos Hídricos. Constituem-se em diretrizes que visam fundamentar e orientar a implementação da Política de Recursos Hídricos em bacias hidrográficas.

Os Planos Diretores de Recursos Hídricos são também referenciais para os instrumentos técnicos de gestão, cuja aprovação se insere no escopo decisório do Comitê da Bacia Hidrográfica, mesclando-se, nesse processo, o fator técnico e o fator político, nos moldes de um gerenciamento participativo e integrado.

O Plano Diretor da Bacia Hidrográfica do Rio Pará foi elaborado segundo itemização constante no Termo de Referência, parte integrante do Edital de Licitação do Processo Licitatório mencionado.

Todas as propostas do Plano Diretor da Bacia Hidrográfica do Rio Pará serão submetidas à população local via audiências públicas, adotando-se o mesmo procedimento para legitimação final das propostas constantes no documento definitivo.

Ressalte-se o papel do Plano Diretor da Bacia Hidrográfica do Rio Pará como instrumento indutor do processo de desenvolvimento sustentado da região compreendida pela Bacia Hidrográfica do Rio Pará. Ali são enfatizados, em particular, os aspectos relacionados à gestão dos recursos hídricos, proporcionando ao seu Comitê e à futura Agência de Bacia Hidrográfica do Rio Pará, instrumento normativo e consultivo de suporte ao planejamento e a gestão do desenvolvimento regional, com vistas à correção de desconformidades sócio-ambientais detectadas.

Não obstante a inestimável importância dos Planos Diretores de Recursos Hídricos estruturados para a região, em especial daqueles que tratam dos Afluentes do Alto Rio São Francisco, estes documentos carecem de detalhes e escala adequada ao planejamento de ações e projetos locais ou regionais.

Alguns aspectos críticos quanto ao manejo dos recursos hídricos da região da Bacia Hidrografia do Rio Pará, que requerem soluções urgentes, foram detectados empiricamente, conforme explicitado no Termo de Referência do processo licitatório:

- Redução significativa da disponibilidade hídrica;

- Comprometimento do atendimento à demanda doméstica em alguns municípios;
- Deterioração da qualidade das águas superficiais;
- Implementação de ações ambientais isoladas, pobremente contextualizadas, resultando na diluição de recursos preciosos;
- Não atendimento à demanda das populações locais;
- Dispersão de esforços;
- Insucesso da maioria dos empreendimentos voltados à proteção e conservação dos recursos hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Pará.

É necessária a integração das ações municipais com vistas à revitalização do ecossistema da Bacia Hidrográfica do Rio Pará através de ações emergenciais, corretivas e mitigadoras dos conflitos gerados pelo uso múltiplo da água. É necessária, fundamentalmente, a manutenção dos níveis de disponibilidade hídrica e de qualidade da água, adequados às demandas básicas da população.

Estas ações devem ser articuladas a partir do Plano Diretor da Bacia Hidrográfica do Rio Pará, elemento balizador e referencial (conceitual e executivo) para garantir sua coerência e eficácia.

Adicionalmente, observa-se a necessidade premente de mobilização comunitária, promoção da cidadania das águas, criação da figura emblemática do Produtor de Águas, do Conservador das Águas e do Condomínio das Águas, para tornar cada habitante co-responsável pela gestão ambiental. É necessário também, introduzir a consciência de que os recursos naturais guardam interdependência, no contexto da sustentabilidade ambiental e que a conservação dos recursos hídricos, enquanto elemento finito e indispensável ao desenvolvimento econômico e social da região, é crítica para a vida.

Estas questões, somadas às bases conceituais e operacionais existentes consubstanciadas por grandes esforços anteriores, são o substrato que apóia o desenvolvimento do Plano Diretor da Bacia Hidrográfica do Rio Pará.

Enquanto instrumento diretivo, o Plano Diretor da Bacia Hidrográfica do Rio Pará, deve também promover o fortalecimento institucional do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Pará, subsidiando de forma concreta e objetiva, os procedimentos para os estudos e projetos voltados à transformação da Associação de Usuários da Bacia Hidrográfica do Rio Pará na Agência de Bacia ou entidade equiparada.

O desenvolvimento do Plano Diretor da Bacia Hidrográfica do Rio Pará e a futura institucionalização da Agência de Bacia são ações imperativas, constituindo-se em bases concretas para a plena implementação e operacionalização das diretrizes legalmente estabelecidas nas esferas dos governos Federal e Estadual.

A implantação de um sistema consistente e objetivo de gestão dos recursos hídricos regionais possibilitará a melhoria significativa das condições de vida das populações locais, lançando bases sólidas que fundamentarão o desenvolvimento sustentado da região compreendida pela Bacia Hidrográfica do Rio Pará.

## II OBJETIVOS DO PLANO DIRETOR DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARÁ

O Plano Diretor da Bacia Hidrográfica do Rio Pará tem os seguintes objetivos, conforme especificado no Termo de Referência do processo licitatório:

- Estabelecer bases analítico-operacionais para implantação da gestão de recursos hídricos na Bacia Hidrográfica do Rio Pará;
- Fornecer diretrizes e critérios para os instrumentos de gestão, quais sejam: outorga de direito de uso de recursos hídricos, cobrança pelo uso de recursos hídricos, reenquadramento dos corpos de água em classes segundo seus usos preponderantes, fiscalização e monitoramento;
- Prover ao Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Pará e à futura Agência de Bacia, de instrumentos técnico-conceituais, como suporte à tomada de decisão;
- Estabelecer diretrizes gerais para a implementação de programas, projetos e ações que promovam a revitalização, a recuperação e a conservação hidro-ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Pará.

Existem dois grandes entraves ao desenvolvimento do Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Pará e, conseqüentemente, à implantação de sistema de gestão integrada da região: i – a ausência ou descontinuidade das séries históricas de dados sobre o comportamento das características físicas da região compreendida pela Bacia Hidrográfica do Rio Pará, e ii – a inexistência de conceituação básica, referenciais técnicos consistentes e instrumentação analítica de suporte à tomada de decisões, detalhando ações pontuais que integrem o escopo maior das metas estabelecidas pelo Plano. O segundo entrave deve-se, principalmente, à escala de trabalho factível para o desenvolvimento do Plano Diretor da Bacia do Rio Pará, que é de 1:50.000.

Estes aspectos são passíveis de atendimento a partir da inserção do conhecimento empírico dos técnicos da região, em especial do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Pará, em ambiente de Sistema de Informação Geográfica, ambiente analítico de desenvolvimento do Plano Diretor da Bacia Hidrográfica do Rio Pará.

Desta forma serão atingidos os objetivos supra relacionados, ressaltando-se, neste contexto, a importância do cadastro de Usuários da Água, recentemente executado pela Associação de Usuários da Bacia Hidrográfica do Rio Pará. Os dados ali contidos permitem a adoção de escala compatível com as demandas estabelecidas pelo conjunto de ações eminentemente operacionais, que freqüentemente possuem foco pontual.

## III ESTRATÉGIA OPERACIONAL – ASPECTOS METODOLÓGICOS

A metodologia de desenvolvimento do Plano Diretor da Bacia Hidrográfica do Rio Pará está baseada em nove etapas de trabalho, a saber:

1. Suporte Institucional
2. Caracterização do Meio Físico
3. Avaliação e Análise Ambiental
4. Caracterização do Sistema Sócio-econômico
5. Caracterização dos Recursos Hídricos

6. Disponibilidade Hídrica
7. Cenários de Aproveitamento e Controle dos Recursos Hídricos
8. Plano de Monitoramento
9. Modelos de Avaliação e Gestão

A elaboração do Plano Diretor da Bacia Hidrográfica do Rio Pará está baseada nos fundamentos, objetivos e diretrizes gerais de ação previstos na Lei Estadual Nº. 13.199/99, coerentes com disposições correspondentes da Lei Federal Nº. 9.433/ 97 sob a perspectiva da gestão integrada.

Considera os estudos existentes da Bacia Hidrográfica do Rio Pará e ainda, o Plano Decenal de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco.

Concomitante à sua elaboração, está prevista a discussão do Plano Diretor do Rio Pará, com Coordenação Executiva do mesmo composta por membros da Associação de Usuários da Bacia Hidrográfica do Rio Pará, em especial com o IGAM – Instituto Mineiro de Gestão das Águas, da Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Desenvolvimento Social e com o Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Pará, além da sociedade civil e diferentes usuários desta Bacia.

O presente relatório apresenta o conteúdo correspondente à **Etapa 2** do Plano Diretor da Bacia Hidrográfica do Rio Pará.

## 2 CARACTERIZAÇÃO DO MEIO FÍSICO

O Rio Pará é afluente do alto curso do Rio São Francisco, situado no sudoeste do Estado de Minas Gerais, possui uma extensão de cerca de 365 quilômetros. A área da Bacia Hidrográfica do Rio Pará compreende aproximadamente 12.300Km<sup>2</sup>, onde se situam 35 municípios, com um total aproximado de 700 mil habitantes, dos quais cerca de 12% estão nas áreas rurais. A principal cidade da região é Divinópolis, com aproximadamente 208 mil habitantes, seguida por Itaúna e Pará de Minas. A maioria dos municípios da Bacia Hidrográfica do Rio Pará possui uma população inferior a 10 mil habitantes. Estes dados populacionais estão considerando somente a porção dos municípios que está contemplada na Bacia Hidrográfica do Rio Pará e os dados de 2006 do IBGE.

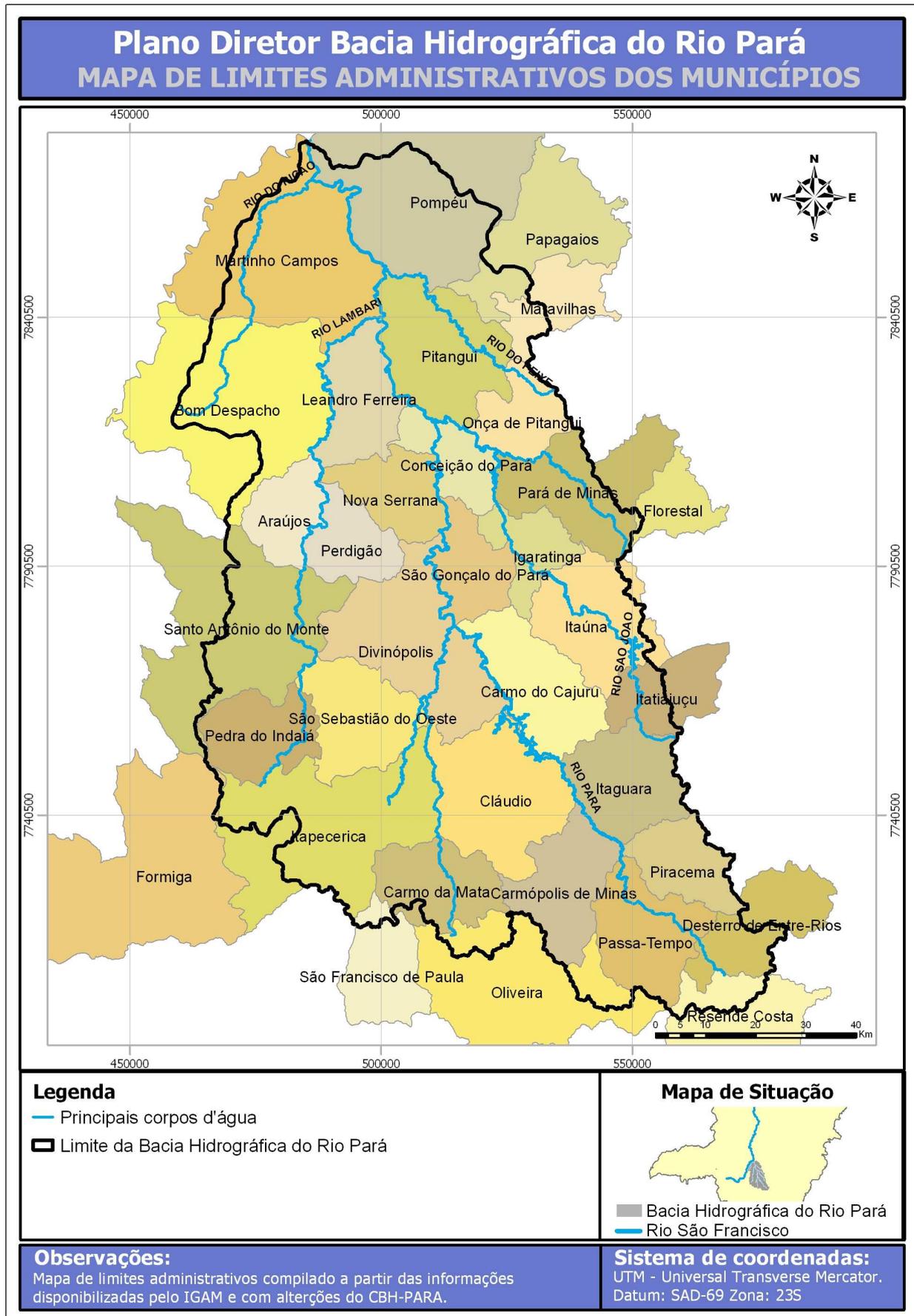
Os Municípios que integram a Bacia Hidrográfica do Rio Pará estão relacionados na **Tabela 1** com as respectivas porcentagens de suas áreas totais inseridas na mesma.

**Tabela 1 – Relação dos Municípios e Percentual de sua Área Total Inserida na Bacia Hidrográfica do Rio Pará.**

Relação dos Municípios e Percentual de sua Área Total Inserida na Bacia Hidrográfica do Rio Pará					
Municípios		% Dentro da Bacia	Municípios		% Dentro da Bacia
1	Araújos	100,0%	19	Martinho Campos	71,0%
2	Bom Despacho	58,6%	20	Nova Serrana	100,0%
3	Carmo da Mata	94,3%	21	Oliveira	29,6%
4	Carmo do Cajuru	100,0%	22	Onça de Pitangui	100,0%
5	Carmópolis de Minas	100,0%	23	Papagaios	18,3%
6	Cláudio	100,0%	24	Pará de Minas	69,5%
7	Conceição do Pará	100,0%	25	Passa Tempo	100,0%
8	Desterro de Entre Rios	46,0%	26	Pedra do Indaiá	100,0%
9	Divinópolis	100,0%	27	Perdigão	100,0%
10	Florestal	2,2%	28	Piracema	100,0%
11	Formiga	0,5%	29	Pitangui	100,0%
12	Igaratinga	100,0%	30	Pompéu	23,9%
13	Itaguara	100,0%	31	Resende Costa	17,2%
14	Itapeçerica	79,9%	32	Santo Antônio do Monte	51,7%
15	Itatiaiuçu	48,5%	33	São Francisco de Paula	6,7%
16	Itaúna	87,7%	34	São Gonçalo do Pará	100,0%
17	Leandro Ferreira	100,0%	35	São Sebastião do Oeste	100,0%
18	Maravilhas	31,4%	-	-	-

Fonte: Perímetros e áreas obtidas no arquivo digital de mapas municipais do IBGE disponíveis no site do IGAM, com alterações realizadas com base nas leis municipais.

A **Figura 1** contém o mapa da Bacia Hidrográfica do Rio Pará com os Limites Administrativos dos Municípios ali contidos, total ou parcialmente. Os arquivos formato *shapefile* (limites municipais e limite da Bacia Hidrográfica do Rio Pará), com a tabela de atributos completa, poderão ser consultados no **Anexo 3**.



**Figura 1 – Mapa dos Limites Administrativos dos Municípios da Bacia Hidrográfica do Rio Pará.**

Fonte: Perímetros e áreas obtidas no arquivo digital de mapas municipais do IBGE disponíveis no site do IGAM, com alterações realizadas com base nas leis municipais. Processamento: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

As características físicas da Bacia Hidrográfica do Rio Pará foram analisadas na escala média de 1:50.000, em consonância com o Sistema de Apoio à Gestão da Bacia Hidrográfica do Rio Pará, implantado localmente. A gestão integrada dos recursos hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Pará contará com mapeamentos temáticos do meio-físico que, sobrepostos no ambiente de Geoprocessamento, permitirão análises espaciais que caracterizem seu ecossistema. Estas análises subsidiarão o diagnóstico das principais desconformidades existentes, identificando suas potencialidades e capacidade hídrica, visando a sustentabilidade dos recursos hídricos e, principalmente, a administração dos usos conflitantes.

São abordados na presente caracterização do meio físico da Bacia Hidrográfica do Rio Pará os seguintes temas: Clima, Cobertura Vegetal, Geologia, Geomorfologia e Solos.

## 2.1 Clima

As análises climatológicas da região baseiam-se em séries históricas (dados secundários), fornecidos pelos órgãos competentes adiante nomeados, complementadas por observações mais recentes por meio de sensores remotos orbitais (satélites meteorológicos). Visam estabelecer o zoneamento e tipologia climática da região, estabelecendo as isolinhas de pluviometria, temperatura, umidade relativa, insolação e albedo. São caracterizados os padrões climáticos preponderantes passíveis de reconhecimento na escala de trabalho, de 1:50.000, com ênfase no zoneamento e tipologia climática da região.

Na classificação climática segundo Köppen, a definição das áreas ou zonas climáticas é ditada pela temperatura média do mês mais frio. Quando tal média é superior a 18° C, o clima é megatérmico e, em caso contrário, mesotérmico. As indicações são feitas respectivamente pelas letras A e C. Seguem-se letras referentes ao período chuvoso e a temperatura do mês mais quente que, quando superior a 22° C, é representada pela letra “a”. Aplicando esta classificação, verifica-se que na região da Bacia Hidrográfica do Rio Pará ocorrem três tipos de clima, com as seguintes características:

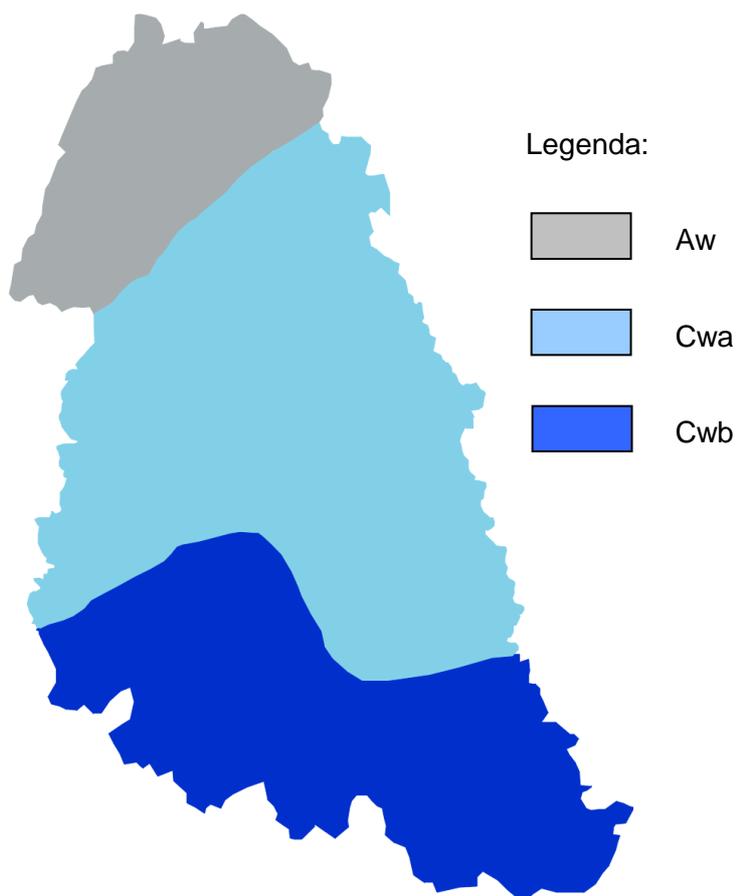
**Aw** – Clima tropical úmido (megatérmico) de savana, com inverno seco e verão chuvoso. A temperatura média do mês mais frio é superior a 18° C. A precipitação do mês mais seco é inferior a 60 mm e também inferior a 100-P/25, sendo P a precipitação média anual. Este clima predomina na região norte da Bacia.

**Cwa** – Clima temperado chuvoso (mesotérmico com inverno seco e verão chuvoso). A temperatura do mês mais frio é inferior a 18° e do mês mais quente superior a 22° C. O mês mais seco tem precipitação inferior à décima parte da precipitação do mês mais chuvoso. Este tipo de clima é predominante na Bacia Hidrográfica do Rio Pará, existente em toda a grande área central.

**Cwb** – Clima temperado chuvoso (mesotérmico), também chamado subtropical de altitude. Difere do tipo de clima Cwa unicamente por ser a temperatura do mês mais quente inferior a 22° C, tendo, portanto, verão fresco. Este tipo de clima predomina na região sul da Bacia Hidrográfica do Rio Pará.

A **Figura 2** a seguir, apresenta a tipologia climática, segundo Köppen, que ocorre ao longo da Bacia Hidrográfica do Rio Pará.

Como pode ser verificado, o clima temperado chuvoso predomina na região, seguido do clima subtropical de altitude, também temperado chuvoso, com verão mais fresco. Ao norte da Bacia Hidrográfica do Rio Pará observa-se o clima tropical úmido. Toda a tipologia climática da região apresenta, portanto, inverno seco e verão chuvoso, com variações de temperatura não muito significativas.



**Figura 2 – Mapeamento da Tipologia Climática da Bacia Hidrográfica do Rio Pará.**

Fonte: Mapa gerado a partir do Mapa de Tipologia Climática do Plano Diretor do Rio São Francisco - Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal – MMA. Secretaria de Recursos Hídricos – SRH, Governo do Estado de Minas Gerais, Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento - SEAPA/MG, Fundação Rural Mineira - Colonização e Desenvolvimento Agrário – RURALMINAS, Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável - SEMAD/MG, Instituto Mineiro de Gestão das Águas – IGAM. Possui caráter ilustrativo.

### 2.1.1 Levantamento dos Dados

Os dados climatológicos utilizados foram cedidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, a partir de suas 16 estações meteorológicas localizadas na região, sendo que algumas delas se encontram fora da área da Bacia Hidrográfica do Rio Pará.

Os dados de pluviometria foram complementados por dados obtidos junto à Agência Nacional de Águas (ANA), disponibilizados publicamente na internet através do Sistema de Informações Hidrológicas – HIDROWEB, no total de 34 estações. Os dados de albedo foram obtidos no site da NASA, através do processamento de imagens do sensor meteorológico MODIS.

O universo dos dados foi analisado visando à seleção de estações de monitoramento hidrometeorológico pertinentes, e períodos de coleta com dados ininterruptos e consistentes. O Termo de Referência solicita que sejam utilizados dados dos últimos 50 anos. No entanto, considerando as falhas existentes nos registros realizados pelas estações disponíveis e as diferentes datas de implantação das estações consideradas, o período precisou ser reduzido para 10 anos (1995 a 2005), visando à melhoria da interpolação espacial, utilizando-se os dados de todas as estações nos mesmos períodos medidos.

Para o cálculo das médias anuais de algumas estações foi necessária a realização de cálculo da média aritmética entre os valores válidos, pois não havia registros para todos os meses do ano. Foram utilizadas estações de coleta localizadas na área geográfica da Bacia Hidrográfica

do Rio Pará e em suas proximidades, para que houvesse total cobertura da região. As **Tabelas 2 e 3** apresentam as características das 16 estações fornecidas pelo INMET e das 34 estações obtidas na HIDROWEB, respectivamente.

**Tabela 2 – Características das Estações de Monitoramento Fornecidas pelo INMET.**

<b>Características das Estações de Monitoramento Fornecidas Pelo INMET</b>			
<b>Nome</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>	<b>Altitude (m)</b>
BambuÍ	-20° 02'	-46° 00'	661,27
Barbacena	-21° 15'	-43° 46'	1.126,00
Belo Horizonte	-19°56'	-43° 56'	915,00
Bom Despacho	-19° 43'	-45° 22'	695,00
Curvelo	-18° 45'	-44° 27'	672,00
Divinópolis	-20° 10'	-44° 52'	788,35
Florestal	-19° 52'	-44° 25'	748,76
Ibirité	-20° 01'	-44° 03'	814,54
Lavras	-21° 45'	-45° 00'	918,84
Montes Claros	-16° 41'	-43° 50'	646,29
Oliveira	-20° 41'	-44° 49'	966,50
Ouro Branco	-20° 30'	-43° 42'	1.072,17
Patos de Minas	-18° 31'	-46° 26'	940,28
Pompéu	-19° 13'	-45° 00'	690,91
São João Del Rei	-21° 18'	-44° 16'	991,00
Sete Lagoas	-19° 28'	-44° 15'	732,00

Fonte: INMET – Instituto Nacional de Meteorologia (2007)

**Tabela 3 – Características das Estações de Monitoramento Seleccionadas da HIDROWEB.**

<b>Características das Estações de Monitoramento Seleccionadas da HIDROWEB</b>			
<b>Nome</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>	<b>Altitude (m)</b>
Fazenda Escola Florestal	-19° 52' 47"	-44° 25' 18"	745,00
Jaguaruna – Jusante	-19° 43' 41"	-44° 48' 24"	685,00
Velho da Taipa	-19° 41' 46"	-44° 55' 46"	585,00
Barro Preto	-19° 57' 51"	-44° 27' 07"	847,00
Pitangui	-19° 41' 04"	-44° 52' 44"	696,00
Estação Álvaro da Silveira	-19° 45' 06"	-45° 07' 01"	648,00
Bom Despacho	-19° 44' 33"	-45° 15' 18"	750,00
Abaeté	-19° 09' 47"	-45° 26' 33"	565,00
Porto das Andorinhas	-19° 16' 43"	-45° 17' 09"	567,00
Martinho Campos	-19° 19' 56"	-45° 13' 41"	562,00
Itaúna - Montante	-20° 04' 17"	-44° 34' 13"	859,00
Divinópolis	-20° 08' 13"	-44° 53' 31"	672,00
Entre Rios de Minas	-20° 39' 40"	-44° 04' 14"	885,00

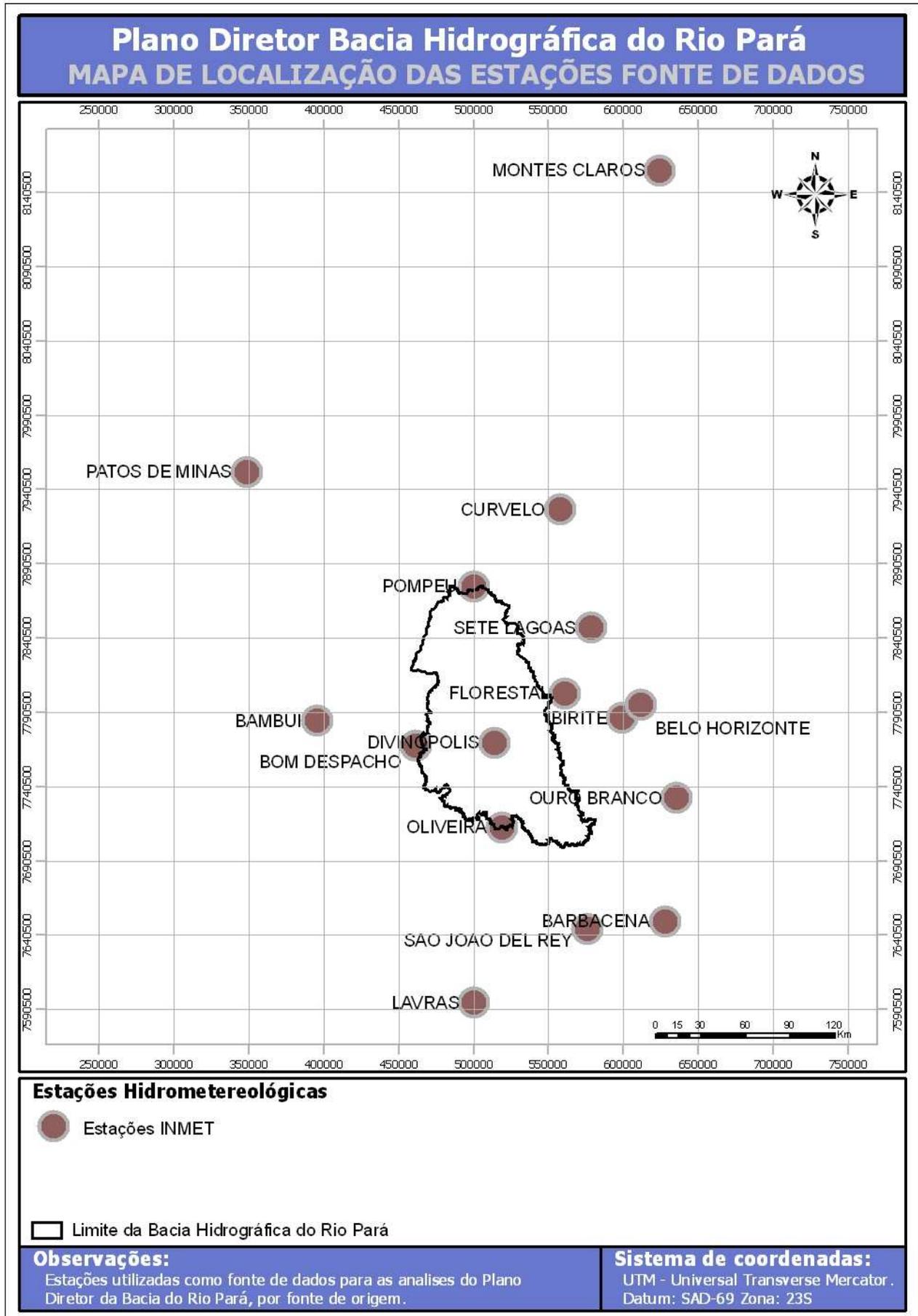
<b>Características das Estações de Monitoramento Seleccionadas da HIDROWEB (cont.)</b>			
<b>Nome</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>	<b>Altitude (m)</b>
Fazenda Campo Grande	-20° 37' 31"	-44° 26' 00"	915,00
Fazenda Vista Alegre	-20° 03' 05"	-44° 27' 06"	913,00
Calambau	-20° 04' 06"	-44° 29' 32"	943,00
Alto da Boa Vista	-20° 06' 20"	-44° 24' 04"	905,00
Fazenda Curralinho	-20° 00' 27"	-44° 19' 52"	786,00
Fazenda Coqueiros	-20° 07' 47"	-44° 28' 28"	975,00
Santo Antônio do Amparo	-20° 56' 39"	-44° 54' 27"	1.000,00
Usina João Ribeiro	-20° 38' 07"	-44° 02' 56"	850,00
Fazenda Laranjeiras	-20° 06' 08"	-44° 29' 05"	895,00
Carmo da Mata (ETA-COPASA)	-20° 33' 45"	-44° 52' 03"	749,00
Estiva	-20° 00' 01"	-44° 27' 42"	807,00
Serra da Saudade	-20° 01' 26"	-44° 28' 05"	838,00
Jardim	-20° 02' 42"	-44° 24' 28"	806,00
Escola de Veterinária	-20° 04' 07"	-44° 20' 42"	812,00
Serra Azul	-20° 05' 12"	-44° 25' 38"	817,00
Lamounier	-20° 28' 20"	-45° 02' 10"	738,00
Santo Antônio do Monte	-20° 05' 04"	-45° 17' 48"	950,00
Bom Sucesso	-21° 02' 02"	-44° 46' 19"	836,00
Usina São João Del Rei	-21° 03' 20"	-44° 12' 32"	842,00
Vila Rio das Mortes	-21° 11' 22"	-44° 19' 44"	870,00
Usina Couro do Cervo	-21° 20' 37"	-45° 10' 13"	813,00

Fonte: HIDROWEB – Sistemas de Informações Hidrológicas da ANA – Agência Nacional de Águas (2007)

As **Figuras 3 e 4** mostram a localização das estações do INMET e da HIDROWEB presentes nas **Tabelas 2 e 3**. Os arquivos formato *shapefile* com as tabelas de atributos completas poderão ser consultados no **Anexo 3**.

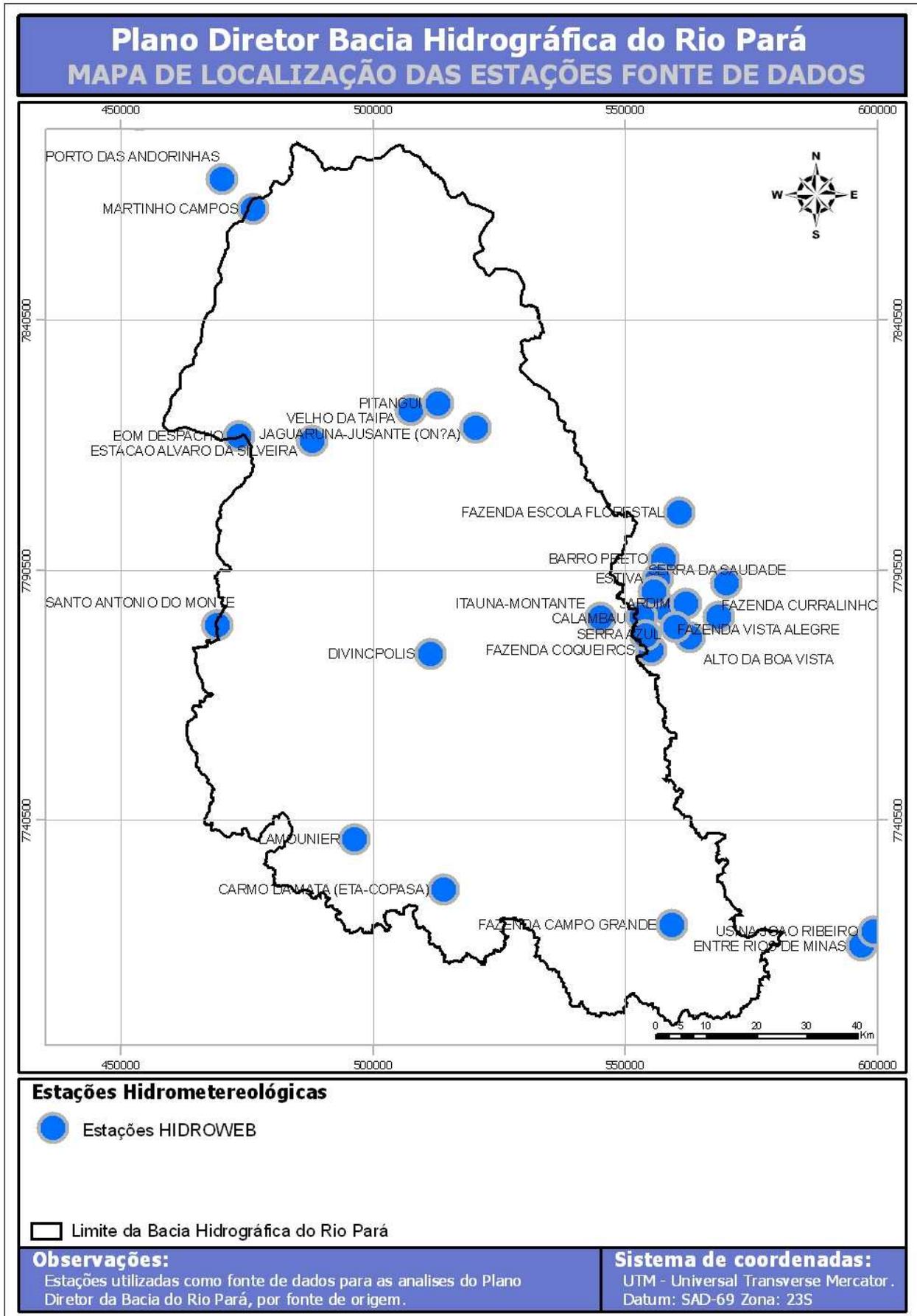
Na análise de consistência sobre o histórico de medições de todas as estações presentes na área do projeto, algumas tiveram seus dados descartados para a caracterização da Bacia Hidrográfica do Rio Pará para alguns temas.

Na intenção de obter a cobertura total da área da Bacia Hidrográfica do Rio Pará com a interpolação realizada nas análises, optou-se pela utilização de estações mais afastadas, como a de Montes Claros, Patos de Minas, Curvelo, Barbacena, São João Del Rey, Lavras, Usina João Ribeiro e Entre Rios de Minas. Se isto não fosse feito, ter-se-ia uma parte da Bacia Hidrográfica do Rio Pará sem dados. Optou-se por uma caracterização aproximada nesta **Etapa 2**, considerando a escala do projeto. Já na **Etapa 5**, esta caracterização, principalmente pluviométrica e fluviométrica, considera apenas estações próximas à área de estudo, no sentido de deixar mais preciso o estudo hidrológico executado.



**Figura 3 – Estações de Monitoramento Fornecidas pelo INMET.**

Fonte: INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. Processamento: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.



**Figura 4 – Estações de Monitoramento Selecionadas da HIDROWEB.**

Fonte: HIDROWEB – Sistemas de Informações Hidrológicas da ANA – Agência Nacional de Águas. Processamento: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

Para cada fator climático a ser caracterizado, os cálculos das médias anuais levaram em consideração a consistência dos dados por estação.

### 2.1.1.1 Temperatura

Os dados de temperatura utilizados para a elaboração dos mapas e isolinhas de classes de temperaturas foram coletados pelas estações do INMET, cujas características estão apresentadas na **Tabela 2**.

A partir dos dados disponibilizados, foram calculadas as médias anuais de temperaturas e as médias para a série histórica. Foram utilizados dados do período de 1995 a 2005, lembrando que para o cálculo das médias anuais de algumas estações foi necessária a realização de cálculo da média aritmética entre os valores válidos, pois não havia registros para todos os meses do ano. No **Anexo 7** estão as tabelas com os dados originais de cada estação, ano a ano e mês a mês, utilizados para o cálculo das médias anuais de temperatura mínima, média e máxima, que estão apresentados na **Tabela 4**.

**Tabela 4 – Estações de Coleta do INMET com as Respectivas Médias Anuais de Temperatura Mínima, Média e Máxima, para o Período de 1995 a 2005.**

Médias Anuais de Temperatura Mínima Para a Série Histórica de 1995 A 2005		
Estação	Mínima (C°)	Observação
Bambuí	14,81	Dez dos onze anos do período considerado foram inteiramente monitorados. Em 1995 somente 10 meses foram monitorados.
Barbacena	13,95	Sete dos onze anos do período considerado foram inteiramente monitorados. Nos anos de 1995 a 1997 somente 11 meses foram monitorados e em 1998 somente 8 meses.
Belo Horizonte	18,06	Todos os 11 anos considerados estão com os 12 meses monitorados.
Bom Despacho	14,85	Nove dos onze anos do período considerado foram inteiramente monitorados. Em 2003 foram monitorados apenas 8 meses e em 2004 apenas 11 meses.
Curvelo	17,02	Nove dos onze anos do período considerado foram inteiramente monitorados. Em 2001 foram monitorados apenas 7 meses e em 2002 apenas 2 meses.
Divinópolis	15,82	Sete dos onze anos do período considerado foram inteiramente monitorados. Em 1995 foram monitorados apenas 2 meses, em 1997 apenas 6 meses e em 1998 e 2000 apenas 11 meses.
Florestal	Nulo	Seis dos onze anos do período considerado foram inteiramente monitorados. O período de monitoramento acaba em 2002 e neste ano foram registrados somente 4 meses. Em 1997 foram monitorados apenas 11 meses.

<b>Médias Anuais de Temperatura Mínima Para a Série Histórica de 1995 A 2005 (cont.)</b>		
<b>Estação</b>	<b>Mínima (Cº)</b>	<b>Observação</b>
Ibirité	Nulo	Três dos onze anos do período considerado foram inteiramente monitorados. Não possui registros para os anos de 1996 a 2000 e o ano de 2002 registrou somente 4 meses. Em 1995 foram monitorados apenas 11 meses, em 2001 apenas 10 meses.
Lavras	15,43	Dez dos onze anos do período considerado foram inteiramente monitorados. Em 1997 foram monitorados apenas 10 meses.
Montes Claros	17,78	Dez dos onze anos do período considerado foram inteiramente monitorados. Em 1998 foram monitorados apenas 10 meses.
Oliveira	Nulo	Um dos onze anos do período considerado foi inteiramente monitorado. Os anos de 1996, 1999 e 2004 foram monitorados apenas 10 meses. Em 1997 foram monitorados apenas 6 meses. Em 1998, 2001 e 2005 foram monitorados apenas 11 meses. Os anos de 2002 e 2003 possuem registros bastante incompletos, tendo sido monitorados apenas 3 e 4 meses, respectivamente..
Ouro Branco	Nulo	Só possui registros no ano de 1995.
Patos de Minas	16,66	Dez dos onze anos do período considerado foram inteiramente monitorados. Em 2000 somente 11 meses foram monitorados.
Pompéu	17,29	Dez dos onze anos do período considerado foram inteiramente monitorados. Em 2000 somente 11 meses foram monitorados.
São João Del Rei	Nulo	Dois dos onze anos do período considerado foram inteiramente monitorados. Nos anos de 1995, 1997 e 2000 foram monitorados somente 11 meses, em 1996 e 1999 somente 7 meses, em 2002 apenas 4, em 2003 apenas 5 e em 2005 apenas 9 meses.
Sete Lagoas	16,40	Todos os 11 anos considerados estão com os 12 meses monitorados.
<b>Médias Anuais de Temperatura Média Para a Série Histórica de 1995 A 2005</b>		
<b>Estação</b>	<b>Média (Cº)</b>	<b>Observação</b>
Bambuí	Nulo	Só possui registros de 2001 a 2005.
Barbacena	18,47	Sete dos onze anos do período considerado foram inteiramente monitorados. Em 1995 somente 9 meses foram monitorados. Em 1996 e 1997 somente 11 meses e em 1998 somente 8 meses.

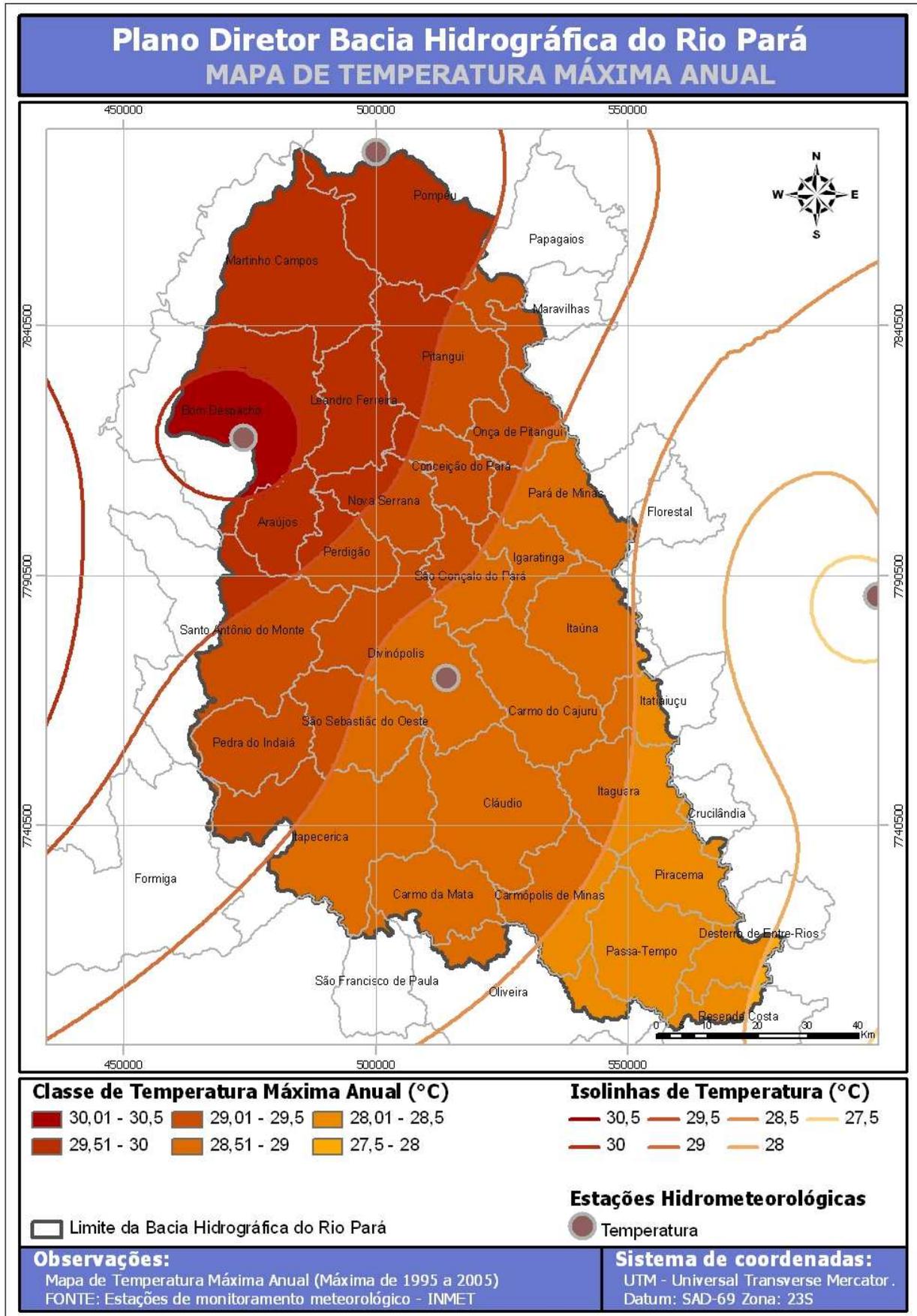
<b>Médias Anuais de Temperatura Média Para a Série Histórica de 1995 A 2005 (cont.)</b>		
<b>Estação</b>	<b>Média (C°)</b>	<b>Observação</b>
Belo Horizonte	21,99	Todos os 11 anos considerados estão com os 12 meses monitorados.
Bom Despacho	21,34	Nove dos onze anos do período considerado foram inteiramente monitorados. Em 2000 somente 11 meses foram monitorados e em 2003 somente 10 meses.
Curvelo	Nulo	Sete dos onze anos do período considerado foram inteiramente monitorados. Não existem registros para o ano de 2002. No ano de 2001 somente 6 meses foram monitorados, no ano de 2003 apenas 4 meses e no ano de 2005 apenas 5 meses.
Divinópolis	21,75	Seis dos onze anos do período considerado foram inteiramente monitorados. O ano de 1995 possui somente dois meses monitorados, o ano de 1997 apenas 6 e o ano de 1998 apenas 11 meses.
Florestal	Nulo	Cinco dos onze anos do período considerado foram inteiramente monitorados. Possui registros somente até 2001. Nos anos de 1995 e 1997 foram monitorados apenas 11 meses.
Ibirité	Nulo	Dois dos onze anos do período considerado foram inteiramente monitorados. Os anos de 1995, 2003 e 2005 possuem registros bastante incompletos. Não possui registros para o ano de 2002 e de 1996 a 2000.
Lavras	20,45	Dez dos onze anos do período considerado foram inteiramente monitorados. No ano de 1997 foram monitorados apenas 10 meses.
Montes Claros	23,18	Dez dos onze anos do período considerado foram inteiramente monitorados. No ano de 1998 foram monitorados apenas 10 meses.
Oliveira	Nulo	Apenas um dos onze anos do período considerado foi inteiramente monitorado. Não possui registros no ano de 2000 e em 2003 somente 3 meses foram monitorados. Nos anos de 1998, 2001, 2003, 2004 e 2005 foram monitorados apenas 11 meses. Em 1996 foram monitorados apenas 10 meses e em 1997 apenas 6 meses.
Ouro Branco	Nulo	Não possui registros nos anos considerados.
Patos de Minas	21,69	Dez dos onze anos do período considerado foram inteiramente monitorados. No ano de 2000 foram monitorados apenas 11 meses.

<b>Médias Anuais de Temperatura Média Para a Série Histórica de 1995 A 2005 (cont.)</b>		
<b>Estação</b>	<b>Média (C°)</b>	<b>Observação</b>
Pompéu	22,90	Nove dos onze anos do período considerado foram inteiramente monitorados. No ano de 2000 somente 11 meses foram monitorados e em 2005 somente 10 meses.
São João Del Rei	Nulo	Possui somente 4 anos monitorados, sendo 3 com registros bem incompletos.
Sete Lagoas	21,52	Todos os 11 anos considerados estão com os 12 meses monitorados.
<b>Médias Anuais de Temperatura Máxima Para a Série Histórica de 1995 A 2005</b>		
<b>Estação</b>	<b>Máxima (C°)</b>	<b>Observação</b>
Bambuí	29,11	Dez dos onze anos do período considerado foram inteiramente monitorados. No ano de 1998 foram monitorados somente 11 meses.
Barbacena	24,67	Sete dos onze anos do período considerado foram inteiramente monitorados. Em 1995 foram monitorados apenas 9 meses, em 1996 e 1997 somente 11 meses e em 1998 somente 8 meses.
Belo Horizonte	27,14	Todos os 11 anos considerados estão com os 12 meses monitorados.
Bom Despacho	30,09	Oito dos onze anos do período considerado foram inteiramente monitorados. Nos anos de 2002 e 2003 foram monitorados apenas 8 meses e em 2004 somente 11 meses.
Curvelo	30,81	Nove dos onze anos do período considerado foram inteiramente monitorados. Em 2001 foram monitorados apenas 7 meses e em 2002 apenas 2 meses.
Divinópolis	28,94	Sete dos onze anos do período considerado foram inteiramente monitorados. Em 1995 foram monitorados apenas 2 meses, em 1997 apenas 6 meses e em 1998 e 2000 apenas 11 meses.
Florestal	Nulo	Cinco dos onze anos do período considerado foram inteiramente monitorados. O monitoramento cobre somente os anos de 1995 a 2002. Em 1995 e 1997 somente 11 meses foram monitorados e em 2002 apenas 4 meses.
Ibirité	Nulo	Três dos onze anos do período considerado foram inteiramente monitorados. Não existem registros para os anos de 1996 a 2000. Em 1995 somente 3 meses foram monitorados, em 2001 apenas 10 e em 2002 apenas 4 meses.

<b>Médias Anuais de Temperatura Máxima Para a Série Histórica de 1995 A 2005 (cont.)</b>		
<b>Estação</b>	<b>Máxima (C°)</b>	<b>Observação</b>
Lavras	27,38	Dez dos onze anos do período considerado foram inteiramente monitorados. No ano de 1997 foram monitorados apenas 10 meses.
Montes Claros	32,86	Dez dos onze anos do período considerado foram inteiramente monitorados. No ano de 1998 foram monitorados apenas 10 meses.
Oliveira	Nulo	Apenas um dos onze anos do período considerado foi inteiramente monitorado. Não existem registros para os anos de 2000 e 2002. Nos anos de 1998, 2001 e 2005 somente 11 meses foram monitorados, em 1999 e 2004 apenas 10, em 1997 apenas 6 e em 2003 apenas 4 meses.
Ouro Branco	Nulo	Possui monitoramento somente no ano de 1995 do período considerado.
Patos de Minas	28,54	Dez dos onze anos do período considerado foram inteiramente monitorados. Em 2000 somente 11 meses foram monitorados.
Pompéu	29,75	Nove dos onze anos do período considerado foram inteiramente monitorados. Em 2000 foram monitorados apenas 11 meses e em 2005 apenas 10 meses.
São João Del Rei	Nulo	Dois dos onze anos do período considerado foram inteiramente monitorados. Não existem registros para os anos de 2002 e 2004. Em 1995 e 1997 foram monitorados apenas 11 meses, em 1996 e 1999 apenas 7 meses, e em 2000, 2003 e 2005 apenas 9, 5 e 8 meses respectivamente.
Sete Lagoas	28,56	Todos os 11 anos considerados estão com os 12 meses monitorados.

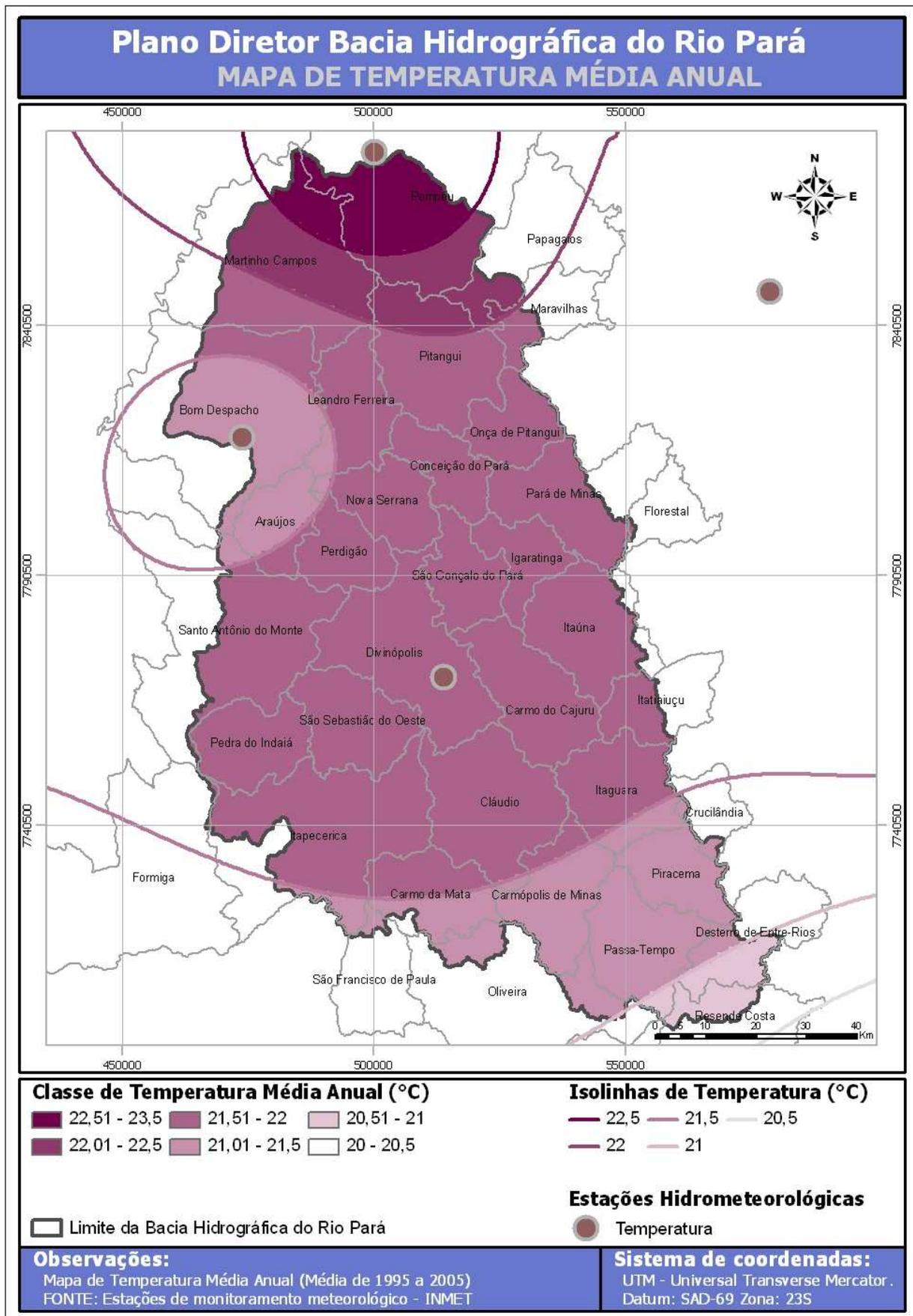
Fonte: INMET – Instituto Nacional de Meteorologia (2007). Processamento: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

De posse das médias anuais e da média da série histórica para cada estação, foi realizada a interpolação espacial, com o auxílio do algoritmo interpolador “Inverse Distance Weighted”, sendo gerados os mapas contendo o resultado da interpolação e as isolinhas para temperatura máxima (**Figura 5**), temperatura média (**Figura 6**), e temperatura mínima (**Figura 7**) para a região da Bacia Hidrográfica do Rio Pará. Os arquivos formato *shapefile* com as tabelas de atributos completas poderão ser consultados no **Anexo 3**.



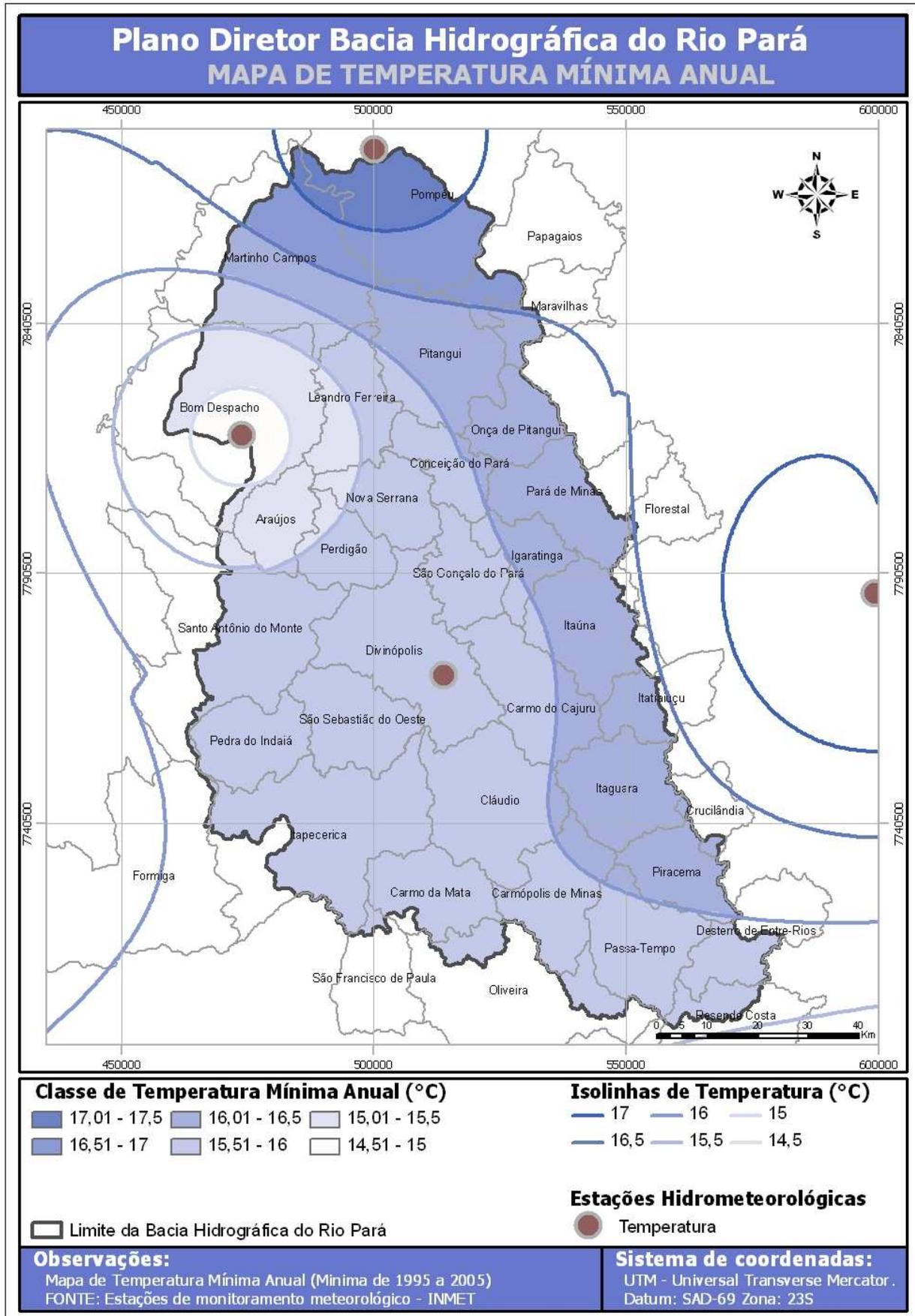
**Figura 5 – Mapa de Temperatura Máxima Anual, com Isolinhas e Estações de Coleta de Dados, Obtido pela Interpolação Espacial.**

Fonte: INMET – Instituto Nacional de Meteorologia (2007). Processamento: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.



**Figura 6 – Mapa de Temperatura Média Anual, com Isolinhas e Estações de Coleta de Dados, Obtido pela Interpolação Espacial.**

Fonte: INMET – Instituto Nacional de Meteorologia (2007). Processamento: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.



**Figura 7 – Mapa de Temperatura Mínima Anual, com Isolinhas e Estações de Coleta de Dados, Obtido pela Interpolação Espacial.**

Fonte: INMET – Instituto Nacional de Meteorologia (2007). Processamento: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

Nota-se, em uma análise macro dos mapas das **Figuras 5, 6 e 7**, que a região do Baixo Pará possui as temperaturas mais altas da região, enquanto o Alto Pará apresenta as temperaturas mais amenas. A região central da Bacia Hidrográfica do Rio Pará contém as temperaturas medianas para cada um dos fatores considerados (temperaturas máximas, médias e mínimas).

Vale ressaltar que na altura do Município de Bom Despacho, a oeste da Bacia Hidrográfica do Rio Pará, ocorrem as temperaturas mais baixas e as mais altas da região, considerando os mapas de temperaturas máximas e mínimas apresentados (**Figuras 5 e 7**).

### 2.1.1.2 Pluviometria

Os dados de pluviometria, obtidos junto ao Instituto Nacional de Meteorologia - INMET e também através do Sistema de Informações Hidrológicas – HIDROWEB, foram processados da mesma forma que os dados de temperatura. Foram calculadas as médias anuais e a média pluviométrica para o período de 1995 a 2005 para todas as estações que possuíam este período medido. As características das estações utilizadas estão apresentadas nas **Tabelas 2 e 3**.

Os dados originais utilizados para o cálculo das médias anuais de precipitação estão apresentados no **Anexo 7**. Apesar das 37 estações pluviométricas selecionadas possuírem dados em comum a partir do ano de 1987, ano de implantação da estação de número 27 constante da **Tabela 5**, foi adotado o mesmo período de 1995 a 2005 já determinado para os outros fatores climáticos de Temperatura, Insolação e Umidade Relativa, tornando possível a relação entre eles para caracterização climática da Bacia Hidrográfica do Rio Pará.

**Tabela 5 – Estações Meteorológicas Consideradas para os Cálculos de Pluviometria.**

Estações Meteorológicas Consideradas Para os Cálculos de Pluviometria			
Estação/Código		Nome Estação	Início dos Registros Precipitação Pluviométrica
1	1944007	Fazenda Escola Florestal	1941
2	1944011	Jaguaruna - Jusante (Onça)	1941
3	1944021	Velho da Taipa	1959
4	1944026	Barro Preto	1970
5	1944032	Pitangui	1941
6	1945004	Estação Álvaro da Silveira	1941
7	1945008	Bom Despacho	1974
8	1945035	Abaeté	1974
9	1945038	Porto das Andorinhas	1983
10	1945039	Martinho Campos	1983
11	2044002	Itaúna - Montante	1941
12	2044006	Divinópolis	1941
13	2044007	Entre Rios de Minas	1941
14	2044009	Fazenda Campo Grande	1942
15	2044019	Fazenda Vista Alegre	1970
16	2044020	Calambau	1970
17	2044021	Alto da Boa Vista	1972
18	2044024	Fazenda Curralinho	1972

Estações Meteorológicas Consideradas Para os Cálculos de Pluviometria (cont.)			
Estação/Código		Nome Estação	Início dos Registros Precipitação Pluviométrica
19	2044026	Fazenda Coqueiros	1974
20	2044040	Usina João Ribeiro	1973
21	2044041	Fazenda Laranjeiras	1976
22	2044042	Carmo da Mata (ETA-COPASA)	1977
23	2044043	Estiva	1977
24	2044047	Serra da Saudade	1978
25	2044052	Jardim	1982
26	2044053	Escola de Veterinária	1986
27	2044054	Serra Azul	1987
28	2045005	Lamounier	1941
29	2045013	Santo Antonio do Monte	1975
30	2144000	Bom Sucesso	1941
31	2144020	Usina São João Del Rei	1961
32	2144024	Vila Rio das Mortes	1967
33	2145007	Usina Couro do Cervo	1941
34	2044037	Santo Antonio do Amparo	1975
35	83581 (INMET)	Florestal (Escola Agronomia).	1987
36	83570 (INMET)	Pompéu	1989
37	83533 (INMET)	Bom Despacho	1987

Fonte: INMET – Instituto Nacional de Meteorologia e HIDROWEB – Sistemas de Informações Hidrológicas da ANA – Agência Nacional de Águas (2007). Processamento: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

O mapa de pluviometria (**Figura 8**) foi obtido através da interpolação espacial dos dados médios anuais para o período de 1995 a 2005. Foi utilizado o mesmo interpolador espacial, “Inverse Distance Weighted” para a geração das isolinhas para a pluviometria. O arquivo formato *shapefile* com a tabela de atributos completa poderá ser consultado no **Anexo 3**. As médias anuais para a série histórica por estação estão representadas na **Tabela 6**.

**Tabela 6 – Estações de Coleta com as Respectivas Médias Anuais de Precipitação Acumulada no Período de 1995 a 2005.**

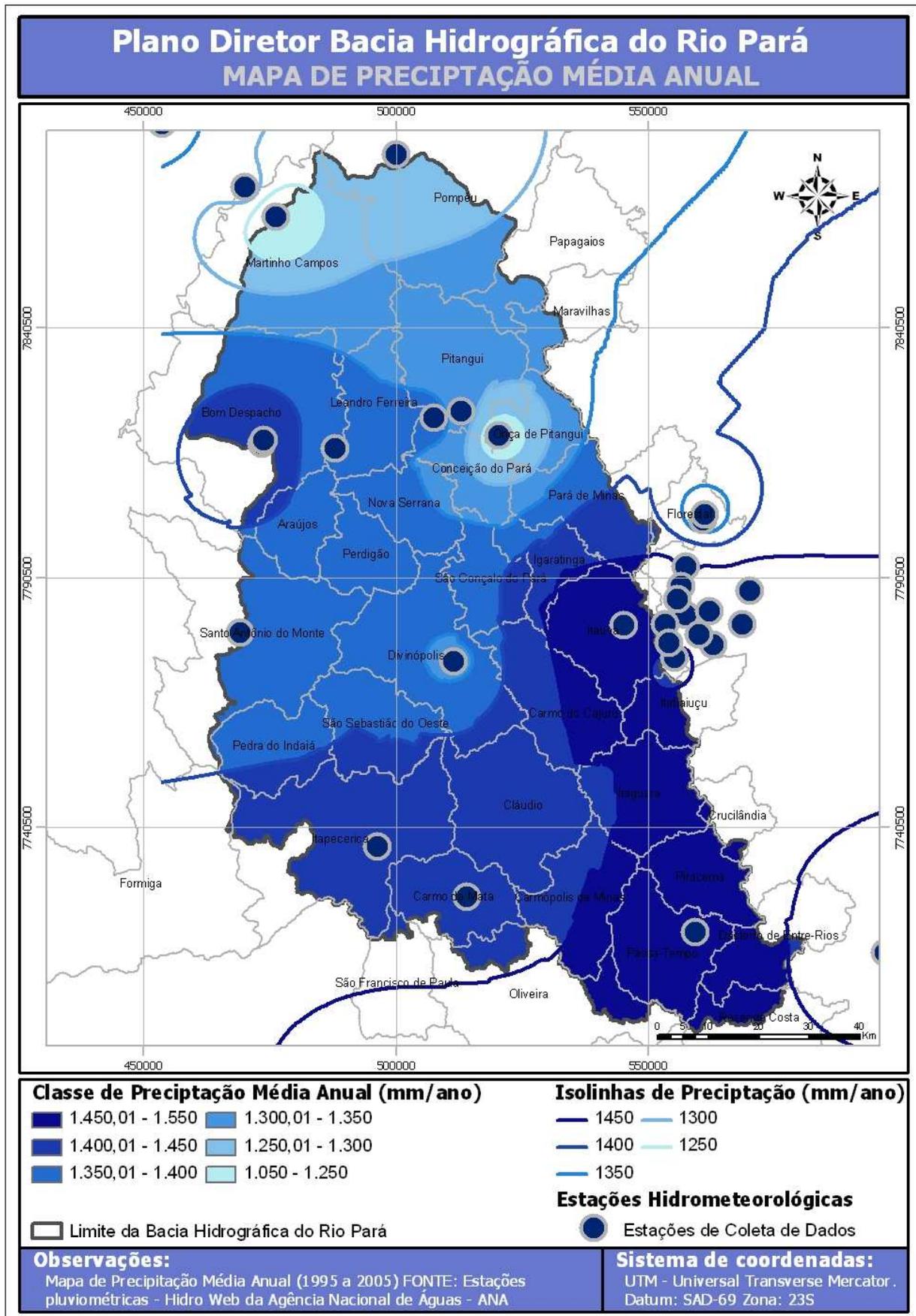
Estações de Coleta com as Respectivas Médias Anuais de Precipitação Acumulada no Período de 1995 a 2005			
Estação/ Código		Nome	Precipitação (mm)
1	1944007	Fazenda Escola Florestal	1.345,318
2	1944011	Jaguaruna - Jusante (Onça)	1.215,300
3	1944021	Velho da Taipa	1.386,486
4	1944026	Barro Preto	1.429,159
5	1944032	Pitangui (1995 a 2004 e neste último ano foram monitorados somente 9 meses)	1.302,950
6	1945004	Estação Álvaro da Silveira	1.360,591

<b>Estações de Coleta com as Respectivas Médias Anuais de Precipitação Acumulada no Período de 1995 a 2005 (cont.)</b>			
<b>Estação/ Código</b>		<b>Nome</b>	<b>Precipitação (mm)</b>
7	1945008	Bom Despacho (Em 2005 esta estação possui monitoramento de somente 8 meses)	1.488,132
8	1945035	Abaeté	1.377,527
9	1945038	Porto das Andorinhas	1.318,255
10	1945039	Martinho Campos (Em 2005 esta estação possui monitoramento de somente 10 meses)	1.186,857
11	2044002	Itaúna – Montante (Em 2005 esta estação possui monitoramento de somente 11 meses)	1.468,591
12	2044006	Divinópolis	1.341,736
13	2044007	Entre Rios de Minas	1.410,945
14	2044009	Fazenda Campo Grande	1.482,236
15	2044019	Fazenda Vista Alegre	1.501,355
16	2044020	Calambau	1.446,182
17	2044021	Alto da Boa Vista	1.508,691
18	2044024	Fazenda Currealinho	1.475,727
19	2044026	Fazenda Coqueiros	1.388,968
20	2044040	Usina João Ribeiro	1.428,386
21	2044041	Fazenda Laranjeiras	1.498,527
22	2044042	Carmo da Mata (ETA-COPASA) (Em 2005 esta estação possui monitoramento de somente 11 meses)	1.414,367
23	2044043	Estiva	1.591,091
24	2044047	Serra da Saudade (Em 2005 esta estação possui monitoramento de somente 11 meses)	1.417,142
25	2044052	Jardim	1.453,755
26	2044053	Escola de Veterinária	1.496,850
27	2044054	Serra Azul	1.443,209
28	2045005	Lamounier (Em 2005 esta estação possui monitoramento de somente 11 meses)	1.424,771
29	2045013	Santo Antonio do Monte	1.398,391
30	2144000	Bom Sucesso (De 2001 a 2004 esta estação possui monitoramento de somente 11 meses)	1.505,064
31	2144020	Usina São João Del Rei (Em 2002 esta estação possui monitoramento de somente 11 meses)	1.505,874
32	2144024	Vila Rio das Mortes (Em 2002 esta estação possui monitoramento de somente 10 meses)	1.483,762
33	2145007	Usina Couro do Cervo (Em 2005 esta estação possui monitoramento de somente 9 meses)	1.320,150
34	2044037	Santo Antonio do Amparo (Em 2005 esta estação possui monitoramento de somente 11 meses)	1.527,623

<b>Estações de Coleta com as Respectivas Médias Anuais de Precipitação Acumulada no Período de 1995 a 2005 (cont.)</b>			
<b>Estação/ Código</b>		<b>Nome</b>	<b>Precipitação (mm)</b>
35	83581 (INMET)	Florestal (Escola Agronomia) (Em 1997, 2004 e 2005 esta estação possui monitoramento de somente 11 meses e em 2002 de somente 9 meses).	1.282,036
36	83570 (INMET)	Pompéu (Em 2000 esta estação possui monitoramento de somente 11 meses)	1.266,200
37	83533 (INMET)	Bom Despacho	1.387,518

Fonte: INMET – Instituto Nacional de Meteorologia e HIDROWEB – Sistemas de Informações Hidrológicas da ANA – Agência Nacional de Águas (2007). Processamento: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

Considerando a série histórica trabalhada, pode-se dizer que chove mais nas nascentes do que nas regiões próximas à foz do Rio Pará. As áreas com maior volume de precipitação na Bacia Hidrográfica do Rio Pará estão localizadas na região do Município de Bom Despacho, oeste da Bacia Hidrográfica do Rio Pará e na região do Alto Pará. As áreas onde o volume de precipitação é menor abrangem os municípios de Onça de Pitangui, a leste, e a porção noroeste do Município de Martinho Campos, no Baixo Pará.



**Figura 8 – Mapa de Precipitação Média Anual, com Isolinhas e Estações de Coleta de Dados, Obtido pela Interpolação Espacial.**

Fonte: Estações pluviométricas – HIDROWEB da Agência Nacional de Águas – ANA. Processamento: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

### 2.1.1.3 Umidade Relativa

As estações de coleta de dados de umidade relativa do INMET são as mesmas estações utilizadas para a temperatura, e suas características estão apresentadas na **Tabela 2**. O mapa de umidade relativa do ar (**Figura 9**) foi elaborado utilizando-se o mesmo procedimento dos mapas anteriores, interpolando-se os dados médios anuais da série histórica, calculados pelo algoritmo “Inverse Distance Weighted”, gerando-se as isolinhas. O arquivo formato *shapefile* com a tabela de atributos completa poderá ser consultado no **Anexo 3**. Os dados originais utilizados para o cálculo das médias anuais de umidade relativa estão apresentados no **Anexo 7**. A **Tabela 7** apresenta os dados de umidade relativa por estação.

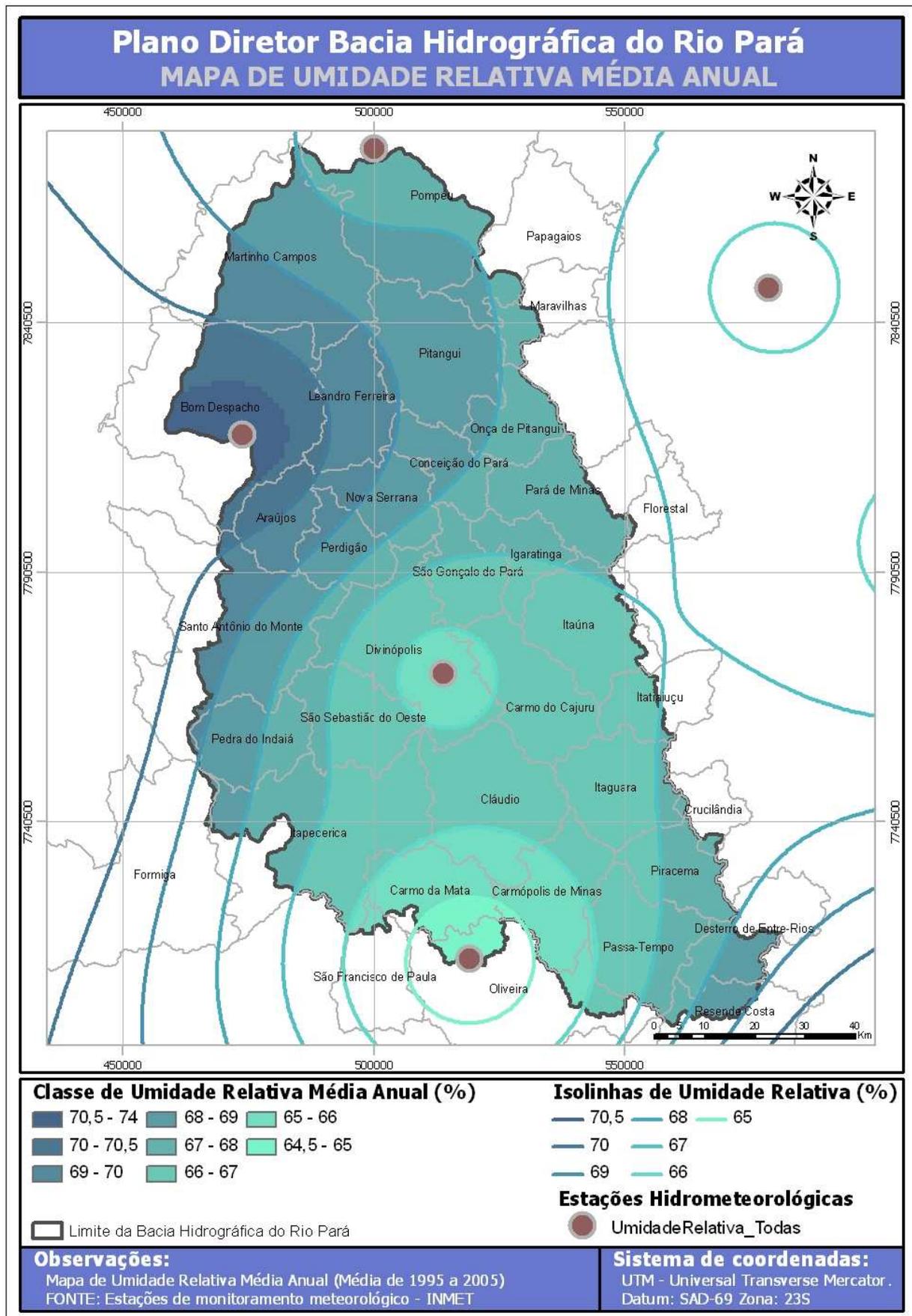
**Tabela 7 – Estações de Coleta com as Respectivas Médias Anuais de Umidade Relativa no Período de 1995 a 2005.**

Estações de Coleta com as Respectivas Médias Anuais de Umidade Relativa no Período de 1995 a 2005		
Nome	Umidade Relativa (%)	Observações
Bambuí	79,50	Todos os meses dos 11 anos considerados foram monitorados.
Barbacena	79,71	Sete dos onze anos do período considerado foram inteiramente monitorados. Nos anos de 1995 a 1997 foram monitorados somente 11 meses. No ano de 1998 foram monitorados somente 7 meses.
Belo Horizonte	65,71	Todos os meses dos 11 anos considerados foram monitorados.
Bom Despacho	70,96	Dez dos onze anos do período considerado foram inteiramente monitorados. Em 2000 foram monitorados apenas 10 meses
Curvelo	Nulo	Oito dos onze anos do período considerado foram inteiramente monitorados. O ano de 2002 não foi monitorado e os anos de 2001, 2003 e 2005 foram monitorados somente alguns poucos meses.
Divinópolis	65,76	Sete dos onze anos do período considerado foram inteiramente monitorados. Em 1995 foram monitorados apenas 2 meses. Em 1997 apenas 6 meses e em 1998 e 2000 apenas 11 meses.
Florestal	Nulo	Cinco dos onze anos do período considerado foram inteiramente monitorados. Só possui monitoramento de 1995 a 2001 no período considerado. Em 1995 somente 11 meses foram monitorados e em 1997 somente 10 meses.
Ibirité	Nulo	Quatro dos onze anos do período considerado foram inteiramente monitorados. Os anos de 1996 a 2000 não foram monitorados. No ano de 2003 somente 4 meses foram monitorados e no ano de 2005 somente 2 meses.
Lavras	71,43	Dez dos onze anos do período considerado foram inteiramente monitorados. No ano de 1997 somente 10 meses foram monitorados.

<b>Estações de Coleta com as Respectivas Médias Anuais de Umidade Relativa no Período de 1995 a 2005 (cont.)</b>		
<b>Nome</b>	<b>Umidade Relativa (%)</b>	<b>Observações</b>
Montes Claros	64,96	Dez dos onze anos do período considerado foram inteiramente monitorados. No ano de 1998 somente 10 meses foram monitorados.
Oliveira	64,51	Três dos onze anos do período considerado foram inteiramente monitorados. Nos anos de 1996, 1999 e 2004 foram monitorados somente 10 meses. No ano de 1997 somente 6 meses. Nos anos de 1998 e 2001 somente 11 meses. Em 2003 e 2005 somente 4 meses.
Ouro Branco	Nulo	Nenhum dos 11 anos do período considerado foi monitorado. Possui monitoramento somente para o ano de 1990.
Patos de Minas	68,30	Dez dos onze anos do período considerado foram inteiramente monitorados. No ano de 2000 somente 11 meses foram monitorados.
Pompéu	67,74	Dez dos onze anos do período considerado foram inteiramente monitorados. No ano de 2000 somente 11 meses foram monitorados.
São João Del Rei	Nulo	Dois dos onze anos do período considerado foram inteiramente monitorados. O ano de 2004 não foi monitorado. Nos anos de 1995, 1997 e 2000 somente 11 meses foram monitorados. Nos anos de 1996 e 1999 somente 7 meses foram monitorados. No ano de 1998 somente 10 meses, no ano de 2003 somente 5 meses e no ano de 2005 somente 2 meses foram monitorados.
Sete Lagoas	65,78	Todos os meses dos 11 anos considerados foram monitorados.

Fonte: INMET – Instituto Nacional de Meteorologia (2007). Dados processados pela TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

A umidade relativa na Bacia Hidrográfica do Rio Pará é menor no sudoeste e em sua área mais central, na altura do Município de Divinópolis, aumentando em direção dos limites administrativos da Bacia, ao norte. Os valores mais baixos acontecem na altura dos municípios de Carmo da Mata e Oliveira, no centro sul. Os valores mais altos acontecem nas nascentes do Rio Pará, ao sul, e na altura do Município de Bom Despacho, a noroeste.



**Figura 9 – Mapa de Umidade Relativa Média Anual, com Isolinhas e Estações de Coleta de Dados, Obtido pela Interpolação Espacial.**

Fonte: INMET – Instituto Nacional de Meteorologia (2007). Processamento: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

### 2.1.1.4 Insolação

As estações de coleta de dados de insolação do INMET são as mesmas estações utilizadas no caso da temperatura e da umidade relativa, e suas características estão apresentadas na **Tabela 2**.

O mapa de insolação (**Figura 10**) foi elaborado utilizando-se o mesmo procedimento dos mapas anteriores, interpolando-se os dados médios calculados (**Tabela 8**) pelo algoritmo “Inverse Distance Weighted”, gerando-se as isolinhas. O arquivo formato *shapefile* com a tabela de atributos completa poderá ser consultado no **Anexo 3**. Os dados originais utilizados para o cálculo das médias anuais de insolação estão apresentados no **Anexo 7**.

**Tabela 8 – Estações de Coleta com as Respectivas Médias Anuais de Insolação no Período de 1995 a 2005.**

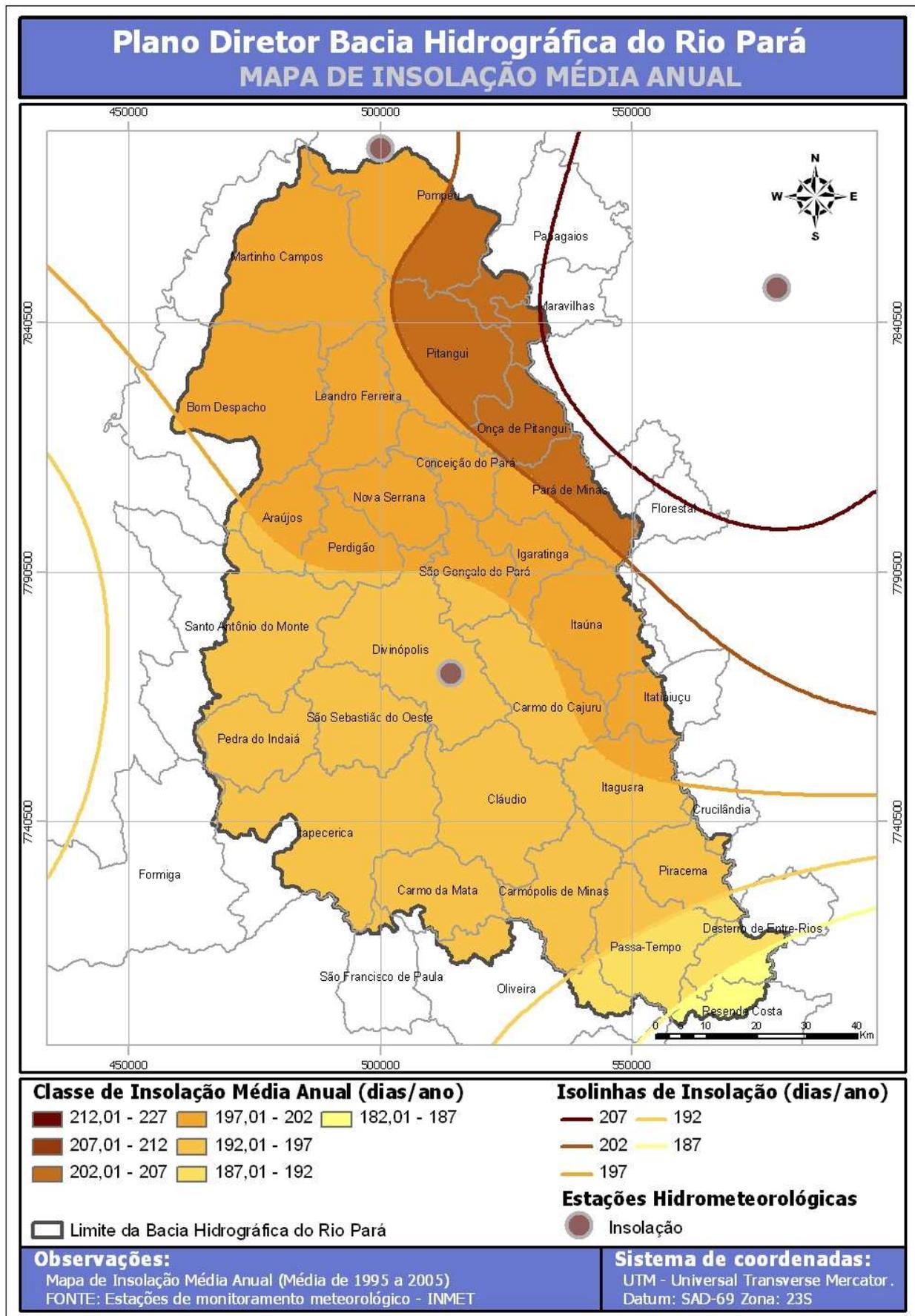
Estações de Coleta com as Respectivas Médias Anuais de Insolação no Período de 1995 a 2005		
Nome	Insolação (horas)	Observações
Bambuí	183,94	Dez dos onze anos do período considerado foram inteiramente monitorados. No ano de 1995 somente 11 meses foram monitorados.
Barbacena	136,35	Sete dos onze anos do período considerado foram inteiramente monitorados. Nos anos de 1995 a 1997 somente 11 meses foram monitorados e no ano de 1998 foram monitorados somente 6 meses.
Belo Horizonte	206,06	Nove dos onze anos do período considerado foram inteiramente monitorados. No ano de 1995 somente 5 meses foram monitorados e no ano de 1998 somente 9 meses foram monitorados.
Bom Despacho	Nulo	Dois dos onze anos do período considerado foram inteiramente monitorados. Seu monitoramento iniciou em 1999, ano para o qual existem registros de apenas 4 meses. Nos anos de 2002 e 2004 foram monitorados somente 8 meses. No ano de 2003 somente 5 e no ano de 2005 somente 11 meses.
Curvelo	Nulo	Nenhum dos 11 anos do período considerado foi inteiramente monitorado. Dentro do período adotado, esta estação possui registros somente de 1995 a 1999, com muitas falhas.
Divinópolis	195,90	Cinco dos onze anos do período considerado foram inteiramente monitorados. No ano de 1995 somente 2 meses foram monitorados. No ano de 1997 somente 6 meses foram monitorados. Nos anos de 1998, 2000 e 2003 somente 11 meses foram monitorados e no ano de 2004 somente 9 meses foram monitorados.
Florestal	Nulo	Cinco dos onze anos do período considerado foram inteiramente monitorados. Seu monitoramento terminou em 2002, ano no qual somente 4 meses foram monitorados. Em 1996 somente 11 meses foram monitorados e em 1997 somente 10 meses.
Ibirité	Nulo	Seu monitoramento encerrou em 1995.

<b>Estações de Coleta com as Respectivas Médias Anuais de Insolação no Período de 1995 a 2005 (cont.)</b>		
<b>Nome</b>	<b>Insolação (horas)</b>	<b>Observações</b>
Lavras	207,10	Dez dos onze anos do período considerado foram inteiramente monitorados. No ano de 1997 somente 10 meses foram monitorados.
Montes Claros	229,89	Dez dos onze anos do período considerado foram inteiramente monitorados. No ano de 1998 somente 10 meses foram monitorados.
Oliveira	Nulo	Apenas um dos onze anos do período considerado foi inteiramente monitorado. Seu monitoramento encerrou em 1999. No ano de 1996 somente 10 meses foram monitorados. Em 1997 somente 6 meses, em 1998 somente 11 meses e em 1999 somente 4 meses foram monitorados.
Ouro Branco	Nulo	Só possui monitoramento nos anos de 1989 e 1990.
Patos de Minas	205,10	Seis dos onze anos do período considerado foram inteiramente monitorados. No ano de 1995 somente 10 meses foram monitorados. Nos anos de 1997, 2000 e 2004 somente 11 meses foram monitorados. E no ano de 2002 somente 8 meses foram monitorados.
Pompéu	201,40	Nove dos onze anos do período considerado foram inteiramente monitorados. No ano de 2000 somente 11 meses foram monitorados e em 2005 somente 2 meses foram monitorados.
São João Del Rei	Nulo	Quatro dos onze anos do período considerado foram inteiramente monitorados. Nos anos de 1995 e 2000 somente 11 meses foram monitorados. Nos anos de 1997 e 1998 somente 5 meses foram monitorados. No ano de 1996 somente 7 meses foram monitorados, em 1999 somente 6 meses e em 2005 somente 8 meses foram monitorados.
Sete Lagoas	223,55	Dez dos onze anos do período considerado foram inteiramente monitorados. No ano de 1997 somente 11 meses foram monitorados.

Fonte: INMET – Instituto Nacional de Meteorologia (2007). Processamento: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

Os maiores números de dias de insolação por ano registrados na Bacia Hidrográfica do Rio Pará concentraram-se em sua região nordeste, dos municípios de Pompéu, Pitangui, Onça de Pitangui e Pará de Minas.

As nascentes do Rio Pará registraram os anos com menos dias de insolação de toda a Bacia Hidrográfica do Rio Pará, nos municípios de Resende Costa, Desterro de Entre Rios e Passa Tempo. Em uma análise macro, os dias de insolação são em menor número no sul e aumentam na direção norte da Bacia Hidrográfica do Rio Pará.



**Figura 10 – Mapa de Insolação Média Anual, com Isolinhas e Estações de Coleta de Dados, Obtido pela Interpolação Espacial.**

Fonte: INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. Processamento: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

### 2.1.1.5 Albedo

Albedo é a razão entre a quantidade de radiação refletida pela superfície da terra e a radiação proveniente do sol. Superfícies que possuem altas taxas de albedo incluem areia e neve, enquanto que baixas taxas de albedo incluem florestas e terra fresca.

A radiação solar são ondas eletromagnéticas curtas emitidas pelo Sol, responsáveis pelo aquecimento terrestre. A radiação solar é parcialmente refletida pelo Planeta Terra. A partir da irradiância emergente no topo tenta-se avaliar a irradiância global à superfície. Seus coeficientes podem variar no tempo e precisam de validação sistemática.

Pode ser aplicado a um planeta como um todo, admitindo a denominação albedo esférico. O termo também pode referir-se a um ponto do planeta, à sua superfície ou acima dela; neste caso, admite ser avaliado experimentalmente empregando-se um albedômetro (**Figura 11**) aparelho que consiste num arranjo de dois piranômetros, voltados um para cima e outro para baixo em relação a um plano horizontal. A saída do instrumento pode eventualmente ser interpretada em termos do albedo associado ao sistema físico situado sob aquele plano. Albedo varia de 0 a 1. Assume valor nulo na ausência de espalhamento, e valor unitário na ausência de absorção.



**Figura 11 – Albedômetro**

Fonte: Marcelo de Paula Corrêa - DSA/CPTEC/INPE

A **Tabela 9** mostra o albedo de algumas superfícies:

**Tabela 9 – Valores de Albedo para Algumas Superfícies.**

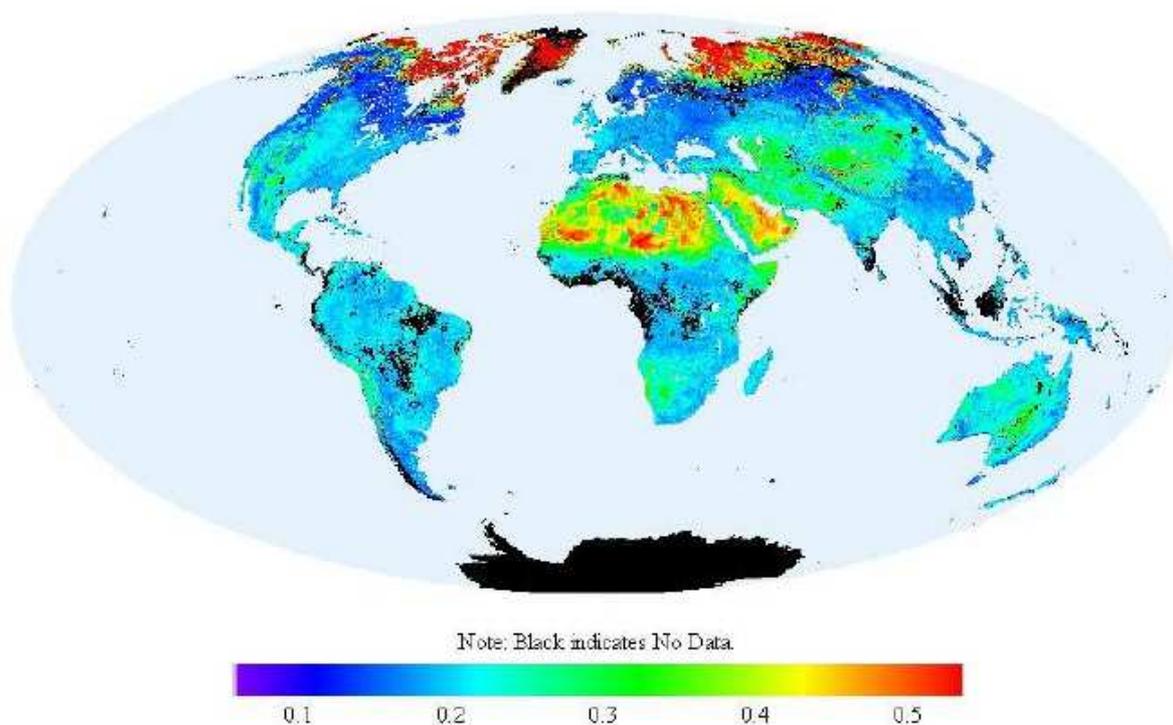
Valores de Albedo para Algumas Superfícies			
Superfície	Albedo (%)	Superfície	Albedo (%)
Água	4,8	Gramma viçosa	1,1
Areia seca	4,2	Neve seca (nova)	94,4
Areia úmida	2,4	Neve seca (antiga)	82,2

Valores de Albedo para Algumas Superfícies (cont.)			
Superfície	Albedo (%)	Superfície	Albedo (%)
Asfalto	5,5	Terra	2,2
Gramma amarelada	1,0	Pedra calcária	11,2

Fonte: Marcelo de Paula Corrêa - DSA/CPTEC/INPE

Os registros de medição de albedo no Planeta são feitos pela Nasa, através do sensor meteorológico Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS), presente nos satélites meteorológicos em órbita, que compõem o Projeto EOS – Earth Observing System (Terra). Com 36 bandas espectrais e uma resolução radiométrica de 12 bits este sensor possui um maior número de bandas espectrais que os outros imageadores de baixa/média resolução espacial já lançados.

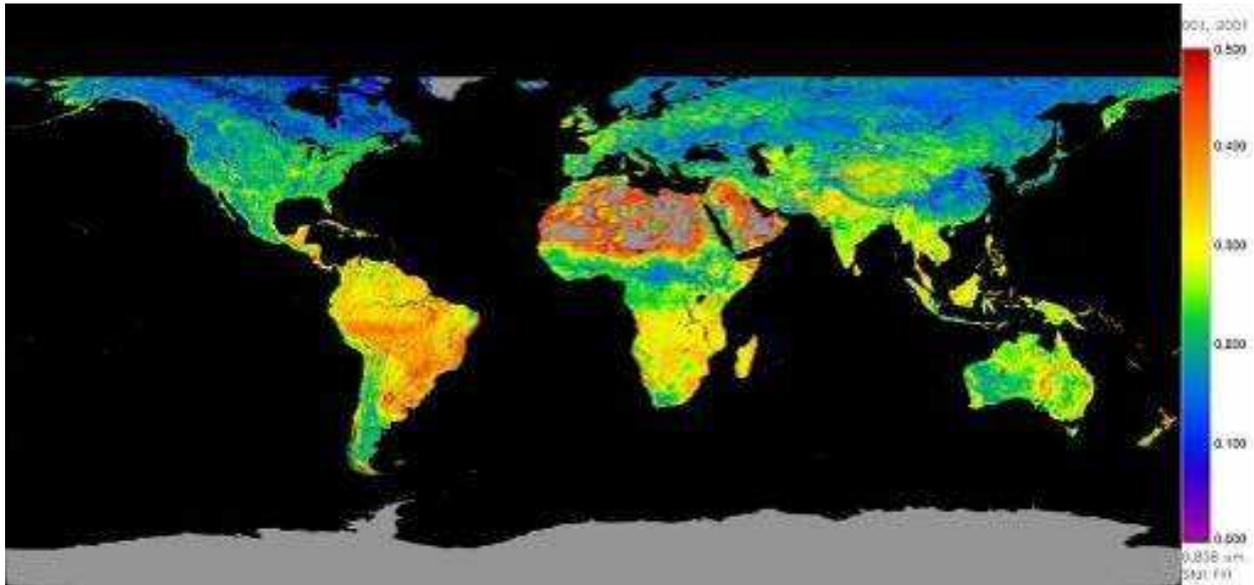
São diversos os produtos obtidos através do imageamento realizado pelo sensor MODIS, entre eles os parâmetros da distribuição da função da reflectância bidirecional (BRDF) /ALBEDO. A reflectância da superfície terrestre é altamente anisotrópica. Seu valor, quando observado do espaço dependerá de duas variáveis: o ângulo de visada do sensor e o de iluminação solar. Isto se deve, principalmente, aos efeitos direcionais da transferência radiativa no interior de dosséis ou solos, além dos efeitos geométricos, tais como o de sombreamento, causados pela estrutura tridimensional da vegetação e outras superfícies. Exemplos deste produto global estão apresentados nas **Figuras 12 e 13** abaixo:



**Figura 12 – Exemplo de Distribuição da Função da Reflectância Bidirecional (BRDF) /ALBEDO, Obtido pelo Sensor MODIS.**

Albedo global para o período de 30 de setembro a 13 de outubro de 2002.

Fonte: Adaptada da NASA. <http://geography.bu.edu/brdf/mod43b.html>



**Figura 13 – Exemplo de Distribuição da Função da Reflectância Bidirecional (BRDF) /ALBEDO, Obtido pelo Sensor MODIS.**

Albedo global para o período de 1º a 16 de Janeiro 2001.

Fonte: MODIS Atmosphere. <http://modis-atmos.gsfc.nasa.gov/ALBEDO>

Foram selecionadas no site da NASA as imagens de Albedo da região da Bacia Hidrográfica do Rio Pará disponíveis, limitando-se a três recortes temporais, Junho de 2006, Dezembro de 2006 e Abril de 2007. Para compor a área da Bacia foram utilizadas duas cenas para cada data, 13-10 e 13-11, compondo o mosaico necessário. Foram recortadas no perímetro da Bacia com a composição de bandas espectrais, do MCD43b3, (Albedo Terra + Água), como mostra a **Figura 15**, que exemplifica um dos recortes temporais obtidos, de junho de 2006.

Para se obter o resultado do Albedo foi necessário aplicar uma função de correção dos valores de pixel na imagem. Utilizando software específico, foi aplicada a função: “banda1\*fc+banda2\*fc+...+banda7\*fc+fc + [(banda8+banda9+banda10)/3] = albedo”, onde “banda” é o valor do pixel em cada banda e “Fc” é fator de correção aplicado em cada banda.

A **Figura 14** mostra a relação do Fc com as bandas para o cálculo do Albedo de Superfície.



**Figura 14 – Fatores de Correção por Banda e Esquema de Cálculo do Albedo de Superfície**

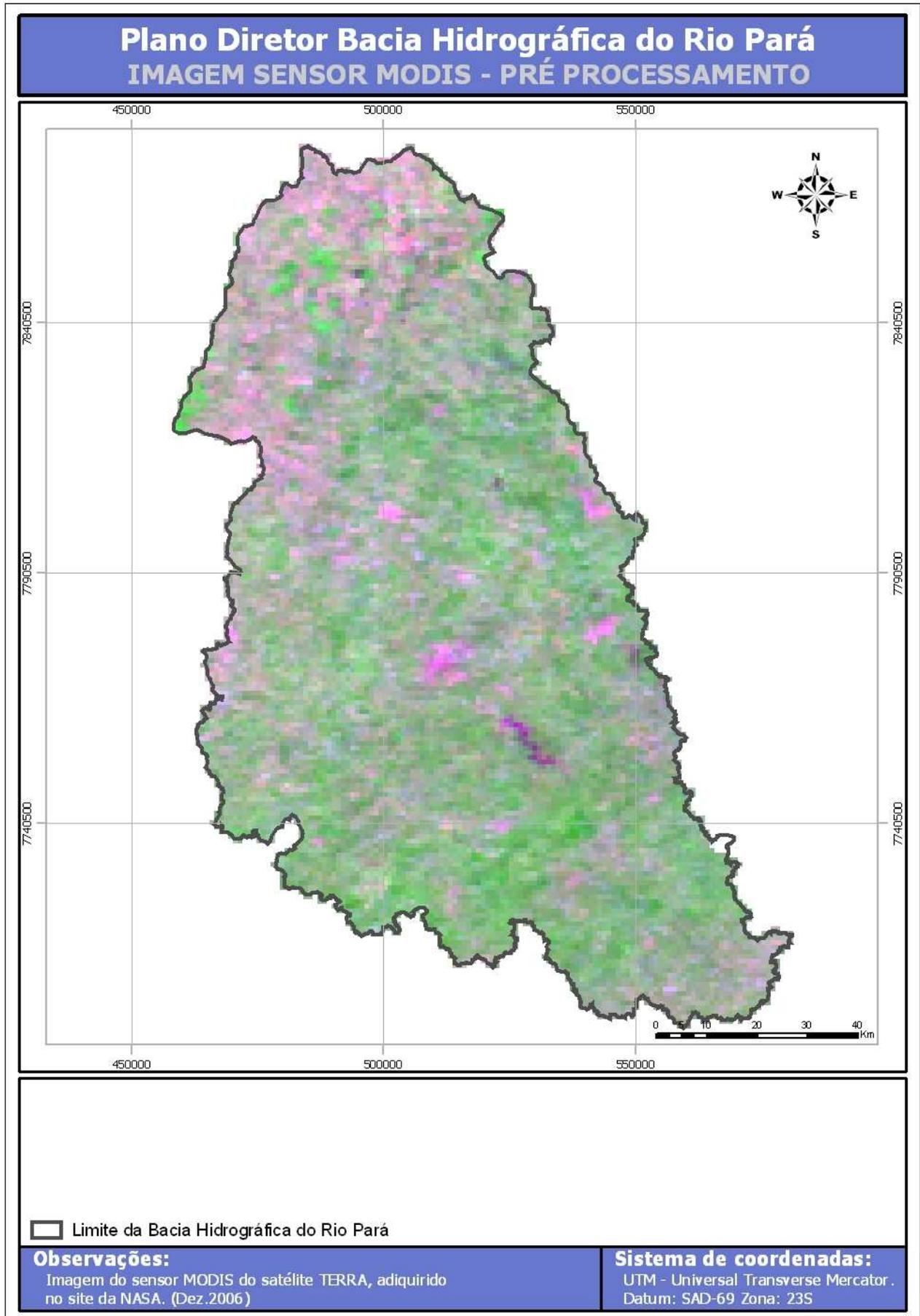
Fonte: Artigo – Liang, 1999.

As **Figuras 16, 17 e 18** a seguir mostram o albedo na região da Bacia Hidrográfica do Rio Pará para os anos de 2006 e 2007. Os arquivos formato *shapefile* com a tabela de atributos completa poderão ser consultados no **Anexo 3**.

Nota-se que no mês de junho, o albedo registra valores entre 10 e 20% para quase toda a Bacia Hidrográfica do Rio Pará, com alguns poucos pontos com valores entre 20 e 25%, mais concentrados na área central.

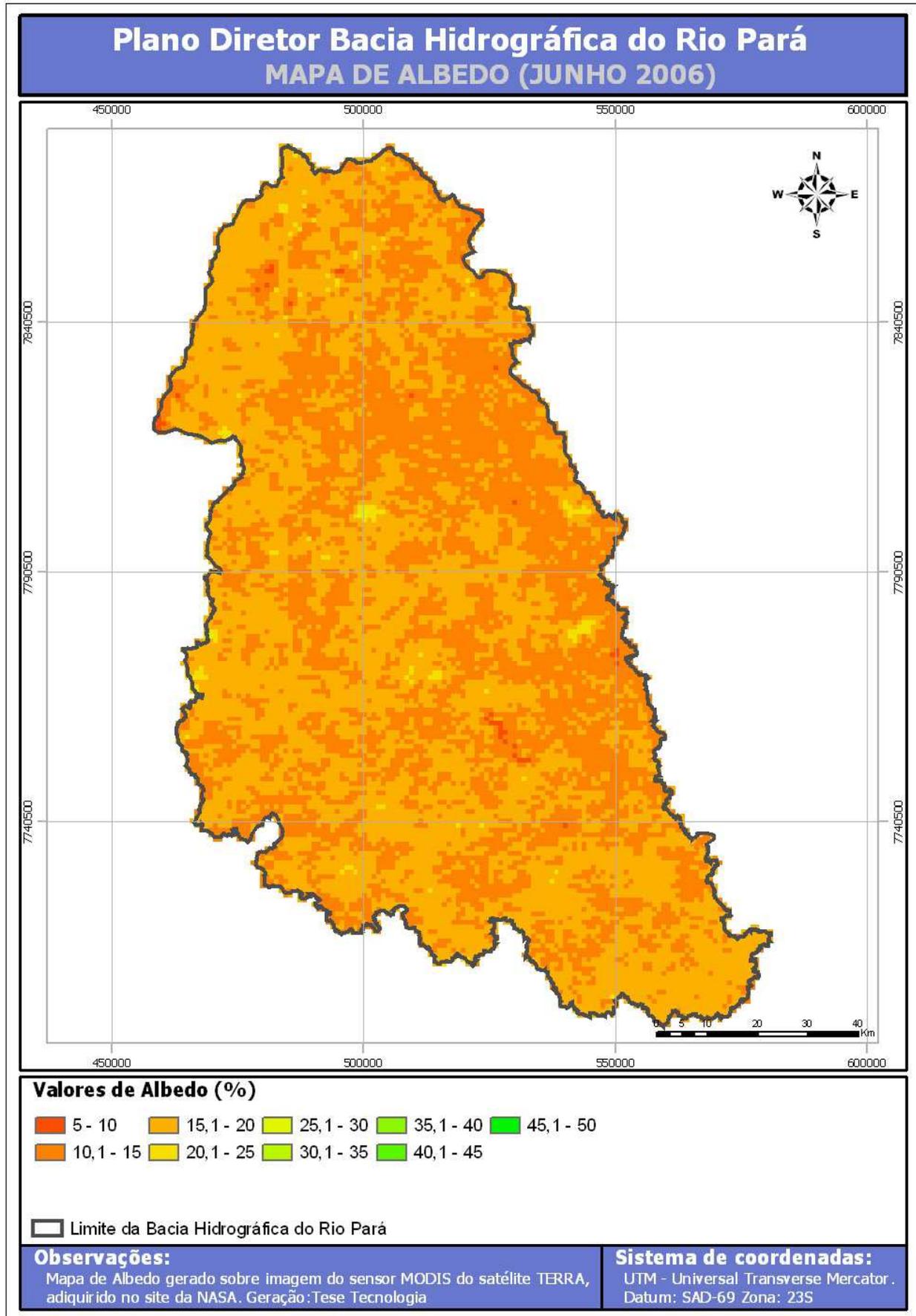
No mês de dezembro o albedo aumentou em relação a junho. A maior parte da Bacia Hidrográfica do Rio Pará continuou registrando valores entre 10 e 20%, mas aumentou o montante de áreas com valores entre 20 e 25%, tendo sido registrados também alguns valores superiores a 40% na região do Médio Pará e próximo ao seu exutório, na altura dos municípios de Pitangui e Pompéu.

No mês de abril o albedo da Bacia Hidrográfica do Rio Pará revelou os maiores valores dentro de uma homogeneidade para toda a região, com registros entre 25 e 35%, mas sem os picos acima de 40% que ocorreram em dezembro em algumas áreas.



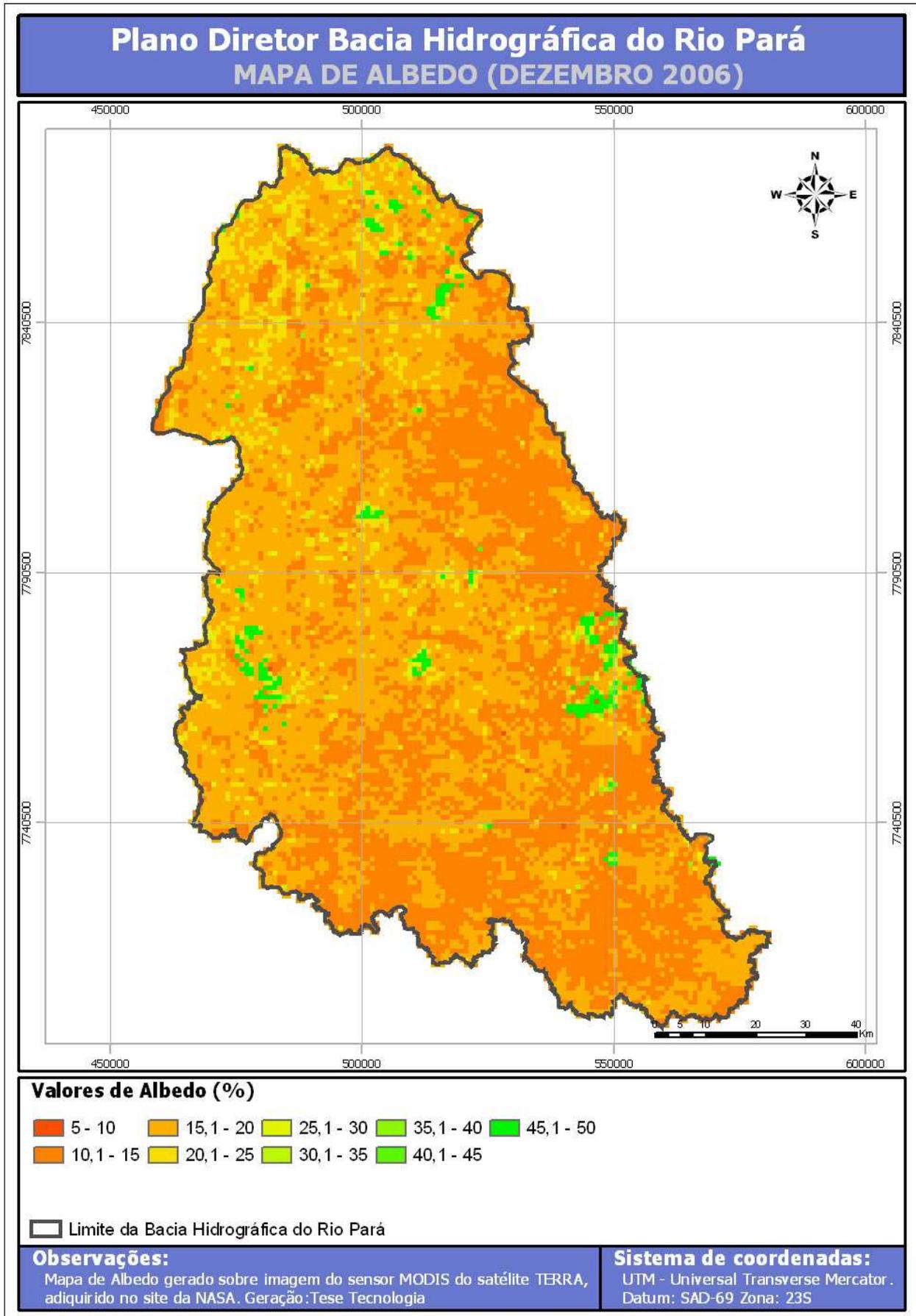
**Figura 15 – Imagem de Satélite do Sensor MODIS, de Dezembro de 2006.**

Fonte: Imagem adquirida no site da NASA - <http://geography.bu.edu/brdf/mod43b.html>



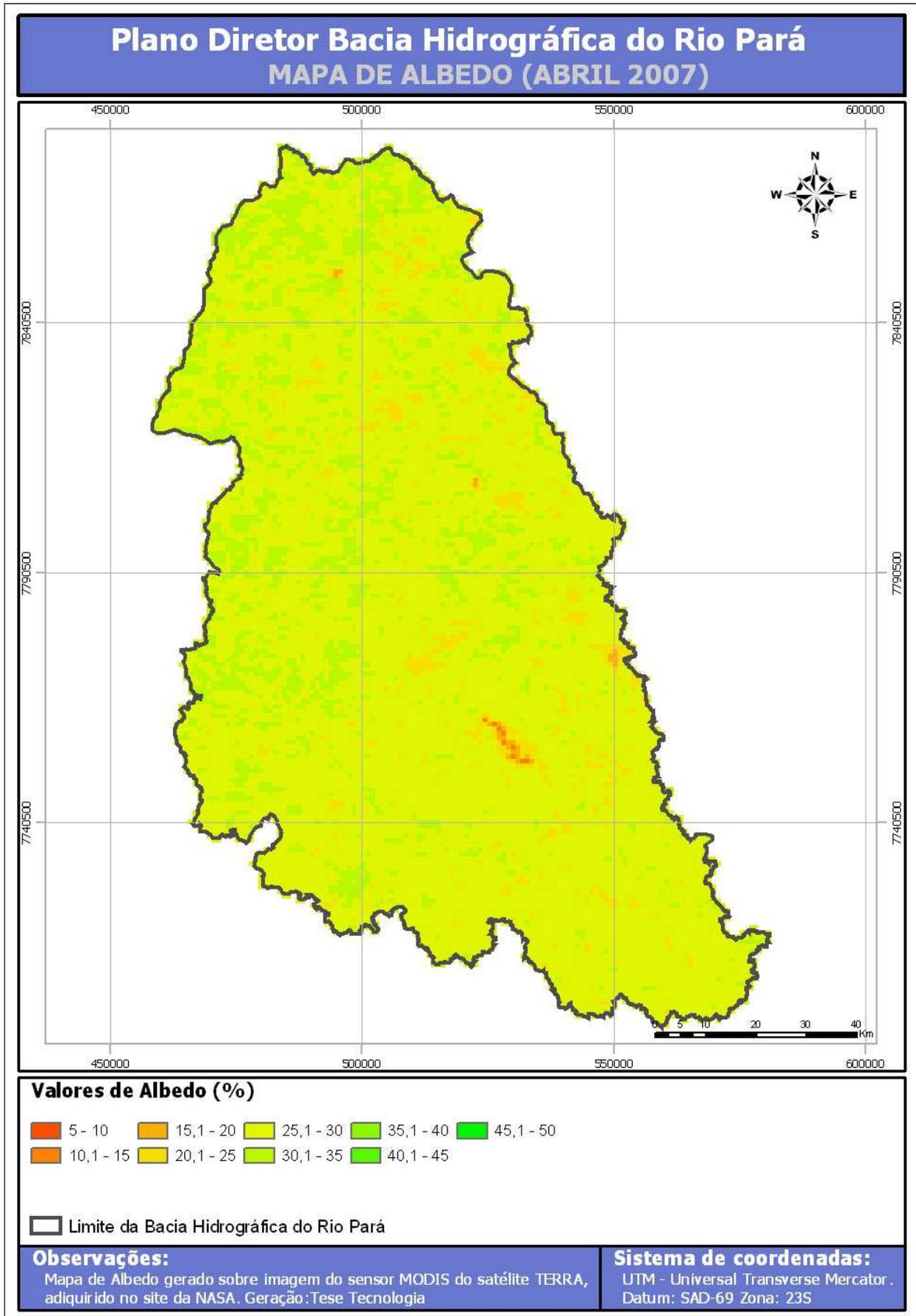
**Figura 16 – Mapa de Albedo, de Junho de 2006.**

Fonte: Imagem adquirida no site da NASA - <http://geography.bu.edu/brdf/mod43b.html>. Processamento: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.



**Figura 17 – Mapa de Albedo, de Dezembro de 2006.**

Fonte: Imagem adquirida no site da NASA - <http://geography.bu.edu/brdf/mod43b.html>. Processamento: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.



**Figura 18 – Mapa de Albedo, de Abril de 2007.**

Fonte: Imagem adquirida no site da NASA - <http://geography.bu.edu/brdf/mod43b.html>. Processamento: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

## 2.2 Cobertura Vegetal – Vegetação

O Termo de Referência prevê a caracterização dos padrões de uso do solo da área delimitada pela Bacia Hidrográfica do Rio Pará seguindo a legenda padrão adotada pelo IEF (Instituto Estadual de Florestas – Secretaria Estadual do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentado de Minas Gerais).

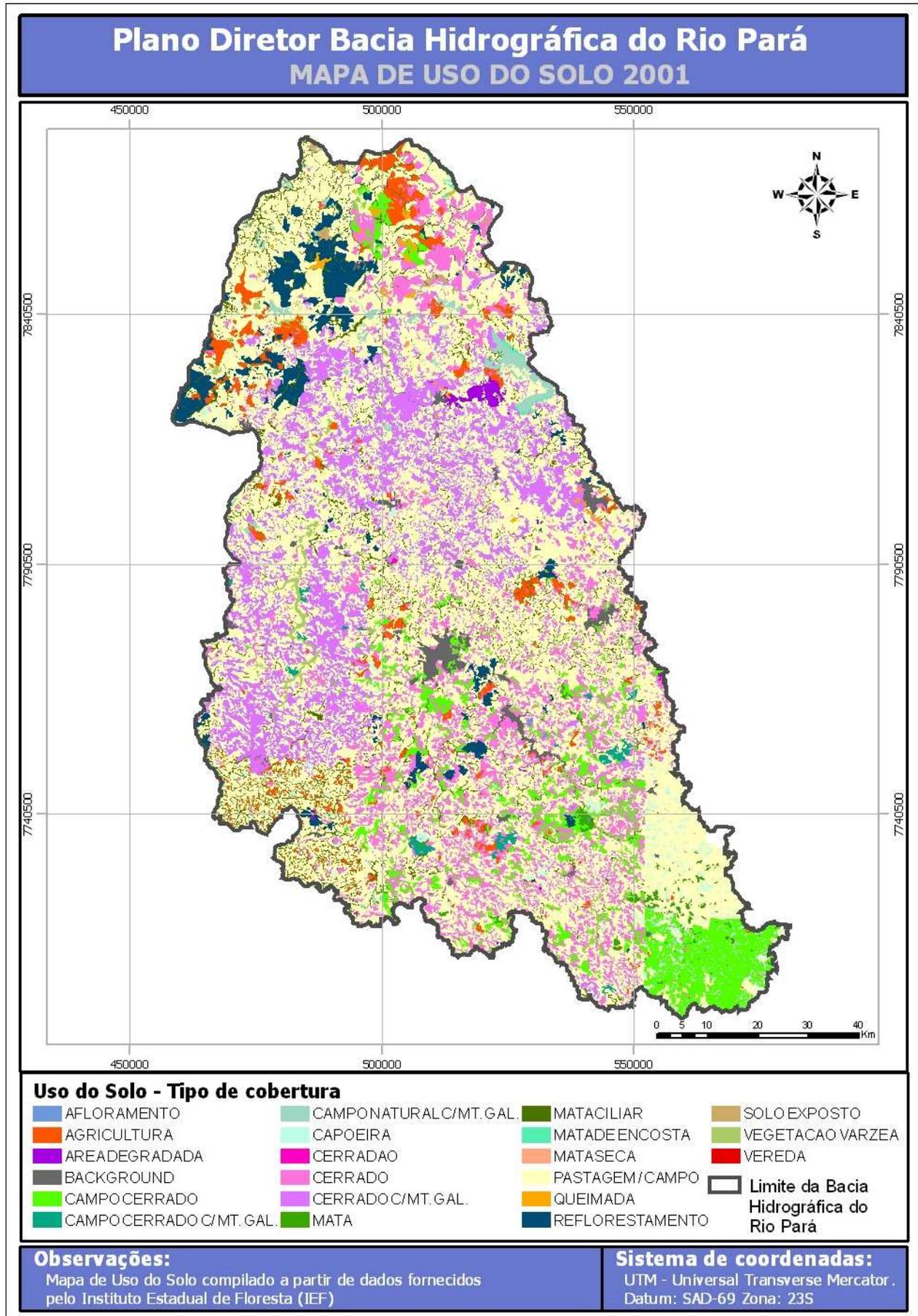
No entanto, a metodologia de mapeamento de uso do solo adotada pelo IEF teve descontinuidade, no que tange os padrões de representação. A realização de novos estudos mais aprimorados, com parcerias e trabalho de campo minimizaram o número de categorias apresentadas. A diferença do trabalho executado em 2001, por ocasião da execução do Sistema de Apoio à Gestão da Bacia Hidrográfica do Rio Pará, para 2003 e 2005 pode ser vista na comparação das respectivas legendas, presente na **Tabela 10**.

**Tabela 10 - Comparação Entre as Legendas Padrões Adotadas pelo IEF em 2001, 2003, 2005 e 2007.**

Comparação Entre as Legendas Padrões Adotadas Pelo IEF em 2001, 2003, 2005 e 2007		
Uso do Solo (2001) (IEF)	Uso do Solo (2003) (IEF)	Uso do Solo (2005 e 2007) (IEF)
Campo Cerrado	Campo	Água
Campo Cerrado com Mata de Galeria	Campo Rupestre	Campo
Campo Natural com Mata de Galeria	Cerrado Denso	Campo Cerrado
Capoeira	Cerrado Ralo	Campo Rupestre
Cerrado	Cerrado Típico	Cerrado
Cerrado com Mata de Galeria	Eucalipto	Eucalipto
Cerradão	Floresta Estacional Semidecidual	Floresta Estacional Semidecidual
Mata		Outros
Mata Ciliar		Urbanização
Mata Seca		Veredas
Vegetação de Várzea		
Vereda		
Queimada		
Solo Exposto		
Afloramento		
Agricultura		
Área Degradada		
Pastagem/Campo		
Reflorestamento		
Outros Usos do Solo		

Fonte: IEF – Instituto Estadual de Florestas MG

A **Figura 19** mostra o mapa de uso do solo elaborado a partir da compilação dos dados obtidos do trabalho “Sistema de Apoio à Gestão da Bacia Hidrográfica do Rio Pará”, executado em 2001 pela empresa TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda. O arquivo formato *shapefile* com a tabela de atributos completa poderá ser consultado no **Anexo 3**.



**Figura 19 – Mapa de Uso do Solo da Bacia Hidrográfica do Rio Pará (2001).**

Fonte: IEF – Instituto Estadual de Florestas MG. Processamento: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

Por instrução do IEF, órgão competente para tal mapeamento no Estado de Minas Gerais, a obtenção de uma análise geral da dinâmica do uso do solo (cobertura vegetal) na Bacia Hidrográfica do Rio Pará a partir de mapeamentos existentes, foi realizada através da utilização dos mapas de 2003, 2005 e 2007, fornecidos pelo órgão, que contém a interpretação executada sob o novo padrão adotado, representados pelas **Figuras 20, 21 e 22**. Os arquivos formato *shapefile* com as tabelas de atributos completas poderão ser consultados no **Anexo 3**.

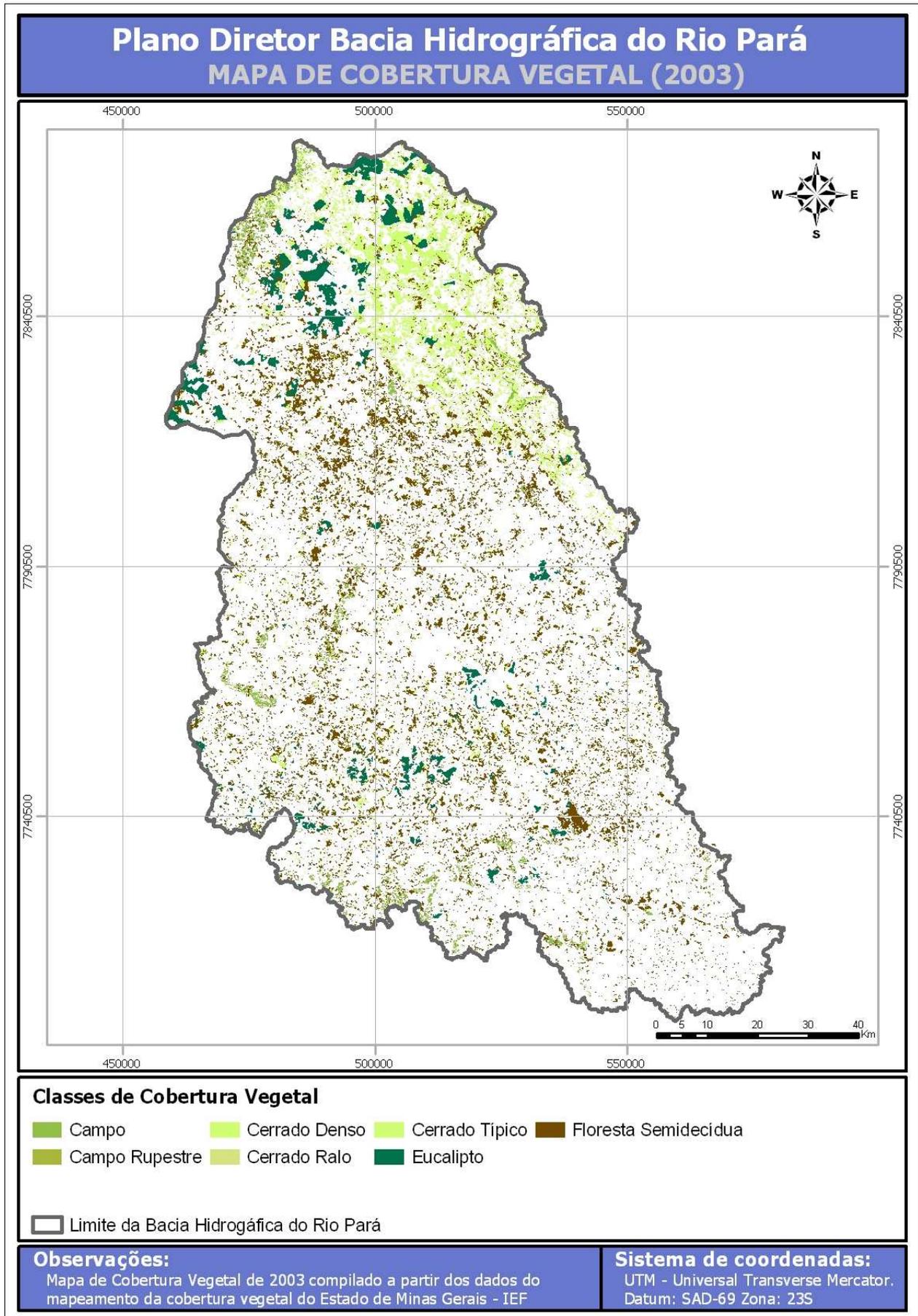
Os mapas de cobertura vegetal de 2003, 2005 e 2007 foram elaborados pelo IEF, em conjunto com o Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal de Lavras, a partir de imagens do satélite Landsat, sensores TM e ETM+ (Carvalho, 2005). O autor desenvolveu uma metodologia de mapeamento da flora nativa e das florestas de produção para todo o Estado de Minas Gerais. A metodologia utiliza-se de imagens multitemporais, retratando três épocas do ano (primavera, verão e inverno), visando a maior capacidade de distinção entre fitofisionomias que ocorrem no estado, capturando as variações fenológicas que ocorrem nas formações vegetais ali encontradas.

Foram selecionadas três cenas de cada época, para cada órbita/ponto, com a finalidade de recobrir o estado todo, procedendo-se à classificação digital das imagens, após uma série de etapas de pré-processamento das cenas, visando à correção geométrica, radiométrica, transformação para valores de reflectância aparente dos níveis de cinza, compatibilização entre sensores, georreferenciamento, mosaicagem e remoção de nuvens.

Um intenso trabalho de campo foi realizado para retratar amostras das diversas formações vegetais ocorrentes no Estado de Minas Gerias. As informações de campo foram obtidas através de incursões aéreas, utilizando helicóptero do IEF, por pesquisadores da UFLA em diversas incursões, além de informações coletadas e disponibilizadas pelos técnicos do IEF.

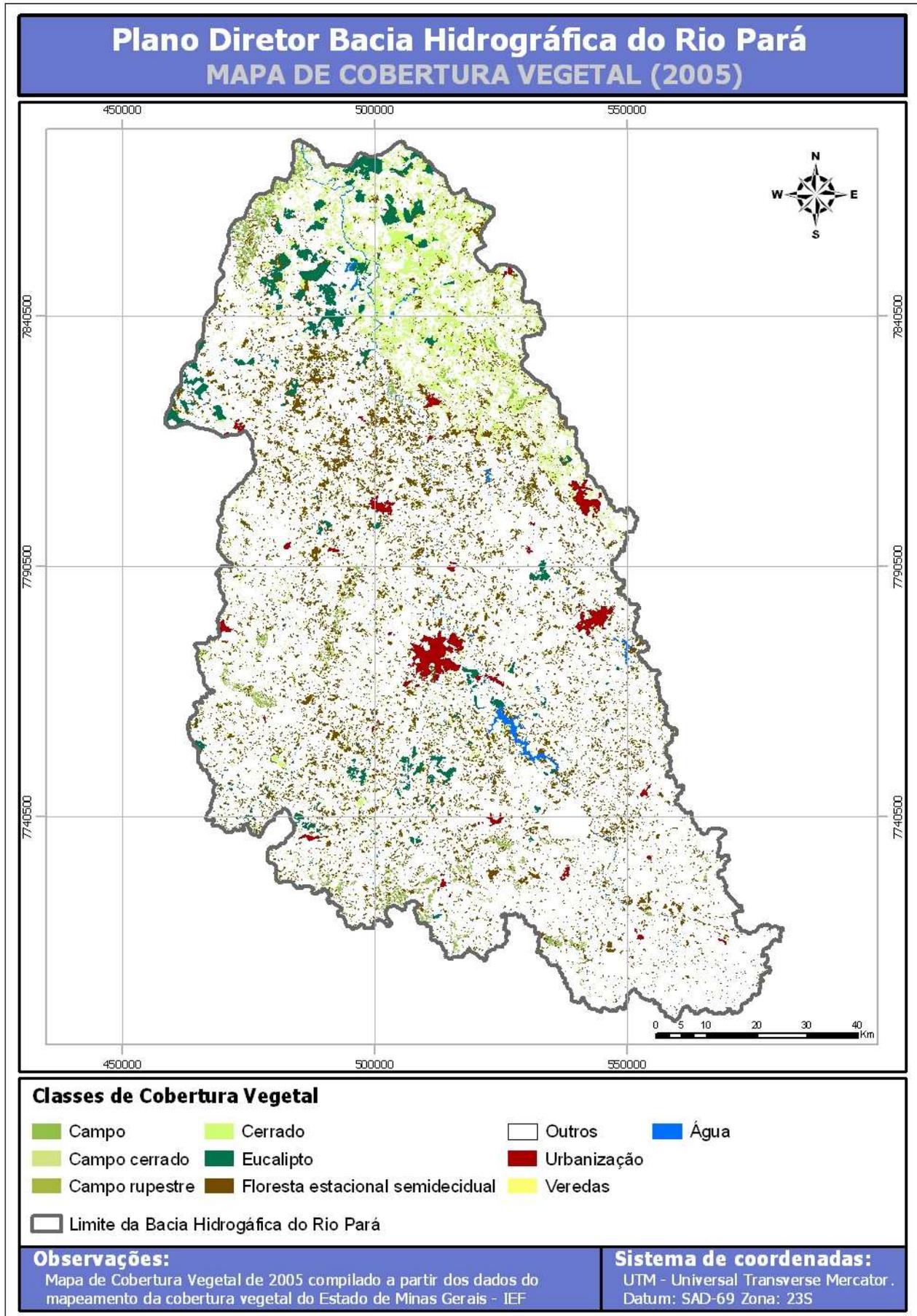
A classificação das imagens foi realizada utilizando-se como dados de entrada as imagens originais para as três épocas do ano e dados auxiliares. Como dados auxiliares, foram gerados os índices brightness, greenness, wetness, que se relacionam respectivamente com a reflectância dos solos, a quantidade de vegetação (biomassa) e a umidade do solo e do dossel. Estes índices foram calculados a partir das imagens de primavera, inverno e verão pela transformação denominada Tasseled Cap. (Huang et al., 2002).

Além destas imagens de entrada utilizadas na classificação automática, incluiu-se também o mapa com as classes de altitude do terreno. Foi utilizado o método de classificação supervisionado e o algoritmo classificador foi o de árvores de decisão, que se baseia em mecanismos de categorização através de divisões hierárquicas, com subdivisões até que sejam obtidas as classes temáticas desejadas. Após a classificação digital, classes como pastagem, solo exposto, áreas urbanas e etc. foram agrupadas em uma única classe chamada "outros". Finalmente, cada zona de mapeamento foi interpretada visualmente para correção de possíveis erros de classificação.



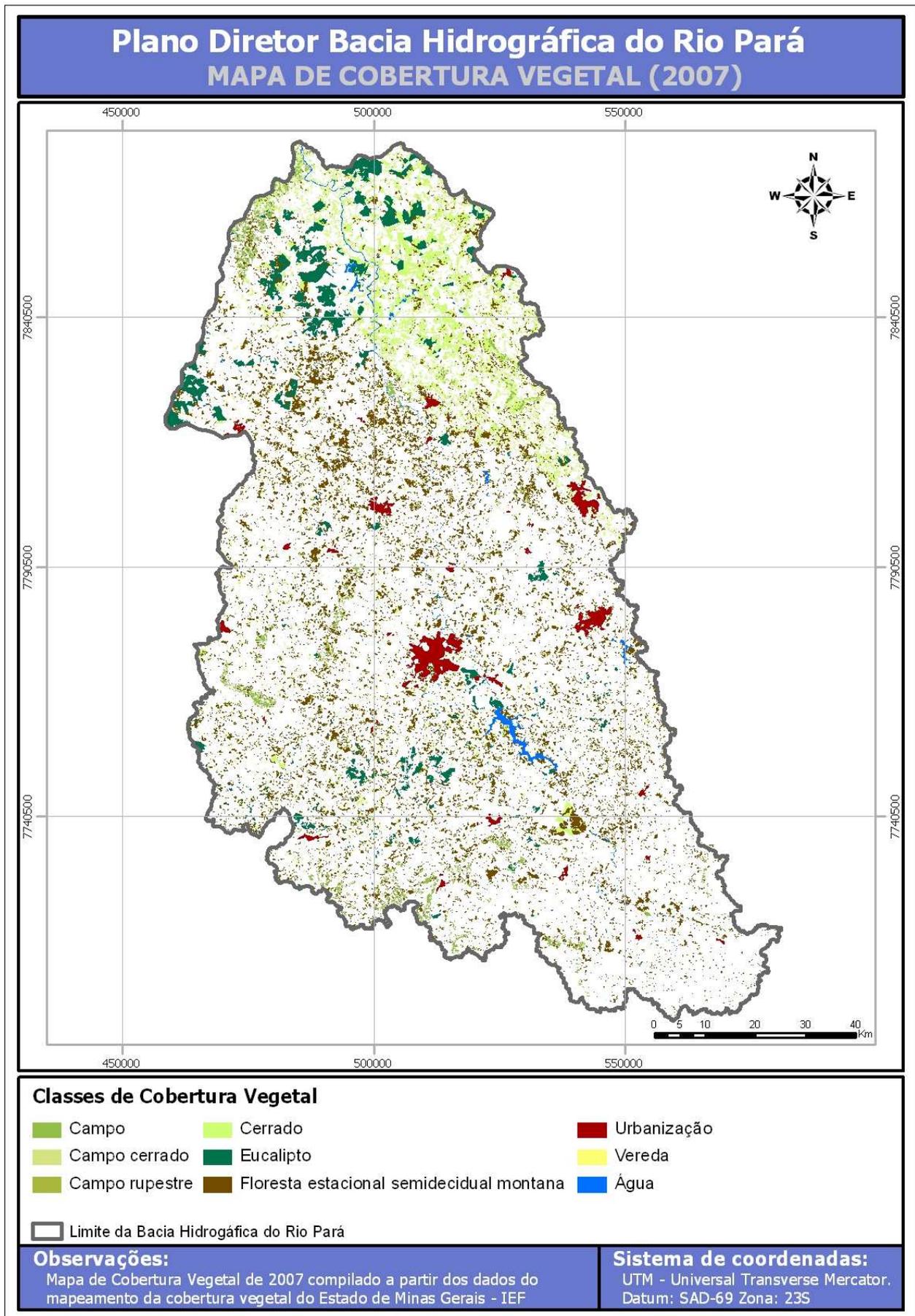
**Figura 20 – Mapa de Cobertura Vegetal da Bacia Hidrográfica do Rio Pará de 2003**

Fonte: IEF – Instituto Estadual de Florestas MG. Processamento: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.



**Figura 21 – Mapa de Cobertura Vegetal da Bacia Hidrográfica do Rio Pará de 2005**

Fonte: IEF – Instituto Estadual de Florestas MG. Processamento: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.



**Figura 22 – Mapa de Cobertura Vegetal da Bacia Hidrográfica do Rio Pará de 2007**

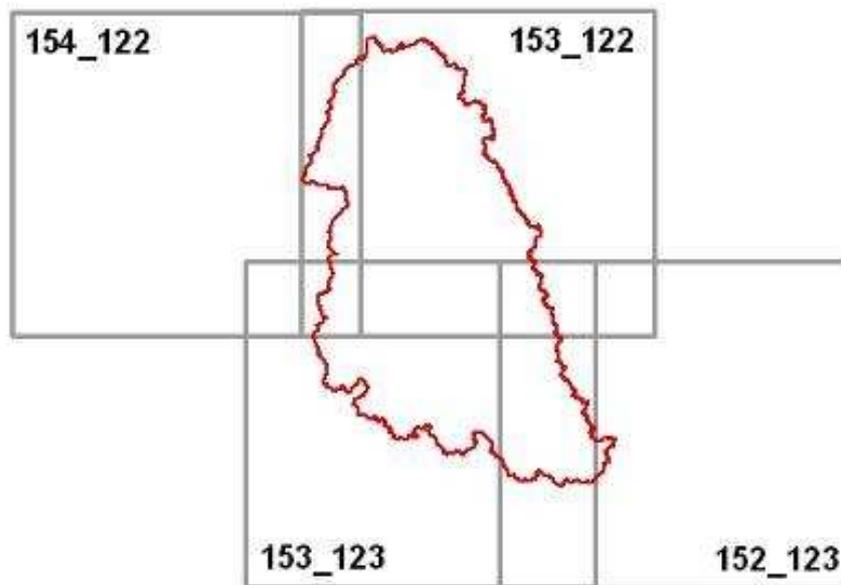
Fonte: IEF – Instituto Estadual de Florestas MG. Processamento: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

Para a obtenção do uso atual do solo serão necessárias algumas classes de uso além da cobertura vegetal. Para tanto é necessário que se adote a prática de Gestão do Conhecimento, onde, expeditamente, seja mapeado o conhecimento tácito do uso do solo por técnicos locais. Este procedimento foi aplicado, para este Plano Diretor, utilizando-se imagens do satélite CBERS-2 (China-Brazil Earth Resources Satellite ou Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres), adquiridas e processadas pela TESE Tecnologia (**Figura 23**).

O satélite CBERS-2 acomoda três sistemas óticos, que seriam: CCD - câmera integradora de alta resolução; IRMSS – imageador por varredura de média resolução; WFI – câmera imageadora de amplo campo de visada. No caso deste trabalho, serão utilizadas imagens obtidas pela câmera CCD (INPE, 2006).

A câmera CCD fornece imagens de uma faixa de 113 km de largura, com uma resolução de 20 m. Esta câmera tem capacidade de orientar seu campo de visada dentro de  $\pm 32$  graus, possibilitando a obtenção de imagens estereoscópicas de certa região. A Câmera CCD opera em 5 faixas espectrais incluindo uma faixa pancromática de 0,51 a 0,73  $\mu\text{m}$  (INPE, 2006).

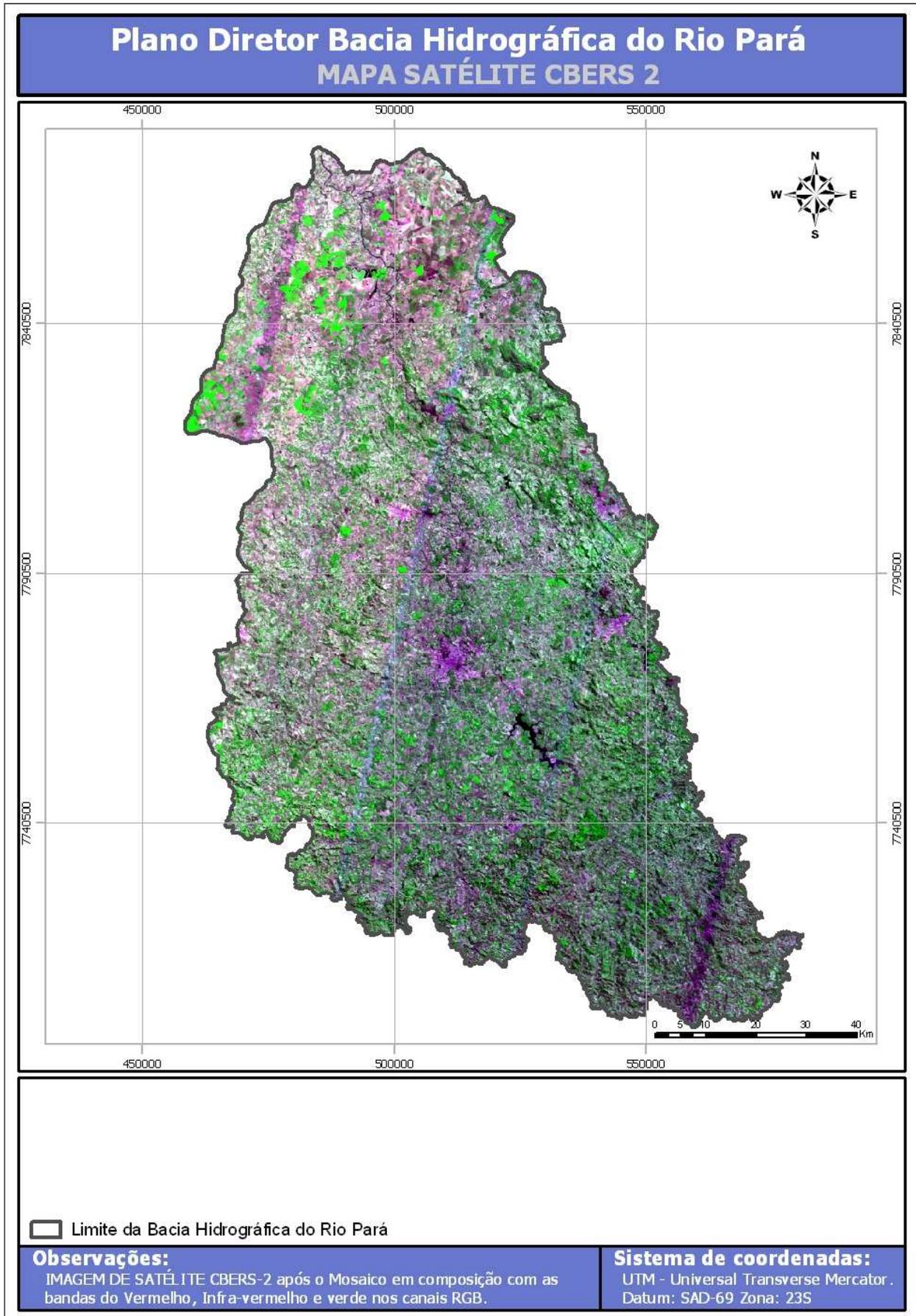
As cenas adquiridas para a elaboração do mapa de uso do solo referem-se às órbitas/ponto 154/122; 153/122; 153/123; 152/123, posicionadas conforme demonstrado na **Figura 23**. A cena 154/122 foi coletada no dia 15 de setembro de 2006, as cenas 153/122 e 153/123 no dia 23 de agosto de 2006 e 152/123 em 26 de agosto de 2006.



**Figura 23 – Croqui Ilustrativo das Cenas Adquiridas do Sensor CBERS-2, Contendo a Órbita e o Ponto de Cada Cena.**

Fonte: IBGE. Processamento: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

As imagens adquiridas sofreram contrastes e foram georreferenciadas. Em seguida, elaborou-se o mosaico para as quatro cenas (**Figura 24**).



**Figura 24 – Imagem satélite CBERS (2006).**

Fonte: INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Processamento: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

A análise da cobertura vegetal, no escopo da presente caracterização do meio físico da Bacia Hidrográfica do Rio Pará se restringirá aos usos referentes à cobertura vegetal de 2007, considerando a variação ocorrida a partir de 2003. Serão abordados também alguns parâmetros de comparação de algumas feições no levantamento de 2001 do IEF, que encontram correspondentes em 2003, 2005 e 2007. As classes de uso obtidas da cobertura vegetal do IEF, com uma análise pormenorizada das feições existentes nas imagens de 2006 fornecidas pelo satélite CBERS-2, possibilitarão a obtenção do mapeamento necessário à aplicação dos modelos de impacto do uso do solo na qualidade da água.

## 2.2.1 Análise da Cobertura Vegetal – 2003 e 2005 e 2007

Para a análise da distribuição das diferentes classes de cobertura vegetal da Bacia Hidrográfica do Rio Pará, foi levada em consideração a dimensão dos polígonos encontrados nos mapas de cobertura vegetal (formato *shapefile*), previamente elaborados pelo IEF, Instituto Estadual de Florestas de Minas Gerais, em 2003 e em 2005 e 2007.

A área dos polígonos foi mensurada utilizando-se as ferramentas disponíveis no software ArcView 8.3. Como metodologia padrão, as áreas dos polígonos foram calculadas inicialmente em metros quadrados e posteriormente convertidas em hectares e quilômetros quadrados.

A partir das áreas absolutas encontradas na medição dos polígonos, calculou-se a área percentual em relação à área total da Bacia Hidrográfica do Rio Pará, como demonstrado na **Tabela 11**.

**Tabela 11 – Classes de Cobertura Vegetal com as Respectivas Áreas Absolutas e Percentuais – Anos 2003, 2005 e 2007.**

Classes de Cobertura Vegetal com as Respectivas Áreas Absolutas e Percentuais – Anos 2003, 2005 e 2007						
Legenda Adotada	Área (km <sup>2</sup> ) (IEF)			% em Relação à Área Total (IBGE)		
	2003	2005	2007	2003	2005	2007
Campo	142,28	140,93	138,99	1,16%	1,15%	1,14%
Campo Cerrado	13,61	13,37	13,30	0,11%	0,11%	0,11%
Campo Rupestre	0,17	0,16	0,16	0,00%	0,00%	0,00%
Cerrado	789,60	764,12	740,29	6,46%	6,25%	6,05%
Eucalipto	334,62	346,01	379,29	2,74%	2,83%	3,10%
Floresta Estacional Semidecidual	1.249,33	1.223,10	1.203,34	10,22%	10,00%	9,84%
Outros (outros, urbanização, vereda e água)	0,00	9.739,82	9.752,14	0,00%	79,66%	79,76%
Sem Classificação	9.697,90	0,00	0,00	79,31%	0,00%	0,00%
<b>Área Total (Km<sup>2</sup>)</b>	<b>12.227,50</b>	<b>12.227,50</b>	<b>12.227,50</b>	<b>100,00%</b>	<b>100,00%</b>	<b>100,00%</b>
<b>Área Total Bacia (IBGE)</b>						
<b>12.227,50 Km<sup>2</sup></b>						

Fonte: IEF – Instituto Estadual de Florestas MG, (2003, 2005 e 2007).

A vegetação de 2003 apresenta algumas peculiaridades, como não apresentar valores para veredas e outros tipos de classe, valores estes que existem para a vegetação dos anos de

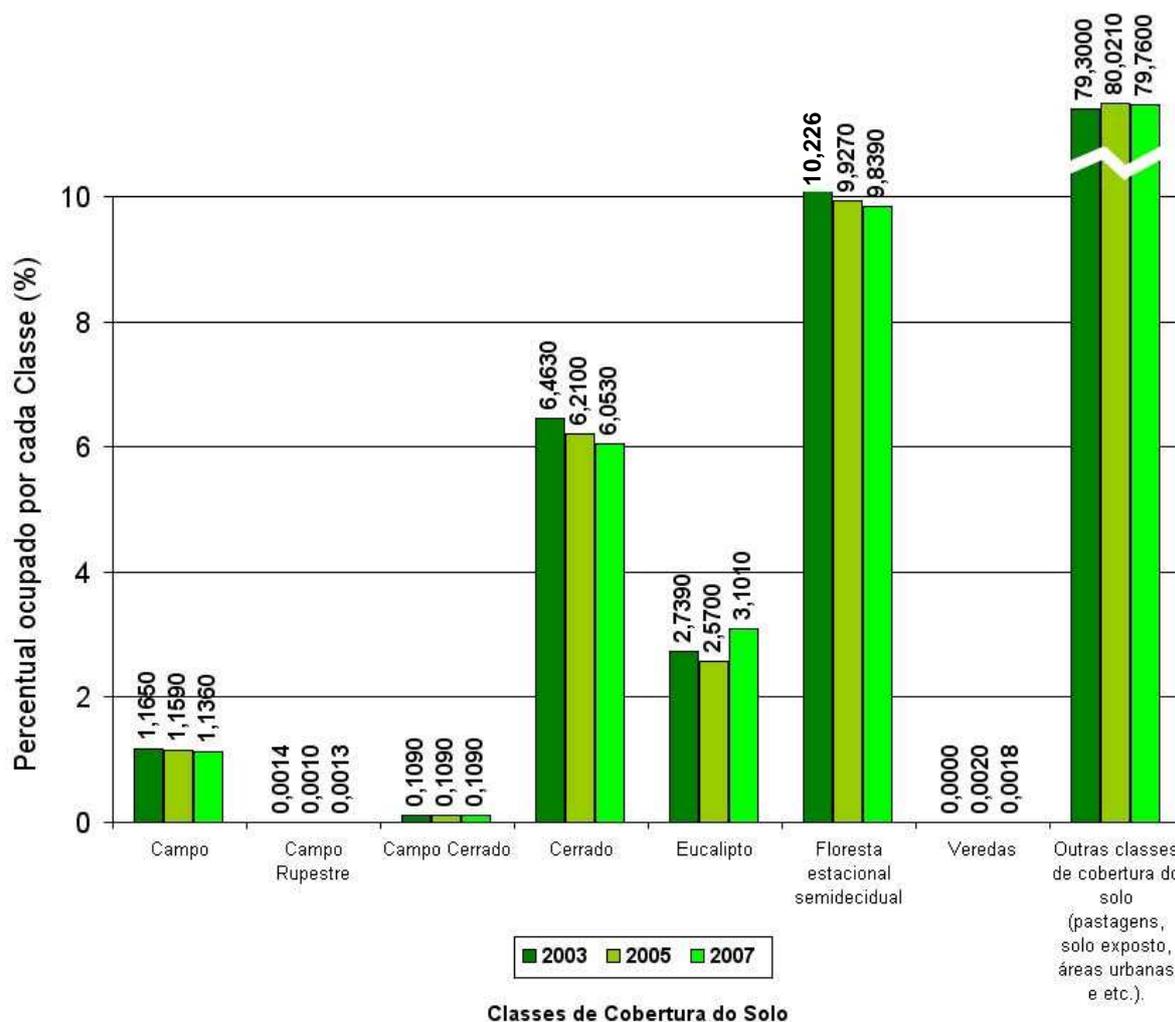
2005 e 2007. Além disso, a vegetação de 2003 apresenta as categorias Cerrado Ralo, Cerrado Denso e Cerrado Típico, que não são encontradas na vegetação dos anos de 2005 e 2007.

A equivalência entre as classes de vegetações do ano de 2003 para os anos de 2005 e 2007 foi feita da seguinte forma:

As classes Cerrado Típico e Cerrado Denso de 2003, fazem somadas, equivalência com a classe Cerrado de 2005 e 2007. A classe Cerrado Ralo de 2003 se equivale à classe Campo Cerrado de 2005 e 2007. As classes Veredas e Urbanização foram incorporadas à classe outras coberturas de solo – pastagens, solo exposto, áreas urbanas.

Para se determinar a área total e, por conseqüência, a porcentagem das outras coberturas de solo - pastagens, solo exposto, áreas urbanas (inexistentes na vegetação de 2003), foi feita a soma algébrica das classes presentes (campo, campo cerrado, campo rupestre, cerrado, eucalipto e floresta estacional semidecidual). O valor obtido foi subtraído da área da Bacia Hidrográfica do Rio Pará.

A **Figura 25** apresenta o gráfico ilustrativo da distribuição da cobertura vegetal na Bacia Hidrográfica do Rio Pará em 2003, 2005 e 2007.



**Figura 25 – Gráfico Ilustrativo da Distribuição das Classes de Cobertura Vegetal na Bacia Hidrográfica do Rio Pará nos Anos de 2003, 2005 e 2007.**

Fonte: IEF – Instituto Estadual de Florestas MG. Processamento: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

De acordo com a **Tabela 11** e o gráfico da **Figura 25**, no ano de 2003 os representantes da vegetação nativa (campos, cerrados e veredas), além do remanescente da floresta nativa, composta pelo ambiente de floresta estacional semidecidual, representavam apenas 17,97% da bacia. O eucalipto, que é um tipo de vegetação exótica e vegetação de produção, representava 2,74% do total da Bacia Hidrográfica do Rio Pará.

Em 2005, as áreas cobertas com vegetação nativa ou florestas de produção representavam 19,98% da área, sendo que as florestas de produção tinham 2,57% da área total. Assim sendo, as formações vegetais nativas ocupando somente 17,41% da área total da Bacia Hidrográfica do Rio Pará, mantendo praticamente estável a cobertura do solo para essas classes.

Em 2007, por sua vez, as áreas cobertas com vegetação nativa ou florestas de produção aumentaram de 19,98% para 20,24%, porém com uma diminuição nas áreas com vegetação nativa de 17,41% para 17,14%, sendo que as áreas de florestas de produção aumentaram de 2,57% para 3,10%.

No levantamento feito na cobertura vegetal do ano de 2003, os campos nativos representados por campo rupestre e campo propriamente dito, corresponderam juntos a 1,16% da Bacia Hidrográfica do Rio Pará, isto é, 1,159 e 0,001%, respectivamente; quantidade extremamente pequena se levado em conta o tamanho total da Bacia Hidrográfica do Rio Pará. Na análise da cobertura vegetal de 2005, essas classes mantiveram os mesmos números com relação à análise anterior. Por sua vez, na análise da cobertura vegetal de 2007, a área de campo rupestre caiu para 1,136% enquanto a área de campo se manteve estável em 0,001%, totalizando assim 1,137%. É importante analisar, no entanto, a natureza destas formações, pois por serem representativas nos ambientes onde são encontrados, têm uma importância muito grande para o equilíbrio da vida na região. A destruição de algumas espécies pode provocar o aumento populacional de outras, gerando, assim, desequilíbrios com conseqüências danosas a todos que habitam um determinado local. Por ser este um tipo de vegetação bastante frágil e de difícil recuperação, ações de proteção e restauração destes ecossistemas são consideradas primordiais e defendidas por um grande conjunto de pesquisadores envolvidos com a preservação do Bioma Cerrado, conforme explicitado no documento *Moção pelo Cerrado*, entregue à Ministra do Meio Ambiente, Marina Silva em julho de 2005.

As áreas de campo vêm sendo maciçamente ocupadas por pastagens formadas por espécies exóticas, florestas de produção e áreas agrícolas. A implantação dessas grandes monoculturas é resultado da vocação, em termos de uso antrópico, das áreas originalmente ocupadas pelo bioma Cerrado, dada à suavidade do relevo, facilitando grandemente a mecanização, e a baixa fertilidade das terras do cerrado (Pivello, 2006).

Ainda segundo Pivello (2006), as espécies invasoras, sobretudo as gramíneas africanas utilizadas para “enriquecer” os campos nativos, além de afetarem diretamente as populações herbáceas nativas por competição, podendo causar extinções locais e perda direta de biodiversidade, impactam o ecossistema como um todo, descaracterizando as fisionomias e modificando sua estrutura. As espécies que se tornam invasoras são altamente eficientes na competição por recursos, o que as leva a dominar as espécies nativas originais. Têm também alta capacidade reprodutiva e de dispersão.

O cerrado, também chamado de savana (Veloso, et. al, 1991, IBGE 1992), classificado em Campo Cerrado e Cerrado ocupava 6,58% da área total da Bacia, no levantamento realizado sobre a cobertura vegetal de 2003, no levantamento de 2005 ocupava 6,32% da área total da Bacia, enquanto para o levantamento de 2007 sofreu uma redução para 6,16%, valores estes, que a exemplo das classes anteriormente descritas, são muito baixos para um ambiente tão representativo dos ecossistemas da área de estudo. O que se procura definir com o termo cerrado não é apenas um tipo vegetação, mas um conjunto de tipos fisionomicamente distribuídos dentro de um gradiente que temos como limites, de um lado o campo limpo e de

outro lado o cerradão. Nesse contexto, podem ser agregadas às linhas de matas e matas galerias, integrantes decisivas desse ecossistema.

A floresta estacional semidecidual constituiu a classe mais bem representada, comparativamente às outras classes de cobertura vegetal nativa, na área da Bacia Hidrográfica do Rio Pará. Em 2003 ocupava 10,22% da área total, 9,93% no levantamento de 2005, e 9,84% no levantamento de 2007, ou seja, praticamente sem modificação significativa. No entanto, esta constância não significa que este ecossistema esteja em equilíbrio ou cumprindo sua função ecológica, pois menos de 10% da área total é um número que alerta para a redução significativa da vegetação natural que ocorre em quase todos os lugares do Brasil. A ecologia da paisagem e a integridade dos remanescentes de vegetação natural devem sofrer posteriores avaliações.

Outro tipo de vegetação encontrado na Bacia Hidrográfica do Rio Pará são as veredas, que são caracterizadas pela presença do Buriti (*Mauritia flexuosa*), palmeira que ocorre em meio a agrupamentos de espécies arbustivo-herbáceas. As Veredas são encontradas sobre solos hidromórficos e circundadas por Campo Limpo, geralmente úmido. Nas Veredas, em função do solo úmido, são encontradas com frequência espécies ornamentais de gramíneas, ciperáceas, xiridáceas, eriocauláceas e melastomatáceas. Nos levantamentos realizados, estas áreas corresponderam a 0,002% do total para o período 2003, não ocorrendo modificações em 2005, e ocorrendo uma pequena redução para 0,0018% em 2007.

Como análise complementar das classes de vegetação, foi utilizada Imagem do satélite CBERS-2, com o objetivo de detalhar as classes de vegetação encontradas na Bacia Hidrográfica do Rio Pará, especificamente a classe de Cerrado, a qual foi classificada da seguinte maneira:

- Cerrado ralo
- Cerrado típico
- Cerrado denso

Observou-se baixa representatividade na área da Bacia Hidrográfica do Rio Pará das classes de cobertura do solo correspondentes à fitofisionomia mais típica do bioma Cerrado, o Cerrado *stricto sensu*, que engloba as tipologias Cerrado Denso, Cerrado Ralo e Cerrado Típico. Estas tipologias estão representadas, na área da Bacia Hidrográfica do Rio Pará, por 1,77; 0,11 e 4,67% respectivamente, totalizando 6,55% da área total, certamente podendo ser considerado insuficiente para a manutenção da biodiversidade e do equilíbrio ecológico destes ecossistemas, mesmo sem que uma análise mais profunda com relação à fragmentação e seus efeitos sejam levados a cabo.

### 2.2.1.1 Cerrado

O Cerrado, segundo maior bioma do Brasil (depois da Amazônia), cobria originalmente pouco mais de 2 milhões de Km<sup>2</sup>, constituindo a mais extensa região de savana da América do Sul (Mittermeier *et al.*, 2006). Constitui-se como uma das regiões de maior biodiversidade do planeta, segundo a abordagem conservacionista adotada por Myers *et al.* (2000), que considera o número de plantas vasculares endêmicas e a área percentual remanescente de determinado bioma.

O Cerrado contém as três maiores bacias hidrográficas sul-americanas. Do ponto de vista hidrológico, por compreender zonas de planalto, a região possui diversas nascentes de rios e, conseqüentemente, importantes áreas de recarga hídrica, que contribuem para grande parte das bacias hidrográficas brasileiras (MMA, 2005). Seis das oito grandes bacias hidrográficas brasileiras têm nascentes na região: a Bacia Amazônica – a Bacia do Tocantins, do Atlântico Norte/Nordeste, do São Francisco (rios São Francisco, Pará, Paraopeba, das Velhas, Jeiquitaí,

Paracatu, Urucaia, Carinhanha, Corrente e Grande), do Atlântico Leste e a Bacia dos Rios Paraná/Paraguai.

Com relação à importância relativa do Cerrado no sistema hídrico, este abrange 78% da área da Bacia do Araguaia-Tocantins, 47% do São Francisco e 48% do Paraná/Paraguai. A região contribui com 71% da produção hídrica na bacia hídrica do Araguaia/Tocantins, 94% no São Francisco e 71% no Paraná/Paraguai (MMA, 2005).

O Cerrado, com 24% do território nacional, contribui com 14% da produção hídrica superficial brasileira, mas, quando se exclui a bacia Amazônica da análise, verifica-se que o Cerrado passa a representar 40% da área e 43% da produção hídrica total restante do país. No entanto, as áreas de recarga dos aquíferos estão sendo desmatadas, convertidas em áreas para pastagens e cultivos agrícolas, impermeabilizadas por conglomerados urbanos e sendo utilizadas como fontes para sistemas de irrigação, instalados sem o adequado planejamento (MMA, 2005).

O Cerrado possui alto grau de endemismo vegetal. Sua diversidade de vertebrados é grande, mas o endemismo é baixo quando comparado ao das plantas. A diversidade de gêneros também é grande. O Cerrado é importante para um grupo de grandes mamíferos de ampla distribuição na América do Sul: o lobo guará; tamanduá-bandeira; o tatu-canastra; a anta; o veado-campeiro; e várias outras espécies de felinos, como a onça-pintada, a suçuarana, a jaguatirica e o jaguarundi (MMA, 2003). A biota possui grande percentual de endemismo na flora, da magnitude de 44% para plantas vasculares, 30% para anfíbios, 20% para répteis, 12% para mamíferos e 1,4% para aves, somos resultantes de uma longa e dinâmica histórica (MMA, 2005).

Muitas das espécies de plantas típicas do Cerrado são próprias de região seca. As queimadas, tanto as naturais quanto as provocadas pelo homem, são uma característica importante da ecologia do Cerrado. A flora mostra um grupo de adaptações ao fogo, inclusive cascas de árvore grossas, folhas resistentes e uma capacidade de regeneração rápida. O fogo tem papel importante na germinação de sementes de várias espécies (MMA, 2003).

Embora o Cerrado seja um ecossistema adaptado ao fogo, o uso do fogo para a abertura de áreas virgens e para estimular o rebrotamento das pastagens também é prejudicial. Além das queimadas de origem antrópica, são consideradas grandes ameaças à biodiversidade do Cerrado a erosão dos solos, a degradação dos diversos tipos de vegetação presentes no bioma e a invasão biológica causada por gramíneas de origem africana. Estudos experimentais na escala ecossistêmica e modelos de simulação ecológica demonstraram que mudanças na cobertura vegetal alteram a hidrologia e afetam a dinâmica e os estoques de carbono no ecossistema. A agricultura no Cerrado é lucrativa e sua expansão deve continuar em ritmo acelerado (Klink e Machado, 2005).

O bioma cerrado compreende um mosaico de diferentes tipos de vegetação, determinados principalmente pelas condições do solo. As características do solo determinam ainda um gradiente de biomassa. A forma de menor biomassa é chamada campo limpo, e na seqüência crescente o campo sujo, campo cerrado, cerrado *stricto sensu* e cerradão (Mittermeier *et al.*, 2006). Este mosaico pode ser determinado pelo mosaico de manchas de solo mais ou menos pobres, pela irregularidade dos regimes hídricos e características das queimadas de cada local (frequência, época, intensidade) e pela ação humana (Coutinho, 2006).

A paisagem típica de uma área com vegetação no bioma Cerrado consiste de cerrado em interflúvios bem drenados com florestas de galeria ao longo dos cursos de água. O Cerrado é muito variado em sua fisionomia e forma, variando desde áreas densamente cobertas com gramíneas, usualmente com arbustos e pequenas árvores esparsamente distribuídas, até uma floresta quase fechada com dossel a uma altura de 12 a 15 metros.

Na maioria das vezes, a vegetação do cerrado consiste de comunidades de árvores e grandes arbustos, usualmente com cerca de 2 a 8 metros de altura, pertencentes a muitas espécies e produzindo uma cobertura de 10 a 60%, com uma camada de gramíneas no solo bem desenvolvidas. As árvores têm a forma característica da vegetação da savana, tipicamente com troncos retorcidos, cascas grossas e folhas fortemente esclerófilas; algumas perenifólias enquanto outras são decíduas por vários períodos da estação seca. A cobertura do solo é usualmente mais alta do que 60 cm e consiste de muitas espécies de gramíneas e ciperáceas misturadas com uma grande diversidade de herbáceas, dentre as quais são particularmente importantes as famílias *Leguminosae*, *Compositae*, *Myrtaceae* e *Rubiaceae*. As áreas onde solos mais ricos (mesotróficos) ocorrem são ocupadas por florestas decíduas e semidecíduas mesotróficas (Ratter *et al.*, 1997).

Outro tipo de vegetação bastante encontrado em áreas de cerrado são os campos úmidos, ocorrendo como um cinturão entre as áreas de cerrado e florestas de galeria. Estas áreas de campo formam-se em locais que permanecem alagados durante o período das cheias e secos no período oposto, impossibilitando o estabelecimento de árvores. No entanto, frequentemente são observadas nestas áreas de campos mais úmidos, altas e graciosas palmeiras da espécie *Mauritia flexuosa* L.f., quando são então denominadas Veredas (Ratter *et al.*, 1997).

Por estas razões, Myers *et al.* (2000) classificaram a região do Cerrado como a quarta dentre 25 das mais importantes em termos de conservação da biodiversidade mundial, por sua alta biodiversidade e pela acentuada redução da área original ocupada por este bioma (menos de 30% remanescentes).

Os tipos fisionômicos gerais que ocorrem no bioma Cerrado, segundo descritos por Ribeiro e Walter (1998), podem ser enquadrados em:

- Florestas: Mata Ciliar, Mata de Galeria (não-Inundável, Inundável), Mata Seca (Sempre-Verde, Semidecídua, Decídua), Cerradão (Mesotrófico, Distrófico).
- Savanas: Cerrado sentido restrito (Denso, Típico, Ralo, Rupestre), Parque de Cerrado, Palmeiral (Babaçuzal, Buritizal, Guerobal, Macaubal, Vereda).
- Campos: Campo Sujo (Seco, Úmido, com Murunduns), Campo Limpo (Seco, Úmido), Campo Rupestre.
- Outros termos: floresta de vale, floresta de encosta, cerrado sentido amplo, (lato sensu), brejo, carrasco, gerais.

Na área de estudo, segundo mapeamento realizado por CARVALHO (2005), disponibilizado pelo Instituto Estadual de Florestas - IEF para utilização neste trabalho, ocorrem as classes de Campo, Campo Rupestre, Cerrado sentido restrito (Cerrado Ralo, Cerrado Típico e Cerrado Denso) e Floresta Semidecídua.

A seguir tem-se a descrição das principais classes de cobertura vegetal encontradas na Bacia Hidrográfica do Rio Pará.

### 2.2.1.2 Campos

Campos úmidos constituem um tipo de brejo com ampla distribuição no Cerrado do Brasil Central. Estes campos se desenvolvem sobre solo inclinado nas encostas dos vales ao longo de margens das matas de galeria. O lençol freático permanece na superfície do solo durante parte do ano, especialmente na estação chuvosa, e na seca o solo fica encharcado nas camadas sub-superficiais. A vegetação é composta por gramíneas, de estrato herbáceo, com solo altamente orgânico e esponjoso. Os campos úmidos se situam entre matas de galeria e campo cerrado ou veredas. Suas bordas com o cerrado na encosta acima e com a mata de galeria na encosta abaixo geralmente são muito nítidas. A composição de espécies de plantas graminosas e juncos em áreas de campo úmido é bem diversificada, e apresenta um

zoneamento espacial bem demarcado. Em áreas menos encharcadas podem ser encontradas plantas de brejo. Em áreas saturadas de água, na superfície se desenvolvem complexas redes de filamentos de algas (MMA, 2005).

Campo rupestre é a fisionomia com a mais alta cobertura de gramíneas (MMA, 2005). O gradiente fisionômico de vegetação no cerrado *lato sensu* apresenta uma variação inversa do componente lenhoso (densidade, altura) e do componente herbáceo, dominado por gramíneas. Esta variação fisionômica – estrutural da vegetação foi correlacionada com a fertilidade do solo, ocorrendo a maior densidade e altura de plantas lenhosas onde o solo apresenta maior fertilidade (MMA, 2005).

### 2.2.1.3 Cerrado Sentido Restrito

O cerrado sentido restrito, segundo SEIA (2006), é o tipo de vegetação que se caracteriza pela presença de árvores baixas, inclinadas, tortuosas, com ramificações irregulares e retorcidas. Neste tipo fisionômico ocorre predominância de arbustos e subarbustos que se encontram espalhados com algumas espécies apresentando órgãos subterrâneos perenes (xilopódios) que permite a rebrota após a queima ou corte. Os troncos das plantas lenhosas em geral possuem cascas com cortiça grossa e gemas apicais de muitas espécies são protegidas por densa pilosidade e as folhas em geral são coriáceas. Essas características fornecem aspectos de adaptação às condições de seca (xeromorfismo) ainda segundo literatura as plantas arbóreas não sofrem restrições hídricas durante a seca (Goodland e Ferri, 1979), pelo menos os indivíduos espécies que possuem raízes profundas (Ferri, 1974). Segundo Ratter *et al.* (1996) podem-se encontrar espécies como: *Acosmium dasycarpum* (amargosinha), *Annona crassifolia* (araticum), *Astronium fraxinifolium* (gonçalo-alves), *Brosimum gaudichaudii*, *Bowdichia virgilioides* (sucupira-preta), *Byrsonima coccolobifolia* (murici), *Caryocar brasiliense* (pequi), *Curatella americana* (lixeira), *Dimorphandra mollis* (faveiro), *Hancornia spciosa* (mangaba), *Hymenaea stigocarpa* (jatobá-do-cerrado), *Machaerium acutifolium* (jacarandá), *Pouteria ramiflora* (curriola) *Qualea grandiflora* e *Qualea multiflora* (pau-terra-liso), *Qualea parviflora* (pau-terra-roxo), *Roupala montana* (carne-de-vaca), *Tabebuia aurea*, *Tabebuia ocracea* (ipê-amarelo), podendo existir também: *Anacardium occidentale* (caju), *Anacardim humile* (cajuí), *Byrsonima crassa* (murici), *Davilla elliptica* (lixeirinha), *Enterolobium ellipticum* (vinhático-cascudo), *Miconia ferruginata*, *Ouratea hexasperma* (cabeça-de-negro), *Piptocarpha rotundifolia* (coração-de-negro) e *Vellozia* sp (canela-de-ema). Das espécies herbáceas menciona-se: *Axonopus barbigerus*, *Echinolaena inflexa* (capim-flexinha), *Paspalum* spp., *Trachypogon* spp. (Felfili *et al.*, 1994; Filgueiras, 1994).

No entanto, vários fatores podem influenciar na densidade arbórea do cerrado sentido restrito, como as condições edáficas (Waibel, 1948; Beard, 1953), pH e saturação de alumínio (Alvim e Araújo, 1952; Goodland, 1971; Goodland & Ferri, 1979), fertilidade, condições hídricas e profundidade do solo (Eiten, 1972; Ab'Saber, 1983; Araújo e Haridasan, 1989), além da frequência de queimadas (Coutinho, 1980; 1992) e ações antrópicas (Rawitscher, 1948, Ribeiro e Walter, 1998). De acordo com esses fatores, os mesmos podem interferir na distribuição espacial de árvores, arbustos e plantas herbáceas e na composição florística e estrutura da vegetação em um determinado ambiente. Ainda segundo (Ribeiro e Walter, 1998), devido à intensidade de fatores que irão atuar na característica fisionômica da vegetação no cerrado sentido restrito o mesmo foi subdividido em fisionomias como: cerrado denso, cerrado típico, cerrado ralo e o cerrado rupestre (EMBRAPA, 1998).

O cerrado denso, o cerrado típico e o cerrado ralo, refletem variações na forma dos agrupamentos e espaçamentos entre os indivíduos lenhosos, seguindo um gradiente de densidade decrescente do cerrado denso ao cerrado ralo; já o cerrado rupestre difere dos demais pelo substrato, tipicamente em solos rasos com presença de afloramentos de rocha e por apresentar outras espécies características, adaptadas a esse ambiente. A flora do cerrado rupestre apresenta alguns elementos florísticos presentes no campo rupestre, destacando-se no substrato subarbusitivo-herbáceo algumas espécies das famílias *Asteraceae*, *Bromeliaceae*,

*Cactaceae, Eriocaulaceae, Melastomataceae, Myrtaceae, Rubiaceae, Velloziaceae*, entre outras (Ribeiro e Walter, 1998).

#### 2.2.1.4 Floresta Semidecidual

Segundo MMA (2005), um dos pontos mais controversos relacionado às florestas cuja ocorrência e distribuição estão condicionadas à estacionalidade climática (pluviosidade e, ou temperatura) é a definição da terminologia adotada para a sua classificação, sendo englobada sob a denominação genérica de Florestas ou Matas Secas as mais variadas fitofisionomias.

Nessa designação estão agrupadas tanto as Florestas Estacionais Deciduais, quanto as Semideciduals, que no Brasil são subdivididas por Veloso (IBGE, 1992), em função de sua localização em diferentes faixas altimétricas e geográficas, nas formações: Aluvial, das Terras Baixas, Submontana, Montana. Embora utilizada com a finalidade exclusiva de propiciar o mapeamento contínuo de grandes áreas, tais formações parecem apresentar correspondência com as diferenciações encontradas na composição e na estrutura dessas florestas, reflexos do componente histórico e dos processos ecológicos diferenciados que condicionam a dinâmica de cada sistema (MMA, 2005).

O conceito ecológico do tipo de vegetação, Floresta Estacional Semidecidual (Floresta Tropical Subcaducifólia), está condicionado pela dupla estacionalidade climática, uma tropical com época de intensas chuvas de verão, seguida por estiagem acentuada e outra subtropical sem período seco, mas com seca fisiológica provocada pelo intenso frio de inverno, com temperaturas médias inferiores a 15°C. É constituída por espécies arbóreas com gemas foliares protegidas da seca por escamas, ou pêlos, e cujas folhas adultas são esclerofilas ou membranáceas deciduais (IBGE, 1992).

Neste tipo de vegetação a porcentagem das árvores caducifólias, no conjunto florestal e não das espécies que perdem as folhas individualmente, situa-se entre 20 e 50%. Nas áreas tropicais é composta por plantas de porte médio que revestem, em geral, solos areníticos distróficos. Já nas áreas subtropicais é composta por plantas de grande porte em face de revestirem solos basálticos eutróficos. Esta floresta possui uma dominância de gêneros amazônicos de distribuição brasileira, como por exemplo: *Parapiptadenia*, *Peltophorum*, *Cariniana*, *Lecythis*, *Tabebuia*, *Astronium* e outros de menor importância fisionômica (IBGE, 1992).

Floresta Estacional Semidecidual Aluvial, corresponde às formações distribuídas ao longo dos cursos d'água que formam vales sujeitos a inundações periódicas, em solos predominantemente hidromórficos – Neossolos Flúvicos, Neossolos Quartzarênicos hidromórficos e Gleissolos. Trata-se de uma formação florestal menos desenvolvida que a submontana (Ziller, 1999), onde as espécies mais comumente observadas são *Luehea divaricata*, *Sebastiania commersoniana*, *Syagrus romanzoffiana*, *Calophyllum brasiliense*, *Parapiptadenia rígida*, *Inga uruguensis* Hook. & Am. (Mimosaceae), *Campomanesia xanthocarpa* e *Dalbergia frutescens* (Vell.) Britton (Fabaceae). Entre as espécies formadoras do sub-bosque são comuns *Allphylus guaraniticus* (St. Hil.) Radlk. (Sapindaceae), *Actinostemon concolor* (Spreng.) Mull. Arg. (Euphorbiaceae), *Trichilia sp.* e eventuais exemplares de *Euterpe edulis* (Roderjan et al., 2002)

Floresta Estacional Semidecidual das Terras Baixas, é uma formação encontrada frequentemente revestindo tabuleiros do Pliopleistoceno do Grupo Barreiras, desde o sul da cidade de Natal até o norte do Estado do Rio de Janeiro, nas cercanias de Campos bem como até as proximidades de Cabo frio, aí então já em terreno quaternário. É um tipo florestal caracterizado pelo gênero *Caesalpinia* de origem africana, de onde se destacam pelo seu inegável valor histórico, a espécie *C. echinata* (pau-brasil) e outros gêneros brasileiros como: *Lecythis* que domina no vale do rio Doce, acompanhado por outros gêneros da mesma família *Lecythidaceae* (Afro - amazônica), que bem caracterizam esta floresta semidecidual, tais como: *Cariniana* (Jequitibá) e *Eschweilera* (gonçalo – alves). Para terminar a caracterização desta

formação pode-se citar o gênero monotípico *Paratecoma peroba* (peroba-do-campo) da família Bignoniaceae, de dispersão Pantropical, mas exclusivo dos Estados do Espírito Santo, Rio de Janeiro e Minas Gerais (IBGE, 1992).

A formação Floresta Estacional Semidecidual Submontana, ocorre frequentemente nas encostas interioranas das Serras da Mantiqueira e dos Órgãos e nos planaltos centrais capeados pelos Arenitos Botucatu, Bauru e Caiuá dos períodos geológicos Jurássico e Cretáceo. Sua ocupação vai desde o Espírito Santo e sul da Bahia até o Rio de Janeiro, Minas Gerais, São Paulo, norte e sudoeste do Paraná e sul do Mato Grosso do Sul. Nas encostas interioranas das serras marítimas, os gêneros dominantes, com indivíduos caducifólios, são os mesmos que ocorrem na floresta ombrófila atlântica, como *Cedrela*, *Parapiptadenia* e *Cariniana*, sendo que nos planaltos areníticos os ecótipos deciduais que caracterizam esta formação pertencem aos gêneros *Hymenaea* (jatobá), *Copaifera* (óleo-vermelho), *Peltophorum* (canafístula), *Astronium*, *Tabebuia* e muitos outros. Contudo o gênero dominante que a caracteriza, principalmente, no planalto paranaense e no oeste do Estado de São Paulo, é *Aspidosperma*, com seu ecótipo *A. polyneuron* (peroba-rosa) (IBGE, 1992).

Como resposta à redução expressiva da precipitação e da umidade relativa do ar nos meses do inverno, o epifitismo é extremamente modesto, sendo *Philodendron bipinnatifidum* Schott ex Endl. (Araceae) a espécie mais característica. A presença de lianas é expressiva, sendo Bignoniaceae, Sapindaceae, Cucurbitaceae e Asteraceae as famílias mais comuns (Roderjan *et. al.*, 2002).

São poucas as áreas ocupadas pela formação, Floresta Estacional Semidecidual Montana, pois elas são estabelecidas acima dos 500m de altitude. Situam-se principalmente na face interiorana da Serra dos Órgãos, no Estado do Rio de Janeiro e na Serra da Mantiqueira nos Estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais (Itatiaia) e do Espírito Santo (Caparaó). Outras áreas menores ocupam os pontos culminantes dos planaltos areníticos. Esta formação montana é quase sempre dominada pelo gênero *Anadenanthera* que às vezes constitui consorciações com *Anadenanthera peregrina* de origem amazônica, localizada principalmente nos *sills* basálticos ainda conservados (IBGE, 1992).

## 2.3 Geologia

O tema geologia no presente relatório apresenta a caracterização dos principais domínios geológicos da Bacia Hidrográfica do Rio Pará e aspectos relevantes, enfatiza a investigação estrutural relativa aos aquíferos de maior importância para a região e aborda questões relacionadas à geologia econômica: principais atividades de exploração mineral e potencial regional.

Conota-se a relevância dos aspectos geológicos pelo seu significativo papel na conformação da paisagem, visto que a resistência à erosão, o grau de susceptibilidade a intemperização, a agregação da rocha e as diferenciadas classes de solos delas derivados fazem parte de sua construção. Há que se considerar além dos aspectos litoestratigráficos também as características estruturais, sendo estes em parte responsáveis pelo comportamento e distribuição da drenagem de superfície e também por ambientes constituintes de recargas de águas subterrâneas.

Considerando os dados estruturais e geocronológicos, a área em estudo pré-cambriana insere-se no cráton do São Francisco Paramirim com terrenos granito-gnáissicos e terrenos gnáissicos-migmatíticos representados em partes pelo Complexo Divinópolis reportado ao período Arqueano, recoberto por formações geocronológicas mais recentes das eras do Proterozóico, referentes a reativações tectônicas e do Fanerozóico correspondentes às calhas de deposição supracrustais nas quais se encontram terrenos pouco consolidados formados preferencialmente por depósitos aluviais.

As rochas do Complexo Divinópolis possuem estrutura predominantemente dúctil com fraturamentos em três direções principais, uma norte-sul, uma noroeste-sudeste e outra nordeste-sudoeste responsáveis em partes pelo controle geológico da drenagem superficial e contribuintes de recargas de águas subterrâneas.

### 2.3.1 Distribuição Espacial das Unidades Geológicas

O Mapa Geológico (**Figura 26**) foi obtido do “Sistema de Apoio à Gestão” da Bacia Hidrográfica do Rio Pará, executado pela empresa TESE – Tecnologia em Sistemas Espaciais em 2001, sob responsabilidade do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Pará, com dados fornecidos pelo CETEC – Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais em formato analógico na escala 1:250.000, executado em 1980, e convertido para o formato digital pela TESE Tecnologia. Apresenta a constituição geológica da Bacia Hidrográfica do Rio Pará, representando sua composição rochosa e tipos de subsolo existentes na região. O arquivo formato *shapefile* com a tabela de atributos completa poderá ser consultado no **Anexo 3**.

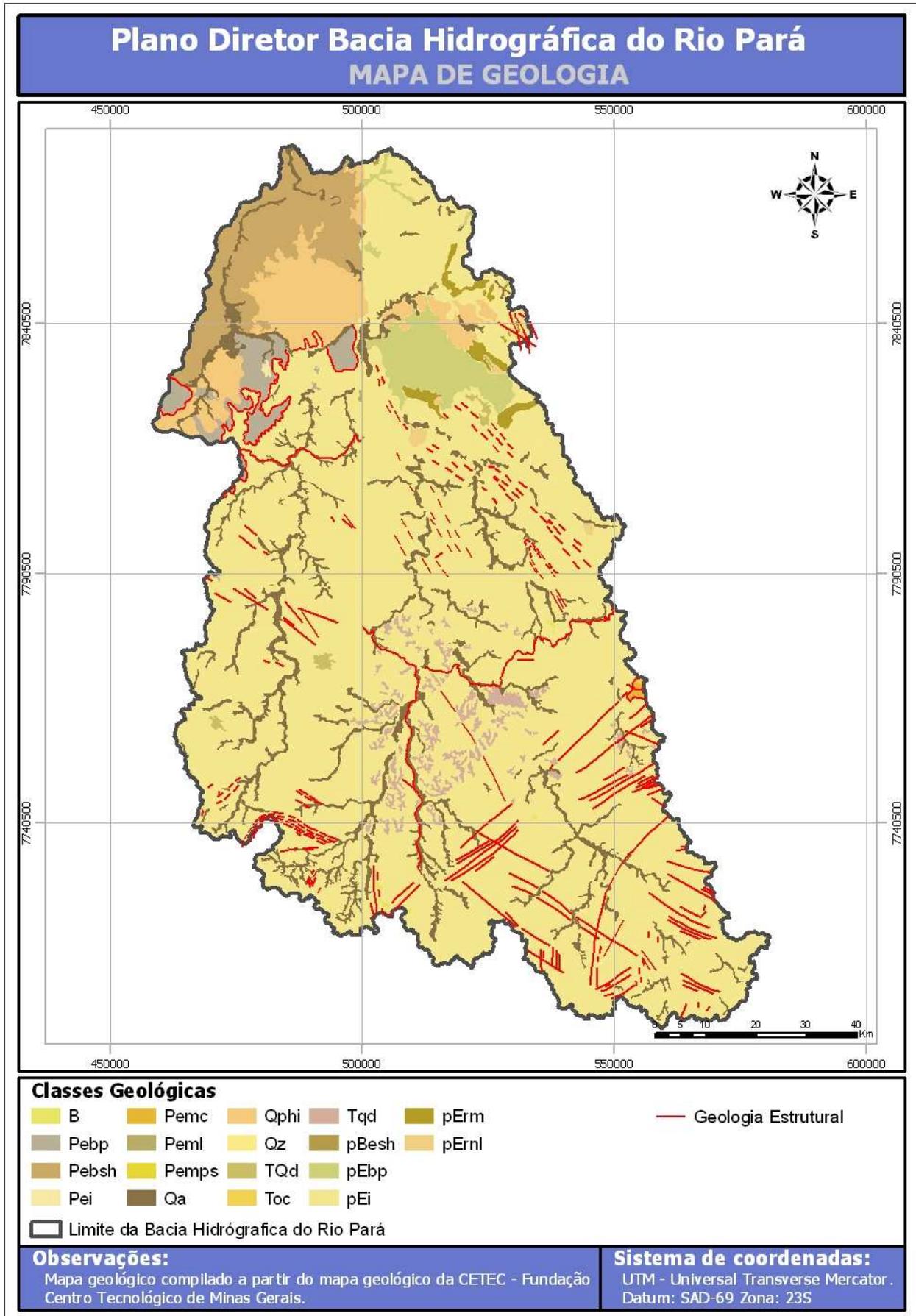
Nota-se no mapa geológico, representado na **Figura 26**, que a unidade geológica pEi ocupa 75% da Bacia Hidrográfica do Rio Pará. Esta formação consiste em gnaisses, graníticos, granitóides, gnaisses bandados, migmatitos, quartzo - xistos, lentes de anfíbolitos e metaultrabasitas, com algumas zonas de ocorrência de rochas quartzíticas individualizadas (qz).

A formação geológica Qa está distribuída ao longo dos leitos dos rios da Bacia Hidrográfica do Rio Pará, consistindo em aluviões – sedimentos arenosos, argilo-silticos e localmente leitos de cascalhos.

A formação Qphi ocupa 4,97% da bacia hidrográfica do Rio Pará, na porção do Baixo Pará, que são coberturas indiferenciadas – sedimentos argilo-arenosos a arenosos, de cor amarelada e avermelhada, inconsolidados, geralmente não laterizados.

Outras formações significativas na Bacia Hidrográfica do Rio Pará são a Pebsh, ocupando 4,84% de sua área total, no noroeste, na Região do Município de Bom Despacho, e a pEbp, ocupando 4,46% no extremo noroeste, ocupando boa parte da sub-bacia do Rio Picão.

A **Tabela 12** mostra os tipos de substratos geológicos existentes na Bacia Hidrográfica do Rio Pará e suas descrições, fornecidos pelo CETEC. Nota-se uma quantidade significativa de células na **Tabela 12** cuja informação é inexistente. O dado fornecido pelo CETEC está incompleto. Alguns tipos não possuem Supergrupo, Grupo ou Formação. O levantamento geológico de uma região é sempre bastante complexo e exige levantamentos de campo e sondagens, envolvendo custos muito elevados, que nem sempre são cobertos pelas verbas existentes. Quanto às informações que não foram fornecidas, é possível que as formações geológicas não estejam associadas a nenhum super grupo, grupo ou formação. As linhas vermelhas, que representam a geologia estrutural (**Figura 26**), podem estar representando falhas ou diques.



**Figura 26 – Mapa Geológico.**

Fonte: CETEC – Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais. Processamento: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

**Tabela 12 – Tipos Geológicos da Bacia Hidrográfica do Rio Pará.**

<b>Tipos Geológicos da Bacia Hidrográfica do Rio Pará</b>				
<b>Tipo</b>	<b>Descrição</b>	<b>Supergrupo</b>	<b>Grupo</b>	<b>Formação</b>
Qa	Aluviões - sedimentos arenosos, argilo-silticos e localmente leitos de cascalhos.	Não fornecido	Não fornecido	Não fornecido
Qphi	Coberturas indiferenciadas - sedimentos argilo-arenosos a arenosos, de cor amarelada e avermelhada, inconsolidados, geralmente não laterizados.	Não fornecido	Não fornecido	Não fornecido
TQd	Coberturas dendríticas - sedimentos areno-argilosos a argilosos, localmente com níveis de seixos, de cor marrom a marrom avermelhada, geralmente laterizados.	Não fornecido	Não fornecido	Não fornecido
pEbtm	Siltitos, micáceos a feldspáticos, argilitos, arenitos feldspáticos calcíferos ou não, e arcósios.	São Francisco	Bambuú	Tres Marias
pEbp	Siltitos e ardósias, calcíferos ou não, argilitos, calcários e margas. Predominância de calcários, geralmente de cor cinza - escuro, com níveis oolíticos e pisolíticos e localmente, estruturas estromatolíticas ou laminação alga (c).	São Francisco	Bambuú	Paraopeba
pEmb	Conglomerados com matriz ortoquartzíticas a gravaquiana, arenitos conglomeráticos, quartzitos, diamictitos foliados ou não seqüência rítmica de argila, silte e areia (ritmitos).	São Francisco	Macaúbas	Não fornecido
pEei	Ortoquartzitos, quartzitos feldspáticos, quartzitos micáceos, metaconglomerados polimictos ou não, filitos, rochas metavulcânicas de composição acida a básica (mv).	Espinhaço	Não fornecido	Não fornecido
pEmp	Filitos, clorita - sericita - xistos, quartzitos feldspáticos quartzitos - ferruginosos dolomitos e metaconglomerados.	Minas	Piracicaba	Não fornecido
pEmi	Itabiritos, com lentes de hematita compacta, podendo conter níveis micáceos e carbonáticos, dolomitos e dolomitos ferruginosos, filitos.	Minas	Itabira	Não fornecido
pEmc	Quartzitos finos a grosseiros, por vezes, com estratificação cruzada, metaconglomerados e filitos.	Minas	Caraça	Não fornecido
pErm	Quartzitos micáceos, mica - xistos, filitos, metaconglomerados.	Rios das Velhas	Maquine	Não fornecido
Ernl	Seqüência vulcano-sedimentar constituída de clorita - xistos, quartzo - mica xistos, dolomitos, formações ferríferas, Quartzitos (rq), E Rochas ultrabásicas serpentinizadas (ru?).	Não fornecido	Nova Lima	Não fornecido
pEbsh	Gnaisses graníticos, granitóides, gnaisses bandados, migmatitos, quartzo - xistos, lentes de anfíbolitos e metaultrabásitos.	Não fornecido	Não fornecido	Não fornecido
TQc	Depósitos de canga e laterita.	Não fornecido	Não fornecido	Não fornecido
pEsj	Filitos, metassilitos, metagrauvascas, xistos, metaconglomerados, quartzitos e calcários.	Não fornecido	São João Del Rei	Não fornecido

<b>Tipos Geológicos da Bacia Hidrográfica do Rio Pará (cont.)</b>				
<b>Tipo</b>	<b>Descrição</b>	<b>Supergrupo</b>	<b>Grupo</b>	<b>Formação</b>
pEit	Quartzitos com estruturas primárias comuns, filitos e metaconglomerados.	Não fornecido	Itacolomi	Não fornecido
pEmt	Quartzitos finos a grosseiros, com estratificações cruzadas, sericita - quartzo - xisto, filito, lentes de metaconglomerados polimictos, rara formação ferrífera.	Minas	Tamanduá	Não fornecido
pEi	Gnaisses, graníticos, granitóides, gnaisses bandados, migmatitos, quartzo - xistos, lentes de anfibolitos e metaultrabasitos, algumas zonas de ocorrência de rochas quartzíticas individualizadas (qz).	Não fornecido	Não fornecido	Não fornecido
B	Rochas básicas - gabros, diabásio, anfibolitos.	Não fornecido	Não fornecido	Não fornecido
uB	Rochas ultrabásicas - piroxenitos, serpentinitos, esteatitos.	Não fornecido	Não fornecido	Não fornecido
pEbp	Siltitos e ardósias, calcíferos ou não, margas e calcários. Predominância de calcários cinza - escuro (c), conglomerados polimicticos de matriz grauvaquiana a arcossiana, da facies samburá (cg).	São Francisco	Bambuú	Paraopeba
pEc	Quartzito - mica - xistos, filitos, metaultrabasitos, quartzitos, filonitos e milonitos. Predominância de quartzitos - sericiticos e ortoquartzitos (q1).	Não fornecido	Canastra	Não fornecido
pEc1	Quartzo - mica - xistos granatíferos e/ou feldspáticos, quartzitos plaqueados com mica, granada, cianita e epidoto - predominância de quartzitos (q2).	Não fornecido	Canastra	Não fornecido
pEcp	Seqüência vulcano-sedimentar metamorfisada, const. de metavulcânica básicas e ácidas metaconglomerados quartzitos, form. ferríferas e quartzo - mica - xistos - predominância de metavulcânica básica (p?) predominância de quartzitos (pq).	Complexo Pium - I	Não fornecido	Não fornecido
Kmc	Tufos e aglomerados vulcânicos de natureza Ultrabásico - Alcalina, Arenitos Piroclásticos	Não fornecido	Não fornecido	Mata da Corda
Ka	Conglomerados, siltitos, arenitos finos, argilitos, arenitos de granulometria media a grosseira - estruturas primárias são comuns.	Não fornecido	Não fornecido	Areado
pEbp	Siltitos, ardósias, calcíferos ou não, calcários e margas (pebp).	São Francisco	Não fornecido	Paraopeba Facies
pEbpt	Siltitos e argilitos de cor verde - maca a cinza - esverdeado, arenitos arcossianos, lente de rocha fosfática (pEbpt).	São Francisco	Não fornecido	Paraopeba Facies
pEc	Quartzo - mica - xistos, quartzitos, filitos, metaultrabasitos lentes de calcários e mármoreos.	Não fornecido	Canastra	Não fornecido
pErnl	Clorita - xistos, quartzo - sericita - xistos, quartzitos, metabasitos.	Rios das Velhas	Nova Lima	Não fornecido

Fonte: CETEC – Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais.

### 2.3.2 Aquíferos

A água subterrânea é a componente do ciclo hidrológico que infiltra nos solos através do excesso de precipitação pluviométrica, formando os aquíferos. Os aquíferos são formações geológicas com capacidade de acumular e transmitir água através de seus poros, fissuras ou espaços resultantes da dissolução e carreamento de materiais rochosos. (Ramos, M L S; Paixão, M. M. O. 2002).

Atribui-se fundamental importância às características peculiares dos aquíferos diante das possibilidades de aproveitamento do estoque destes recursos hídricos para as necessidades da sociedade (uso consutivo e não consutivo) bem como para a manutenção e regularização do sistema ambiental natural.

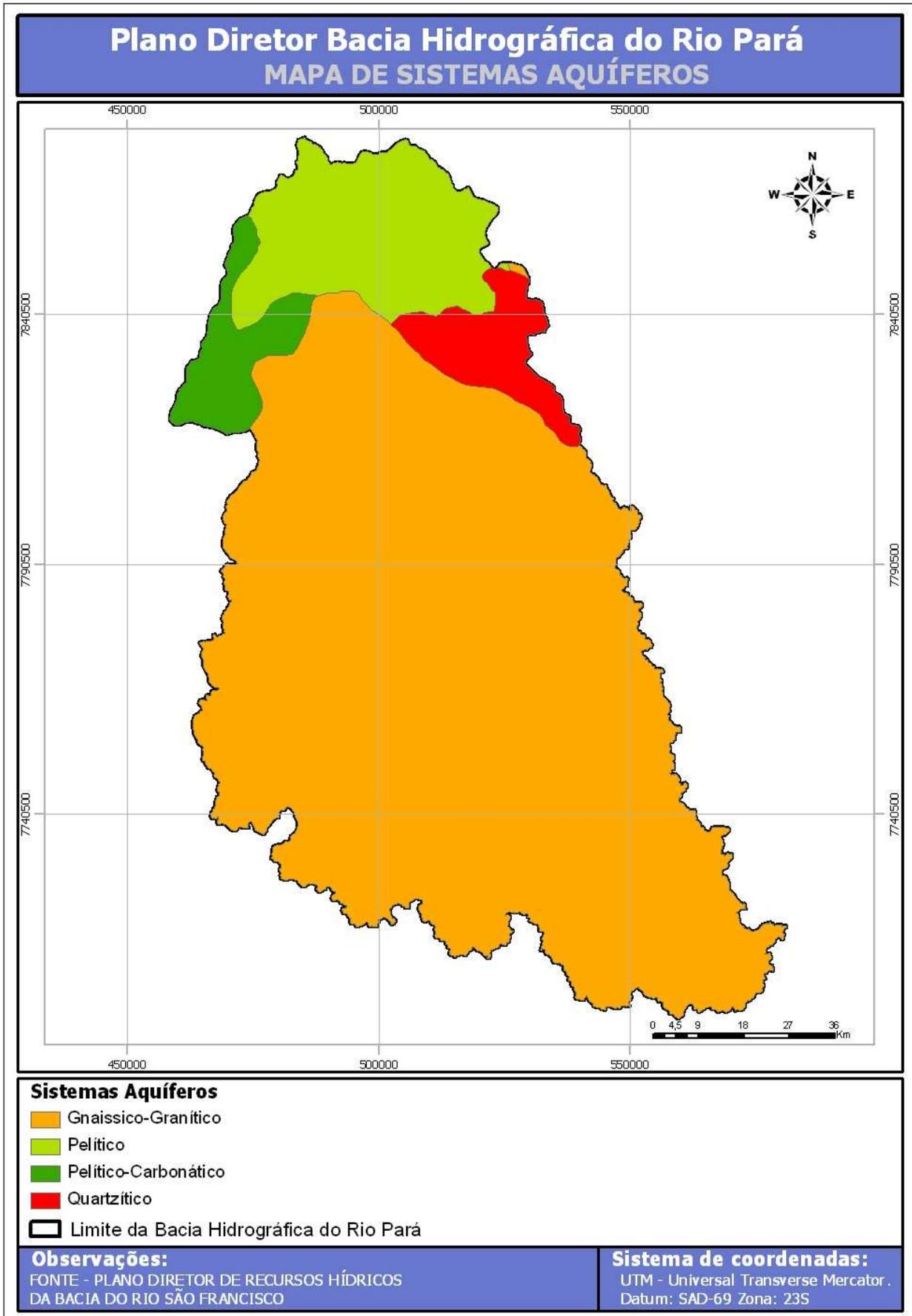
Segundo a ocorrência dos sistemas de aquíferos predominantes na área de interesse considerando as condições litoestruturais, estes podem ser classificados tecnicamente em 4 tipos distintos, considerando a forma de percolação e acumulação da água no seu interior; sendo eles: Sistema Aquífero Granular – que corresponde aos sedimentos aluviais, às coberturas detríticas e manto de alteração e às rochas areníticas com porosidade primária; Sistema Aquífero Cárstico – corresponde às rochas calcárias e dolomíticas; Sistema Aquífero Cárstico–Fissurado – corresponde aos depósitos de rochas pelíticas associadas à carbonáticas e Sistema Aquífero Fraturado – corresponde às rochas basálticas e alcalinas, pelíticas e psamíticas, quartzíticas, xistosas e gnáissicas ou graníticas.

Nem todo o volume acumulado nos aquíferos está disponível para ser utilizado através de obras de captação, parte desse volume deve ser mantido para a alimentação dos cursos d'água, surgindo assim o conceito de reservas reguladoras. As reservas reguladoras ou renováveis são aquelas relacionadas à precipitação anual ou taxas de recarga dos diversos sistemas. Estas reservas definem os recursos exploráveis dos aquíferos, consideradas como a quantidade máxima de água que pode ser utilizada através de poços, sem comprometer as chamadas reservas permanentes ou acumuladas. (Ramos, M L S; Paixão, M. M. O. 2002)

Em termos médios de longo período e em condições não influenciadas, admite-se que as entradas de água nos sistemas igualam às descargas ou saídas, que em geral são responsáveis pelo fluxo de base dos cursos d'água. Teoricamente, uma exploração cujo volume se iguale à recarga total do sistema acabaria por influenciar o regime de vazões mínimas do escoamento superficial. Por este motivo, admite-se que os recursos exploráveis representam apenas uma parcela das reservas reguladoras, a fim de garantir a manutenção de uma vazão mínima dos cursos d'água (Pinto & Martins Neto, 2001). (Ramos, M L S; Paixão, M. M. O. 2002)

Segundo a subdivisão dos sistemas aquíferos de Souza (1995) na escala 1:3.500.000, e a descrição destes sistemas no trabalho de Pinto & Martins Neto (2001), foram identificados 4 sistemas aquíferos na Bacia Hidrográfica do Rio Pará, definidos segundo suas características litológicas e comportamento hidrogeológico: os Sistemas Gnáissico Granítico, Pelítico, Quartzítico e Pelítico Carbonático. (Ramos, M L S; Paixão, M. M. O. 2002)

A **Figura 27** contém a localização dos principais sistemas aquíferos presentes na Bacia Hidrográfica do Rio Pará. De acordo com a mesma, a porcentagem relativa à área total da Bacia Hidrográfica do Rio Pará para cada sistema aquífero é a seguinte: Gnáissico Granítico (81%), Pelítico (11%), Quartzítico (5%) e Pelítico Carbonático (3%).



**Figura 27 – Principais Sistemas Aquíferos Existentes na Bacia Hidrográfica do Rio Pará.**  
 Fonte: Ramos, M L S; Paixão, M. M. O. Disponibilidade Hídrica de Águas Subterrâneas – PDRH-BRSF.  
 Processamento: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

### 2.3.3 Geologia Econômica

O Decreto nº. 62.934, de 2 de julho de 1968 aprova o Regulamento do Código de Mineração brasileiro. Em seu Art. 2º diz que é da competência da União administrar os recursos minerais, a indústria de produção mineral e a distribuição, o comércio e o consumo de produtos minerais. O Art. 6º diz que jazida é toda massa individualizada de substância mineral ou fóssil de valor econômico, aflorando à superfície ou existente no interior da terra; diz ainda que mina é a jazida em lavra, ainda que suspensa. Em seu Art. 45º diz que lavra é o conjunto de operações coordenadas objetivando o aproveitamento industrial da jazida, a começar da extração das substâncias minerais úteis que contiver até o seu beneficiamento.

Em seus Art. 7º e 8º, o Decreto nº. 62.934 diz que as jazidas estão classificadas e 8 classes, listadas a seguir:

- Classe I - jazidas de substâncias minerais metalíferas - minérios de: alumínio, antimônio, arsênico, berílio, bismuto, cádmio, cério, césio, cobalto, cromo, chumbo, cobre, escândio, estanho, ferro, germânio, gálio, háfnio, ítrio, irídio, índio, lítio, manganês, magnésio, mercúrio, molibdênio, nióbio, níquel, ouro, ósmio, prata, platina, paládio, rádio, rênio, ródio, rubídio, rutênio, selênio, tálio, tântalo, telúrio, titânio, tungstênio, vanádio, xenotíndo, zinco, zircônio;
- Classe II - jazidas de substâncias minerais de emprego imediato na construção civil - ardósias, areias, cascalhos, quartzitos e saibros, quando utilizados in natura para o preparo de agregados, argamassa ou como pedra de talhe, e não se destinem como matéria-prima à indústria de transformação;
- Classe III - jazidas de fertilizantes - fosfatos, guano, sais de potássio e salitre;
- Classe IV - jazidas de combustíveis fósseis sólidos - carvão, linhito, turfa e sapropelitos;
- Classe V - jazidas de rochas betuminosas e pirobetuminosas - rochas betuminosas e pirobetuminosas;
- Classe VI - jazidas de gemas e pedras ornamentais;
- Classe VII - jazidas de minerais industriais, não incluídas nas classes precedentes - a) anfíbolios, areias de fundição, argilas, argilas refratárias, andalusita, agalmatolitos, asbestos, ardósias, anidrita, andofilita, bentonitas, barita, boratos, calcários, calcários coralíneos, calcita, caulim, celestita, cianita, conchas calcárias, córidon, crisotila, diatomitos, dolomitos, diamantes industriais, dumortierita, enxofre, estroncianita, esteatitos, feldspatos, filitos, fluorita, gipso, grafita, granada, hidragilita, leucita, leucofilito, magnesita, mármore, micas, ocre, pinguíta, pirita, pirofilita, quartzo, quartzito, silimanita, sais de bromo, sais de iodo, sal-gema, saponito, sílex, talco, tremolita, tripolito, vermiculita, wollastonita; b) basalto, gnaisses, granitos, quaisquer outras substâncias minerais, quando utilizadas para produção de britas ou sujeitas a outros processos industriais de beneficiamento;
- Classe VIII - jazidas de águas minerais.

Em seu Art. 114, o Decreto diz que compete ao DNPM, Departamento Nacional da Produção mineral a fiscalização das atividades concernentes à mineração, ao comércio e à industrialização das matérias, primas minerais, com exceção das jazidas da Classe V, as quais se incluem na competência do Conselho Nacional do Petróleo (C.N.P.), na forma da legislação específica.

A Bacia Hidrográfica do Rio Pará, segundo dados fornecidos pelo DNPM e dados obtidos no banco de dados do projeto do Sistema de Apoio a Gestão da Bacia Hidrográfica do Rio Pará – SIG CBH Pará, possui exploração de jazidas de água mineral, gnaisse, granito, cromo, ferro, manganês, ouro, prata, estanho, cobalto, cobre, diamante, diamante industrial, agalmatolito, quartzo, quartzito, areia, areia de fundição, areia industrial, areia quartzosa, argila, argila

refratária, argila ferruginosa e argila para cerâmica vermelha. O Cadastro Nacional de Recursos Hídricos CNARH da ANA – Agência Nacional de Águas mostrou uma grande deficiência de registros de mineração, possuindo apenas 2 propriedades de exploração de areia, desconsideradas por este relatório por sua insignificância. Os dados do banco de dados do Sistema de Informações Geográficas fornecido pelo Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Pará, estão contemplados nas próximas etapas deste Plano Diretor, pois não estavam disponíveis até o momento da finalização deste Relatório.

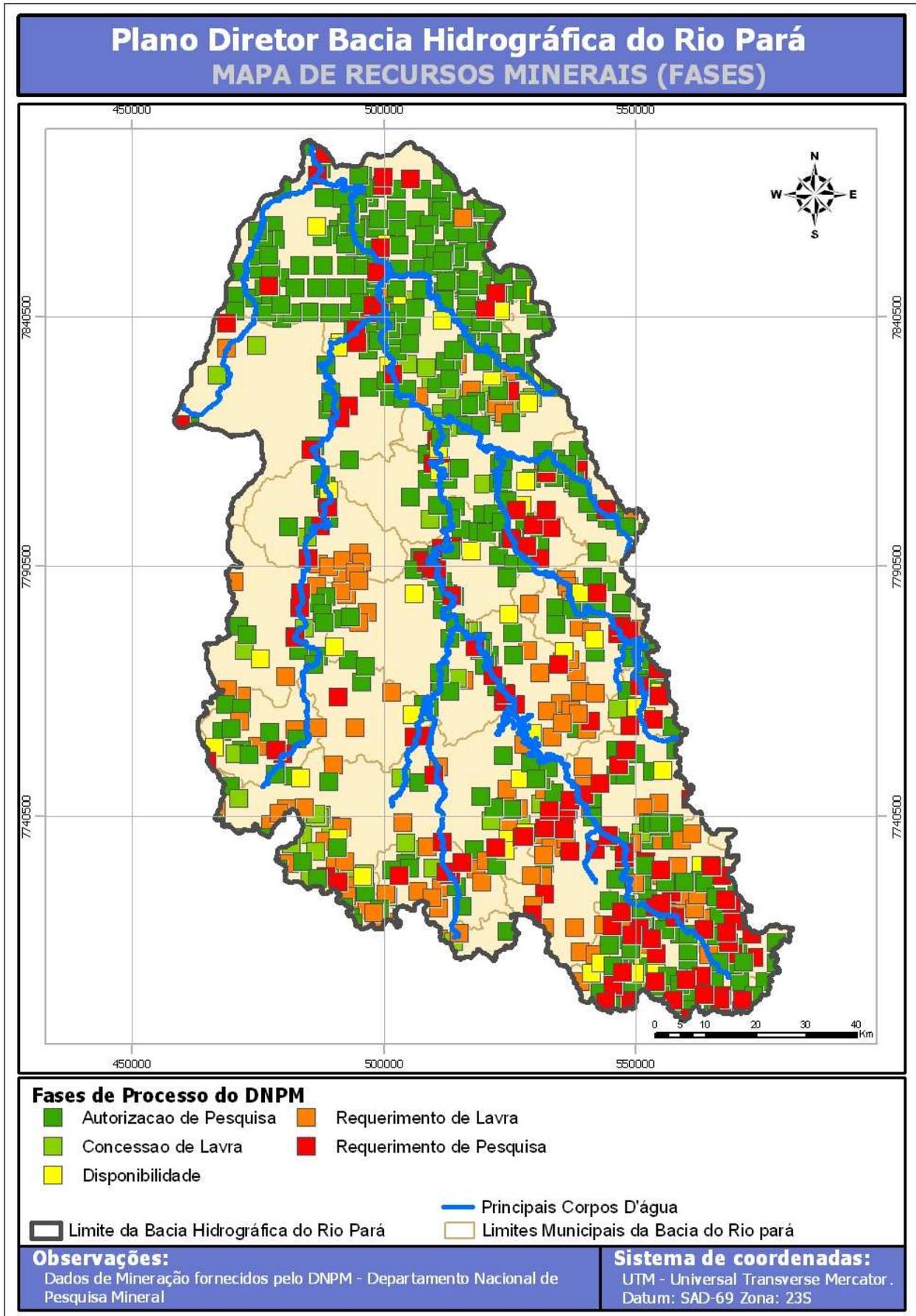
Os dados fornecidos pelo DNPM estão em formato de polígonos, demarcando as áreas requeridas ao Departamento para pesquisa da jazida ou concessão de lavra, nas distintas fases de tramitação de processos, listadas abaixo:

- Autorização de Pesquisa - A execução dos trabalhos necessários à definição da jazida, sua avaliação e determinação da exequibilidade de seu aproveitamento econômico;
- Concessão de Lavras – Quando a jazida já está pesquisada, a área de lavra será adequada à condução técnico-econômica dos trabalhos de extração e beneficiamento, respeitados os limites da área de pesquisa;
- Disponibilidade - Cabe ao Diretor-Geral do DNPM, por edital publicado no Diário Oficial da União, declarar a disponibilidade da jazida. Isto poderá ocorrer quando a concessão de lavra tenha sido revogada, anulada ou declarada caduca e desde que, a critério do DNPM, a jazida seja considerada inesgotada e economicamente aproveitável; quando os trabalhos de lavra de mina manifestada, a critério do DNPM, tenham sido abandonados ou suspensos definitivamente e desde que a jazida seja considerada inesgotada e economicamente aproveitável; e, quando, embora com relatório de pesquisa aprovado, tenha o titular da autorização ou sucessor decaído do diretor de requerer a lavra;
- Requerimento de Lavra - O titular da autorização de pesquisa, uma vez aprovado o Relatório, terá 1 (hum) ano para requerer a concessão de lavra;
- Requerimento de Pesquisa - Constitui direito de propriedade a precedência de entrada no DNPM do requerimento de autorização de pesquisa em área considerada livre, ou de concessão de lavra de jazida declarada em disponibilidade, designando-se por "prioritário" o respectivo requerente.

A **Figura 28** mostra as fases de concessão da exploração mineraria pelo DNPM, registradas na Bacia Hidrográfica do Rio Pará.

Os dados fornecidos pelo DNPM contêm, para a Bacia Hidrográfica do Rio Pará, 1127 registros. Destes, 483 são “autorizações de pesquisa”, 88 são “concessões de lavra”, 58 são “disponibilidade”, 145 são “requerimento de lavra” e 159 são “requerimento de pesquisa”. Para efeito de caracterização do meio físico da Bacia Hidrográfica do Rio Pará, foram adotados somente os polígonos referentes à fase de Concessão de Lavras, que correspondem às jazidas de exploração efetiva, autorizadas pelo DNPM. O arquivo formato *shapefile* com a tabela de atributos completa poderá ser consultado no **Anexo 3**.

Para efeito de comparação e complementação com os dados fornecidos pelo SIG-CBH-Pará que são pontuais, foram gerados “centróides” espaciais para cada polígono dos dados do DNPM considerados, representados nos mapas apresentados nas **Figuras 29 a 36**.



**Figura 28 – Fases da Extração Mineral na Bacia Hidrográfica do Rio Pará (2007).**

Fonte: DNPM – Departamento Nacional de Pesquisa Mineral. Processamento: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

Nota-se que as fases do processo de concessão de exploração mineral predominantes na Bacia Hidrográfica do Rio Pará correspondem às de Requerimento de Pesquisa, Autorização de Pesquisa e Requerimento de Lavra. Sua concentração maior está nas sub-bacias que contém as nascentes do Rio Pará e nas sub-bacias próximas à sua foz. Considerando o universo de pontos fornecidos pelo DNPM, são poucos os que correspondem a Concessões de Lavras registradas, que efetivamente estão consideradas neste Plano Diretor.

A **Figura 29** mostra os locais de extração de água mineral na Bacia Hidrográfica do Rio Pará fornecidos pelo DNPM e registrados no banco de dados do SIG-CBH-Pará. Nota-se que os dados fornecidos pelo DNPM registram um número muito menor de explorações do que o SIG-CBH-Pará, considerando somente os registros em fase de Concessão de Lavras, quando se compara as duas fontes de dados.

Na seqüência, na **Figura 30**, tem-se mapeado os locais de extração de gnaiss e granito na Bacia Hidrográfica do Rio Pará, que estão concentrados mais nas porções central e sul da Bacia.

Na **Figura 31**, o mapeamento de metais na Bacia Hidrográfica do Rio Pará, em sua maioria dados registrados no SIG-CBH-Pará, revela que a maior parte das ocorrências é de extração de ouro, com alguns eventos de extração de ferro e manganês.

A extração de diamante não apresenta registros em fase de Concessão de Lavras pelo DNPM. A **Figura 32** revela, dos dados do SIG-CBH-Pará, eventos de extração de diamante industrial concentrados ao norte e de diamante no norte e sul da Bacia Hidrográfica do Rio Pará.

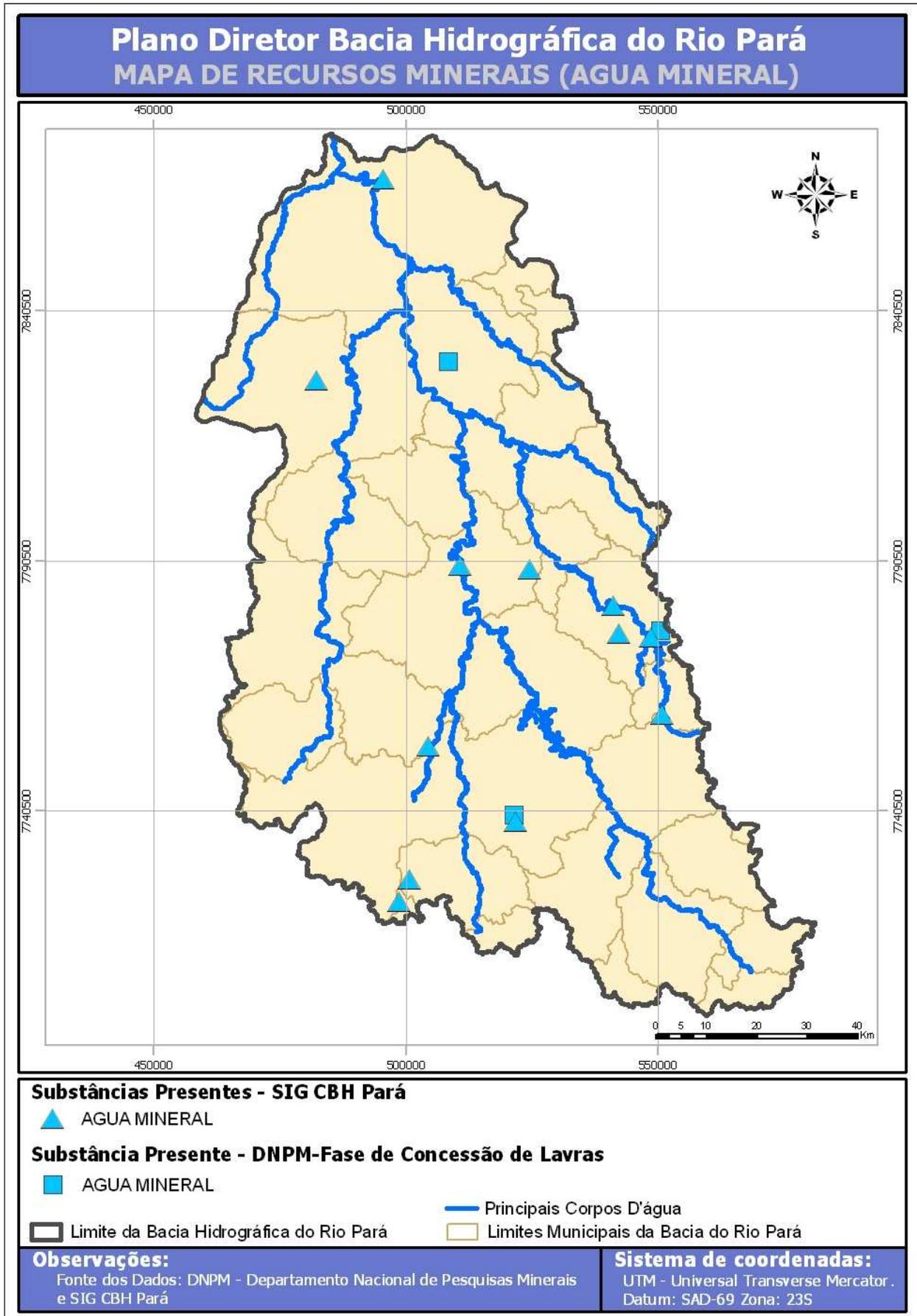
A **Figura 33** mostra uma grande concentração de exploração de agalmatolito ao longo do Ribeirão da Paciência e nas proximidades das divisas dos municípios de Onça do Pitangui e Pitangui.

As ocorrências de quartzo, nos dados do SIG-CBH-Pará acontecem na sua maioria ao longo dos principais corpos de água da Bacia Hidrográfica do Rio Pará, principalmente no Rio São João, Rio Pará, Rio do Peixe e Lambari, conforme mostra a **Figura 34**.

As explorações de areia, areia de fundição, industrial e quartzosa na Bacia Hidrográfica do Rio Pará registradas no SIG-CBH-Pará estão concentradas ao longo do Rio Pará, Ribeirão Boa Vista, Rio Itapeçerica, Lambari e São João, como mostra a **Figura 35**. Esta ainda revela as duas únicas ocorrências de mineração do CNARH, sendo de extração de areia ao longo do Rio Pará, no Alto Rio Pará.

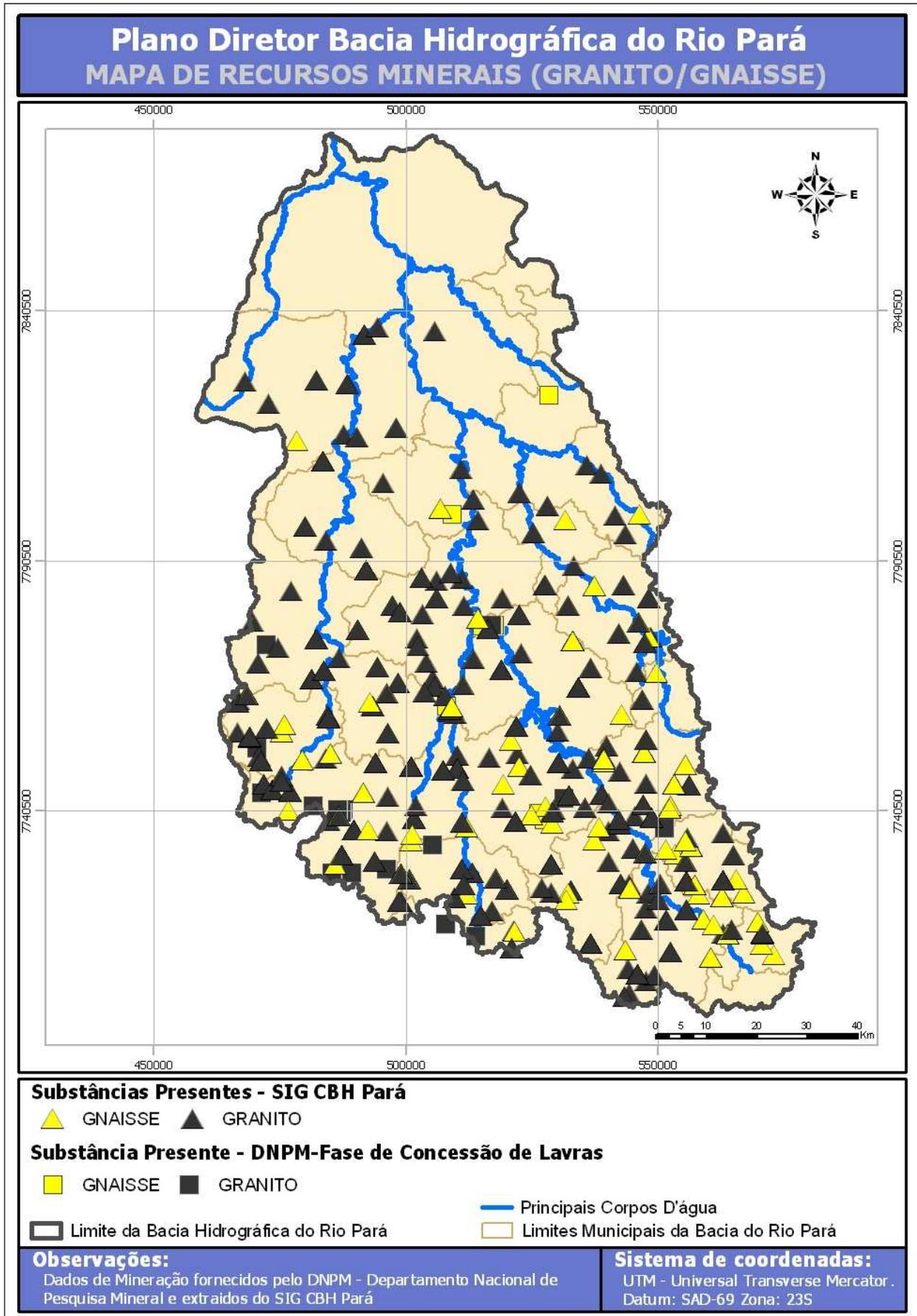
As extrações de argila e argila refratária concentram-se, principalmente, ao longo dos Rios Pará, São João, Lambari, Picão e Peixe, conforme mostra a **Figura 36**, segundo os dados do SIG-CBH-Pará e do DNPM, com apenas um registro de extração de Areia Ferruginosa e um de Areia para Cerâmica Vermelha.

Os arquivos formato *shapefile* com os eventos registrados no SIG-CBH-Pará e no DNPM, com as tabelas de atributos completas, poderão ser consultados no **Anexo 3**.



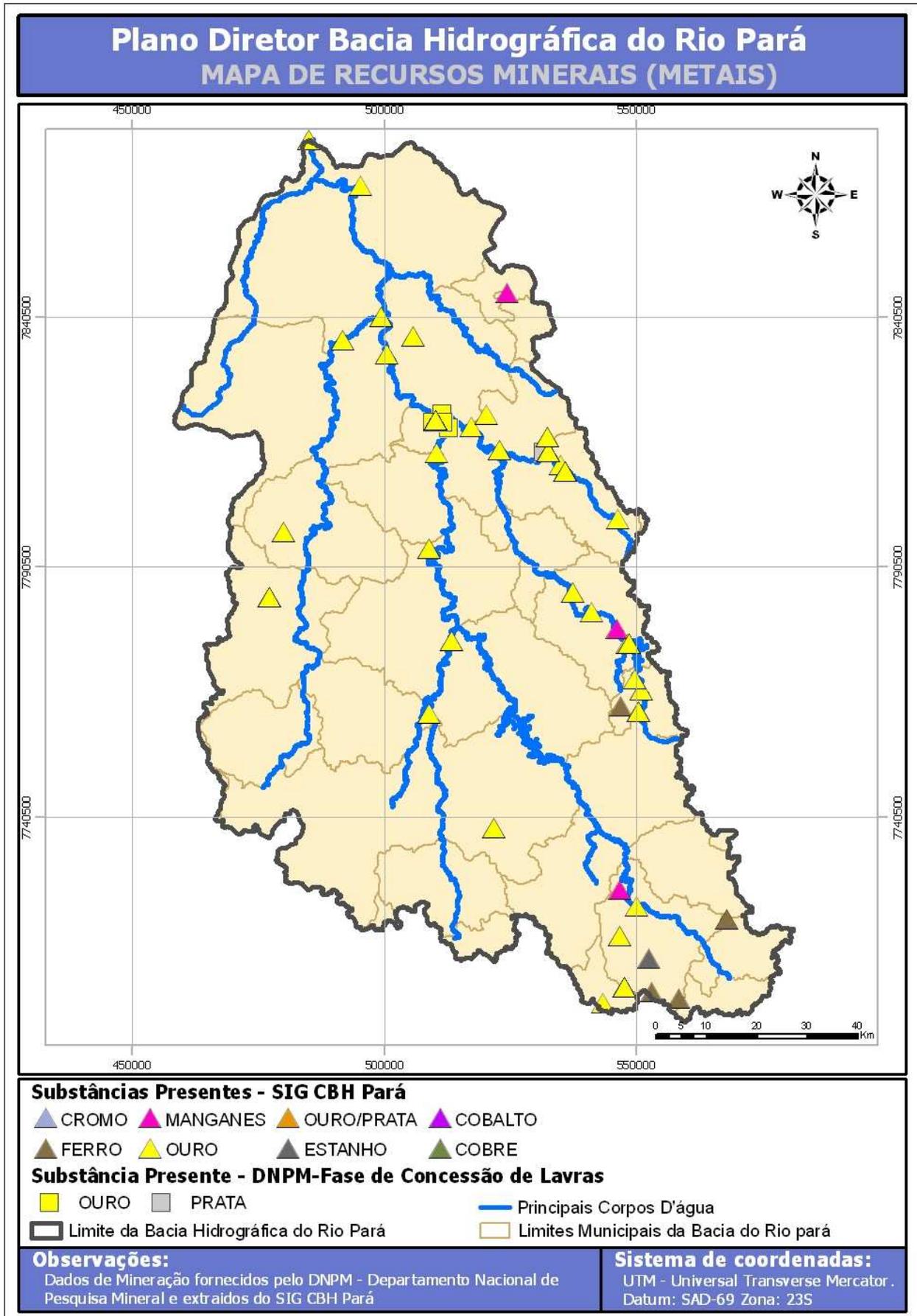
**Figura 29 – Exploração de Água Mineral na Bacia Hidrográfica do Rio Pará.**

Fonte: DNPM – Departamento Nacional de Pesquisa Mineral e SIG CBH Pará. Processamento: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.



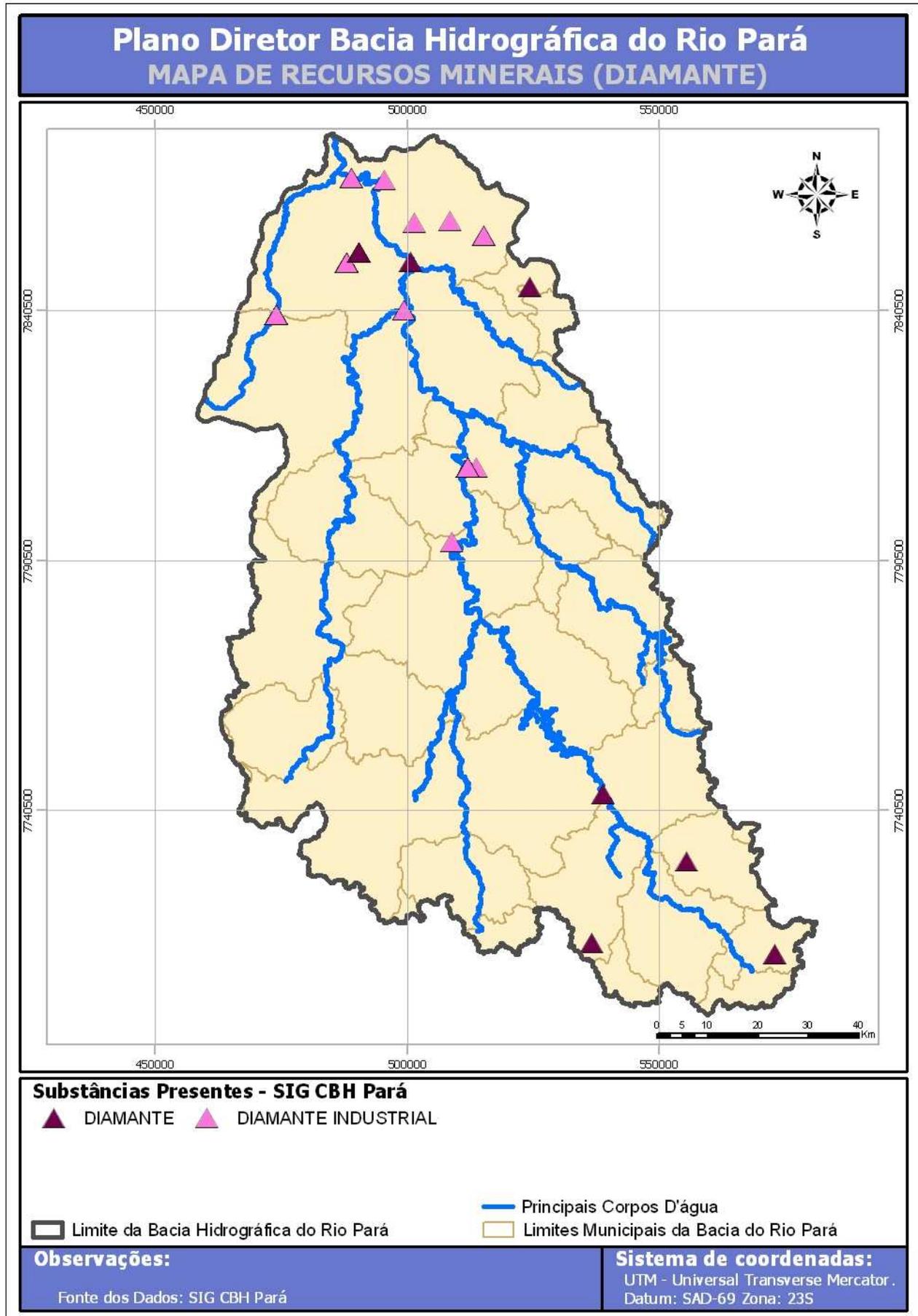
**Figura 30 – Exploração de Granito e Gnaiss na Bacia Hidrográfica do Rio Pará.**

Fonte: DNPM – Departamento Nacional de Pesquisa Mineral e SIG CBH Pará. Processamento: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.



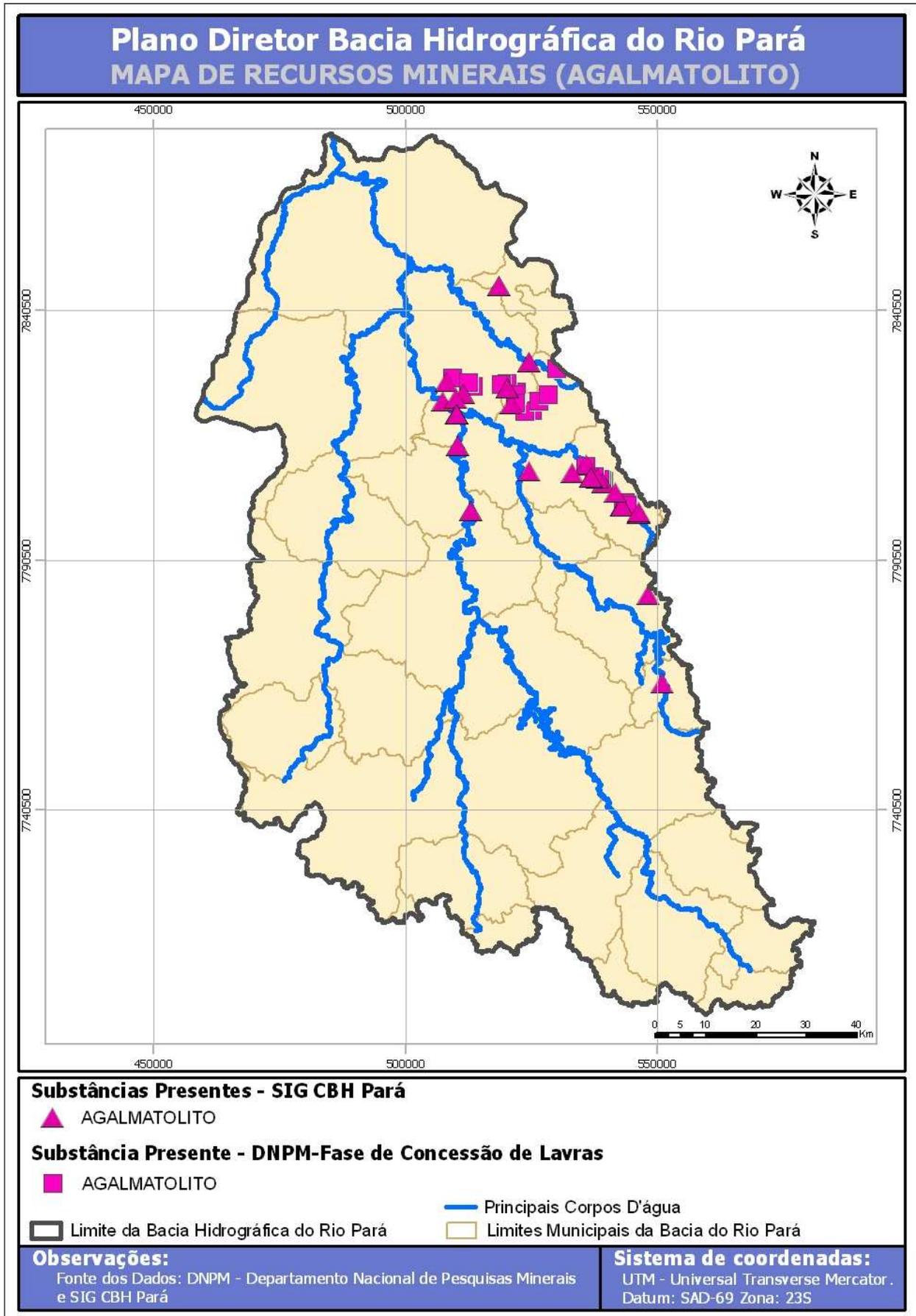
**Figura 31 – Exploração de Metais na Bacia Hidrográfica do Rio Pará.**

Fonte: DNPM – Departamento Nacional de Pesquisa Mineral e SIG CBH Pará. Processamento: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.



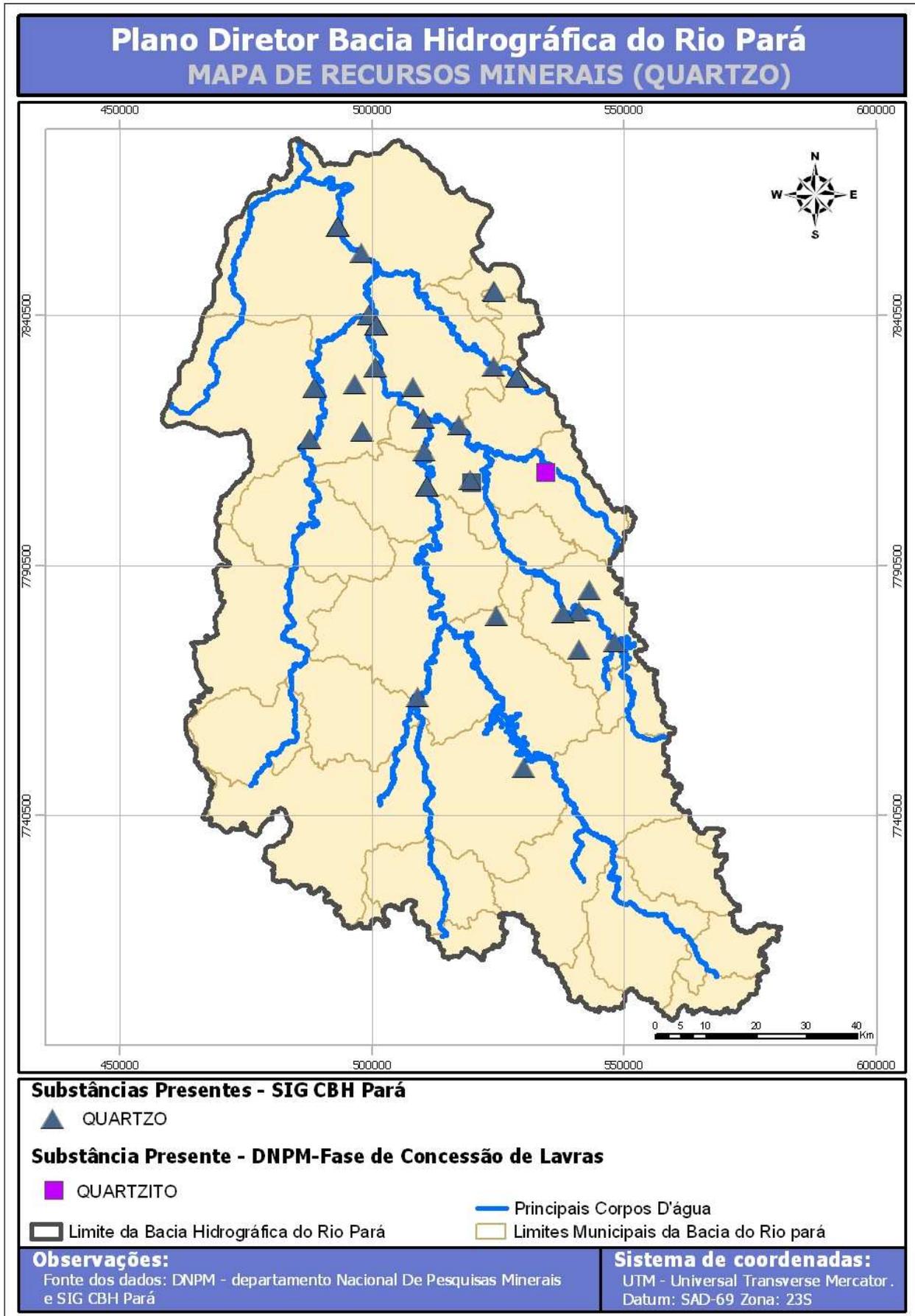
**Figura 32 – Exploração de Diamantes na Bacia Hidrográfica do Rio Pará.**

Fonte: SIG CBH Pará. Processamento: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.



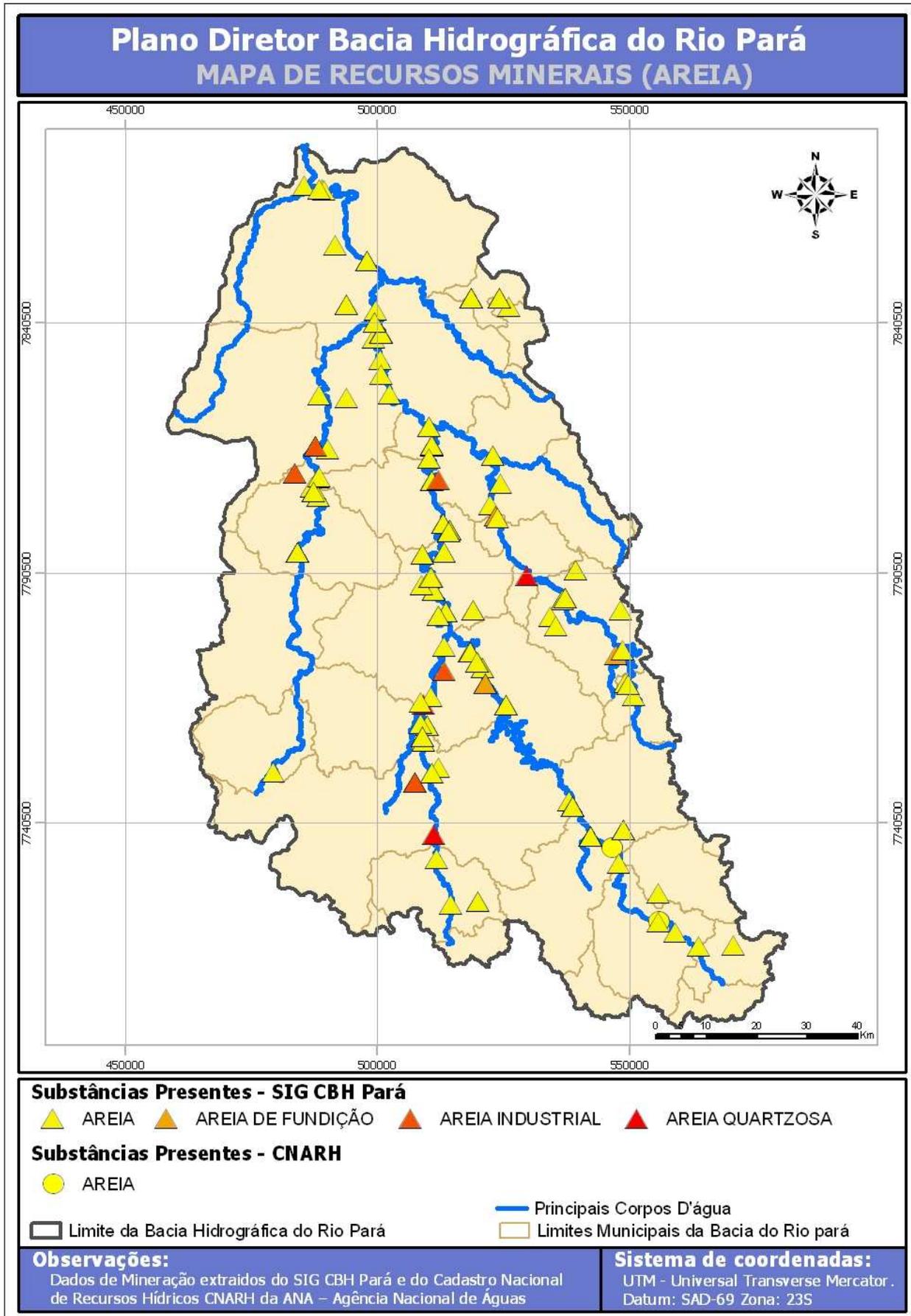
**Figura 33 – Exploração de Agalmatolito na Bacia Hidrográfica do Rio Pará.**

Fonte: DNPM – Departamento Nacional de Pesquisa Mineral e SIG CBH Pará. Processamento: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.



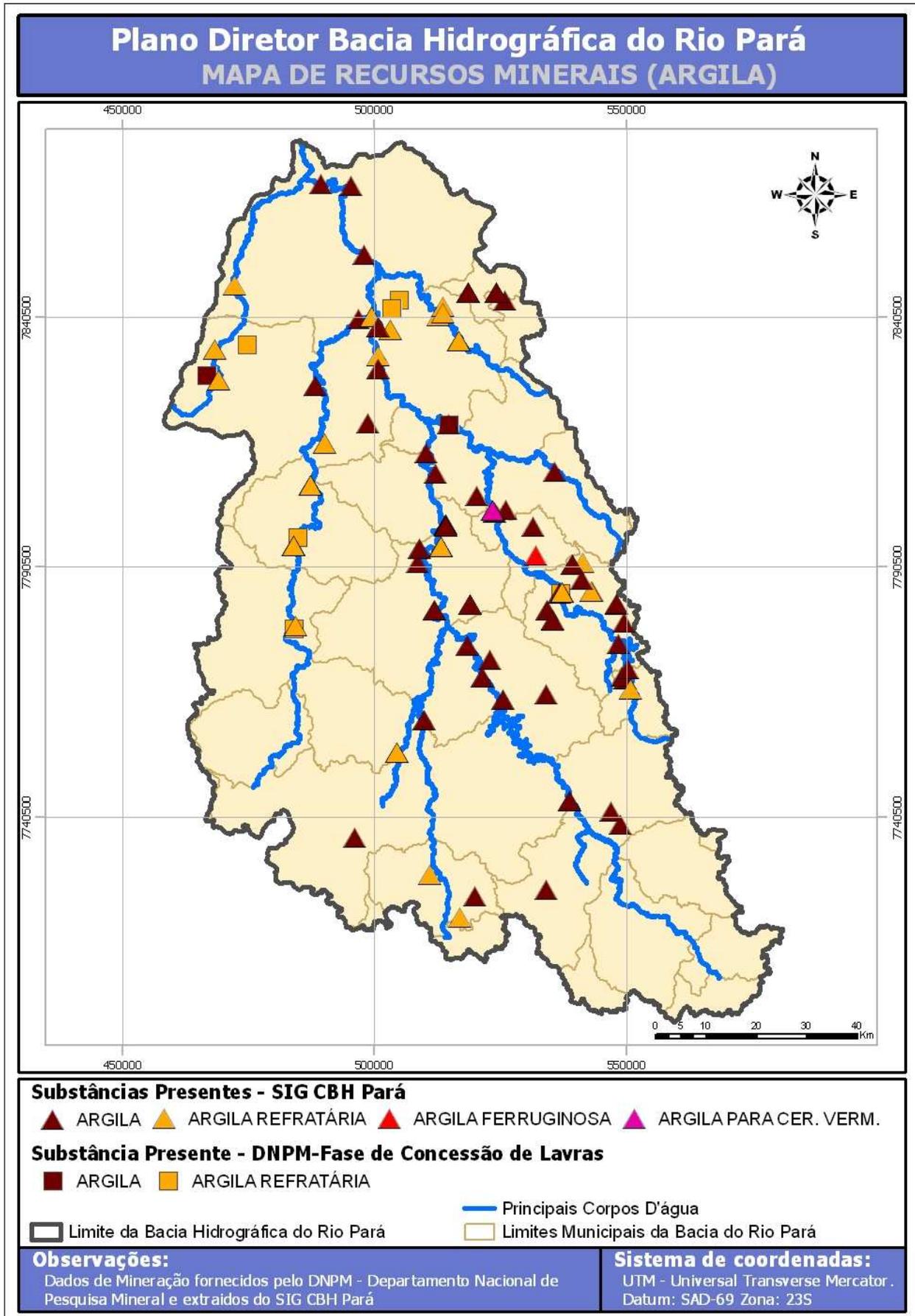
**Figura 34 – Exploração de Quartzo na Bacia Hidrográfica do Rio Pará.**

Fonte: DNPM – Departamento Nacional de Pesquisa Mineral e SIG CBH Pará. Processamento: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.



**Figura 35 – Exploração de Areia na Bacia Hidrográfica do Rio Pará.**

Fonte: SIG CBH Pará e Cadastro Nacional de Recursos Hídricos – CNARH da ANA – Agência Nacional de Águas.  
Processamento: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.



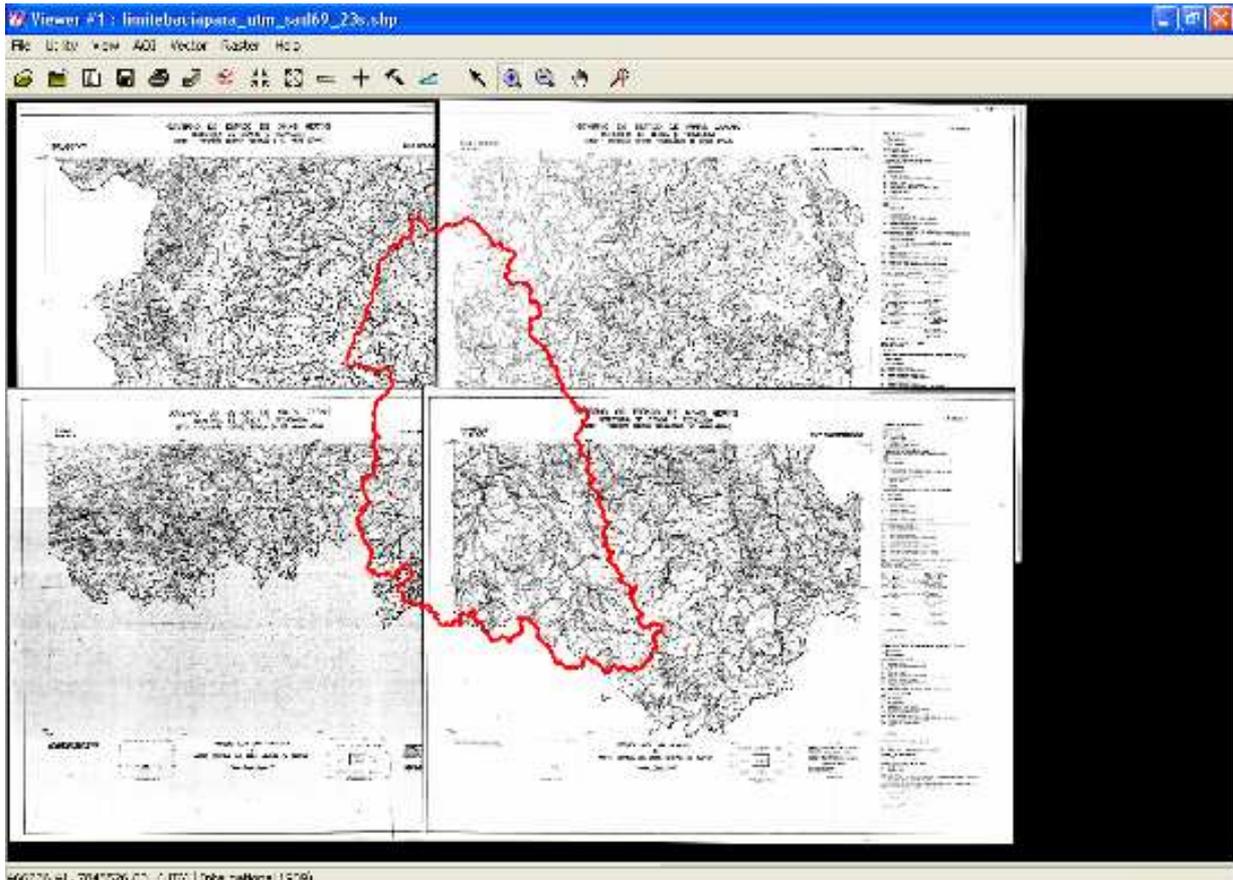
**Figura 36 – Exploração de Argila na Bacia Hidrográfica do Rio Pará.**

Fonte: DNPM – Departamento Nacional de Pesquisa Mineral e SIG CBH Pará. Processamento: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

## 2.4 Geomorfologia

A vetorização das feições geomorfológicas foi executada sobre cartas previamente disponibilizadas em papel vegetal (cópias), pelo CETEC – Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais e rasterizadas com a utilização de scanner. Foram, no total, quatro cartas na escala 1:250.000 (Belo Horizonte, Bom Despacho, Furnas e Divinópolis), que compreendem a região da Bacia Hidrográfica do Rio Pará.

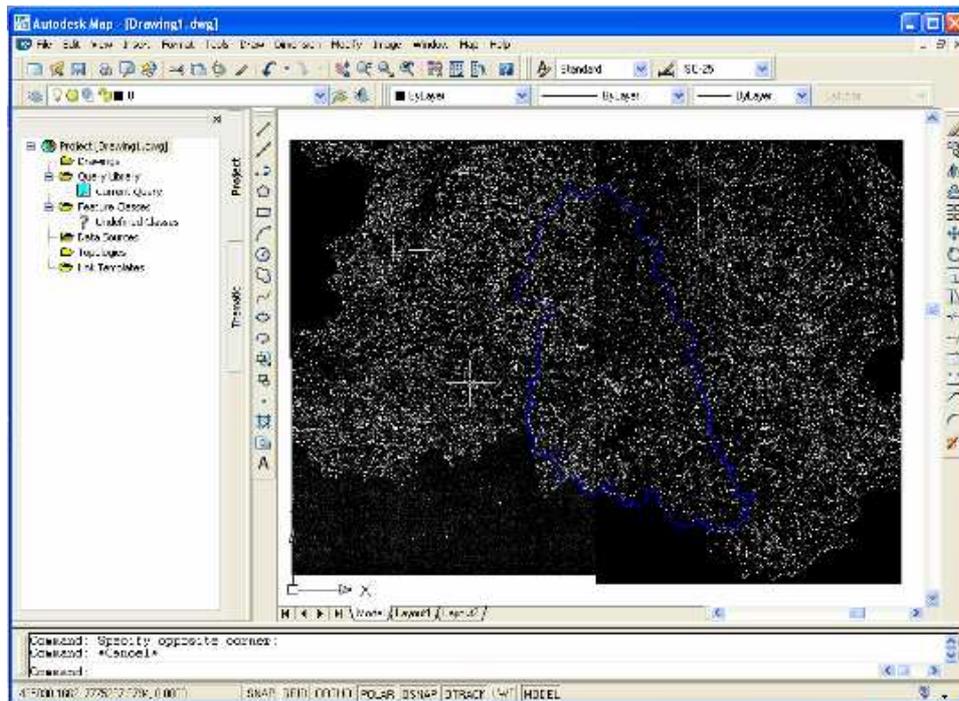
Após a rasterização, as cartas foram devidamente recortadas e georreferenciadas no software Erdas Imagine. A **Figura 37** mostra as cartas georreferenciadas, porém ainda com as bordas, associadas ao limite da Bacia Hidrográfica do Rio Pará.



**Figura 37 – Cartas Georreferenciadas (Ambiente ERDAS Imagine).**

Fonte: CETEC – Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais. Processamento: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

A vetorização das cartas foi feita em ambiente CAD (Auto CAD Map, da Autodesk). A **Figura 38** mostra os recortes das quatro cartas associados ao limite da Bacia Hidrográfica do Rio Pará, prontas para serem vetorizadas.

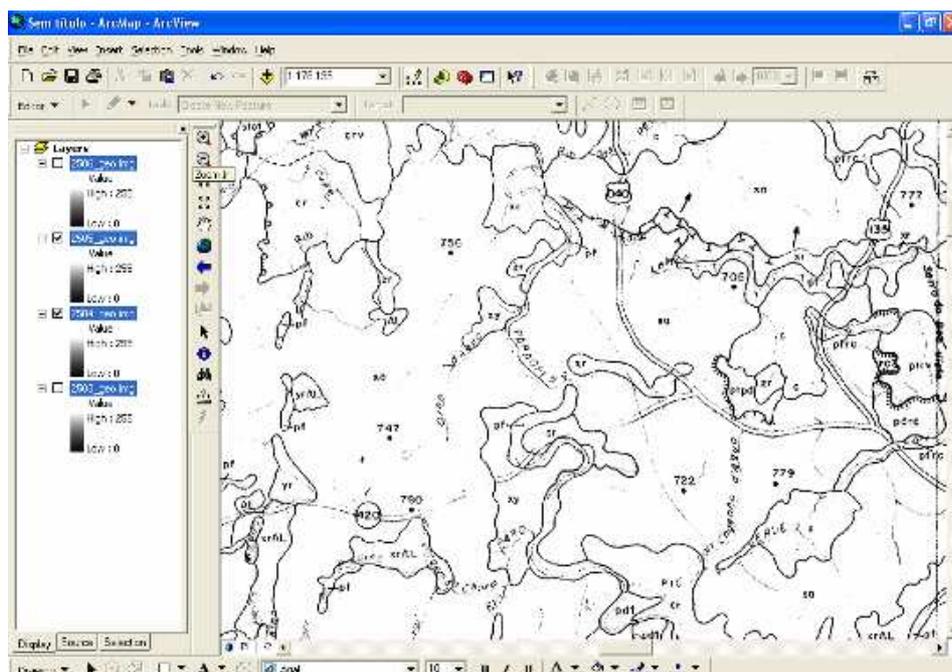


**Figura 38 – Cartas Recortadas e Georreferenciadas Prontas para Serem Vetorizadas (Ambiente CAD).**

Fonte: CETEC – Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais. Processamento: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

Foram vetorizados um layer de polígonos, um de linhas e um de pontos. A vetorização dos polígonos e linhas ficou incompleta. Não foi possível identificar todas as feições. O layer de pontos foi criado para que fosse possível pelo menos a visualização das siglas no local correto para ajudar nas análises.

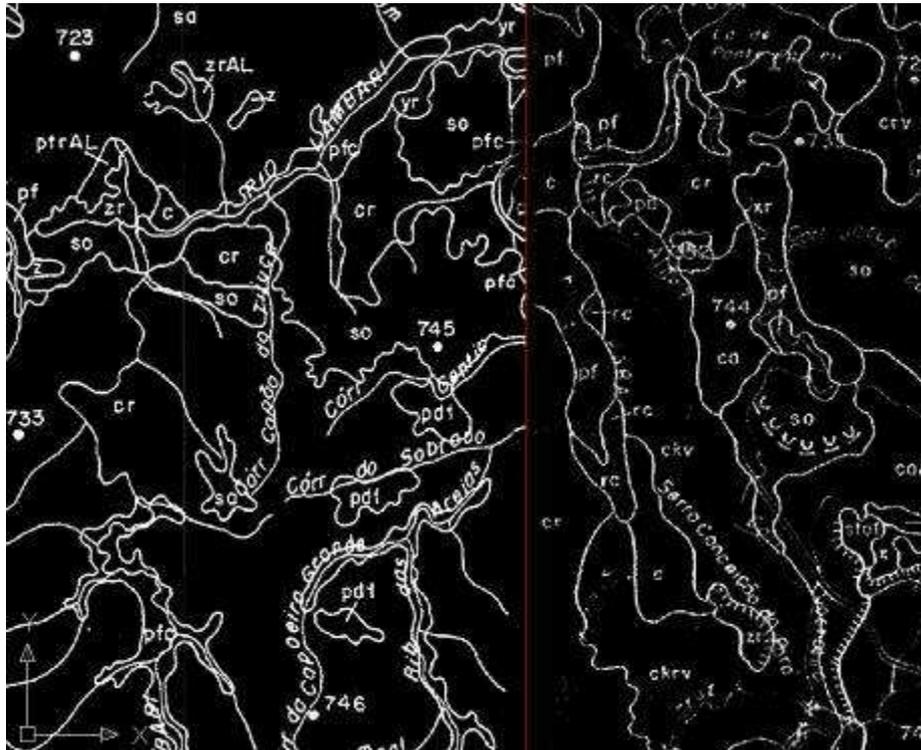
Devido à cópia fornecida em papel estar muito ruim, a rasterização em scanner não forneceu um resultado satisfatório em diversas regiões. A **Figura 39** mostra detalhes desta situação.



**Figura 39 – Exemplo de Problema de Visualização Ocorrido Após Rasterização.**

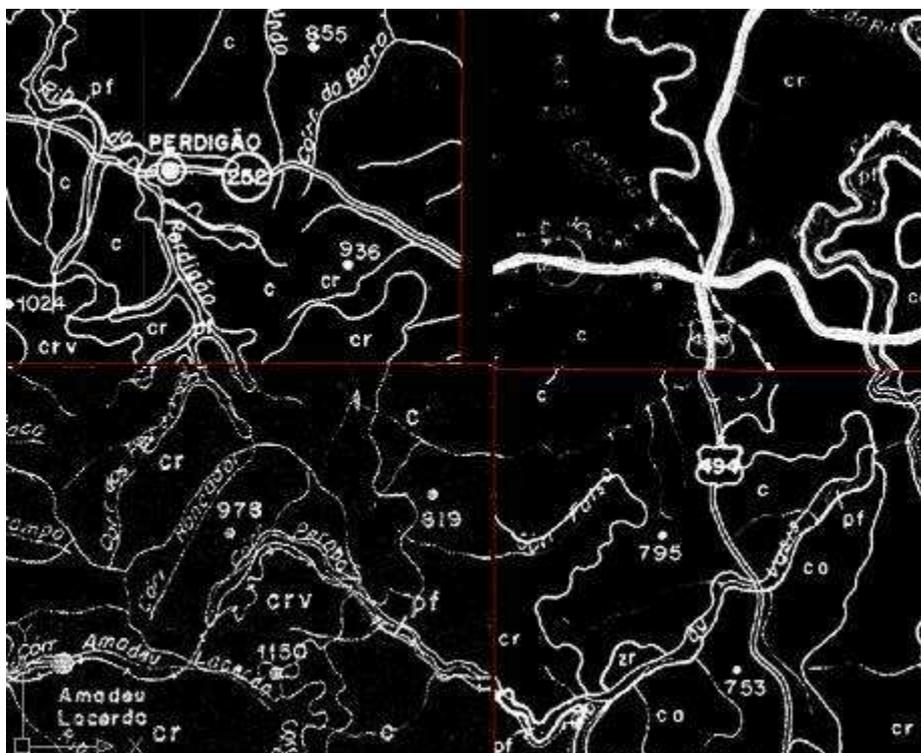
Fonte: CETEC – Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais. Processamento: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

Outros problemas encontrados foram a existência de feições não contínuas (**Figura 40**), e feições contínuas não coincidentes (**Figura 41**), principalmente na junção de duas ou mais cartas.



**Figura 40 – Feições Interrompidas Abruptamente na Emenda das Cartas.**

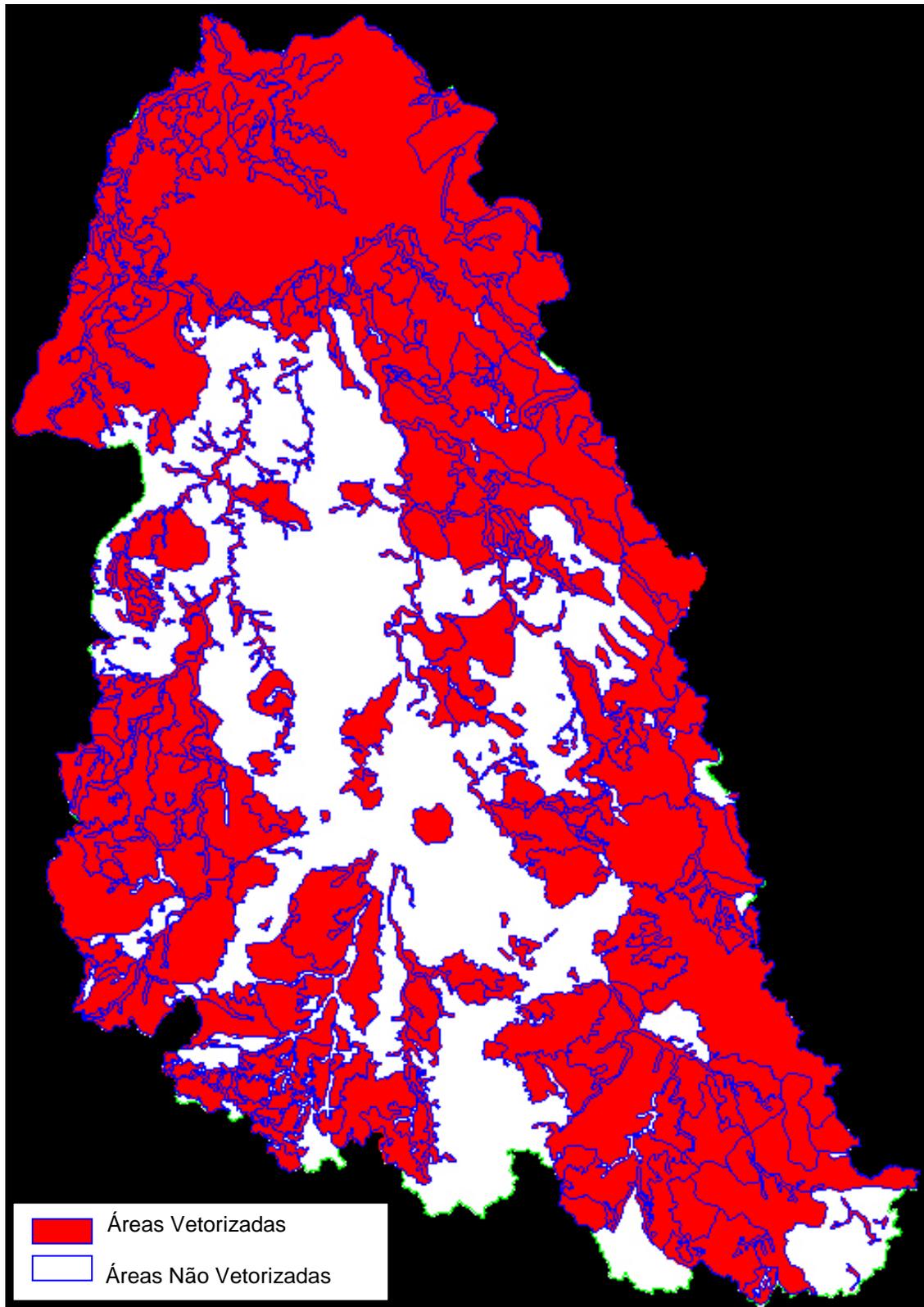
Fonte: CETEC – Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais. Processamento: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.



**Figura 41 – Feições Contínuas, Porém não Coincidentes.**

Fonte: CETEC – Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais. Processamento: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

Procurou-se fazer o fechamento dos polígonos das feições geomorfológicas. Porém, foram encontrados problemas na identificação das mesmas, em função da não visibilidade do traçado das linhas em alguns trechos. A **Figura 42** mostra a situação onde, em vermelho estão os polígonos identificados e os espaços onde a identificação foi impossível.

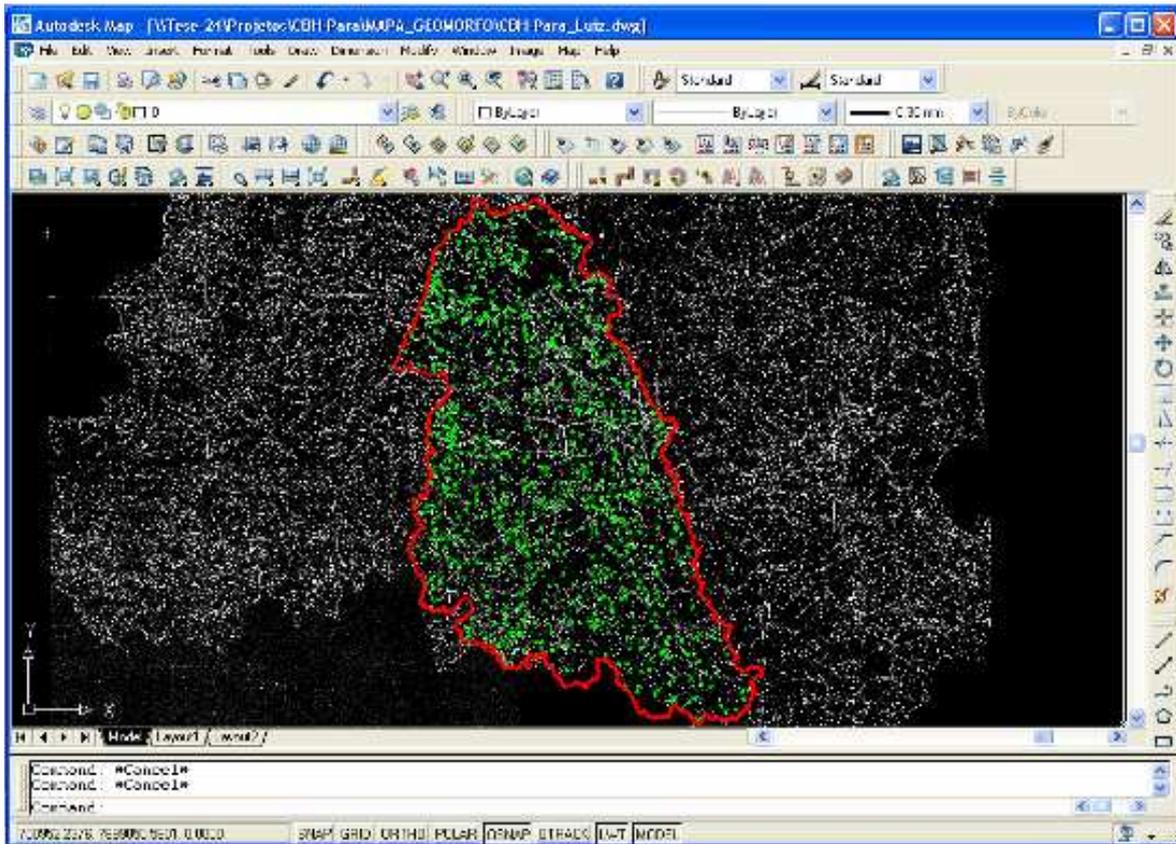


**Figura 42 – Resultado dos Serviços de Vetorização das Unidades Geomorfológicas a Partir das Cartas fornecidas pelo CETEC.**

Fonte: Processamento – TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

O chaveamento das feições foi feito em duas etapas: uma em ambiente CAD e em seguida em ambiente ArcView. O *shapefile* de pontos foi o único a receber o chaveamento. Os *shapefiles* de linhas e de polígonos ficaram sem chaveamento por apresentarem uma quantidade muito grande de dúvidas devido à dificuldade de visualização. Foram chaveadas as siglas das feições geomorfológicas tomando como base a legenda existente nas cartas. Cada ponto recebeu os atributos de: Sigla, Descrição da Sigla, Forma, Litologia e/ou Estrutura e Observações.

A **Figura 43** mostra os pontos chaveados com as siglas das feições em ambiente CAD (AutoCAD Map, da Autodesk).

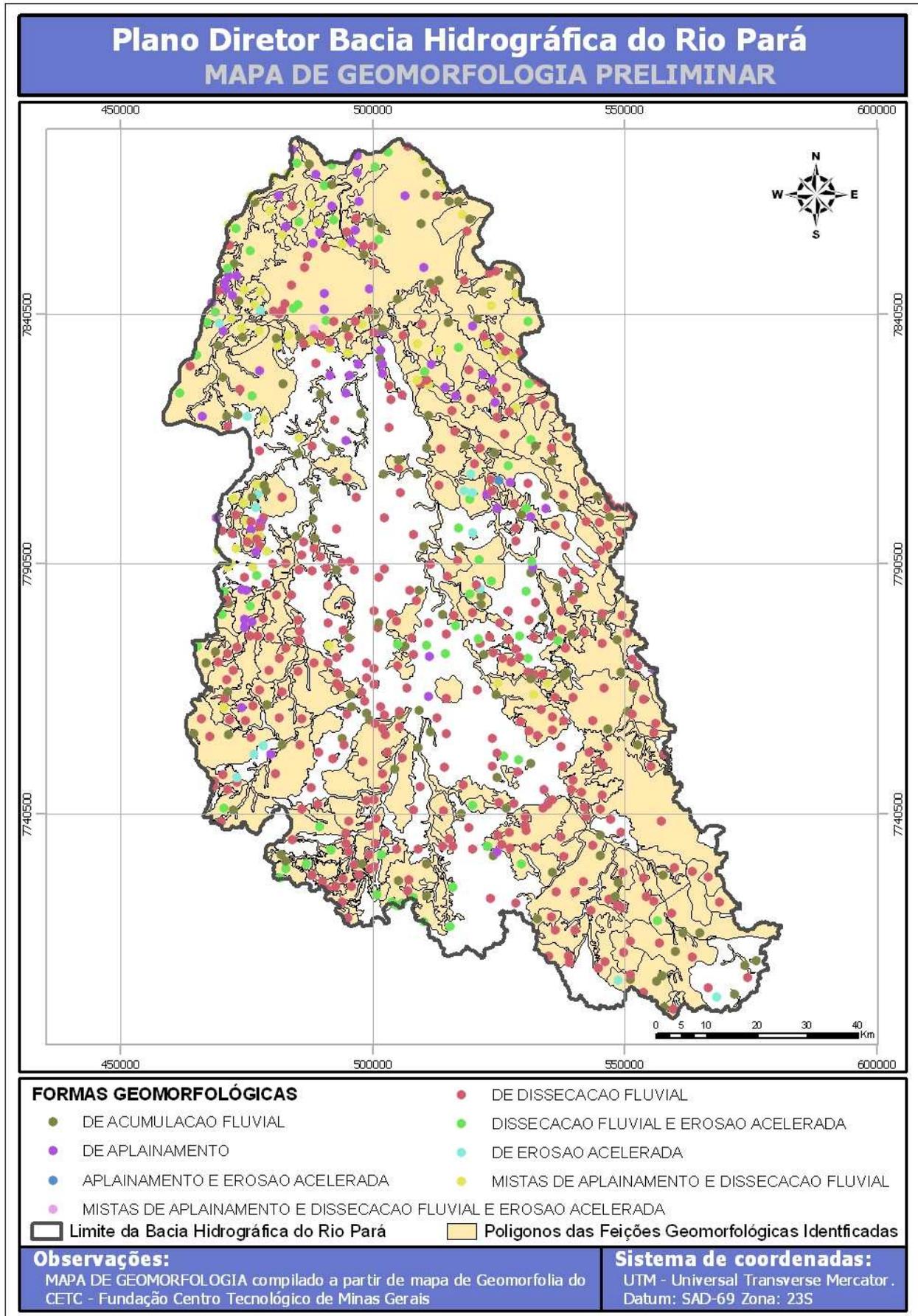


**Figura 43 – Feições (Siglas) Chaveadas (Ambiente CAD).**

Fonte: CETEC – Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais. Processamento: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

Foi feita a solicitação ao CETEC da delimitação dos planaltos e depressões. A informação é de que este mapeamento foi feito por técnicos que já saíram do CETEC há muito tempo, mas está sendo revisto pela equipe atual, que descobriu alguns erros, como manchas sem legenda. O traçado dos planaltos e depressões também está sendo realizado em atendimento à solicitação feita. Contudo, não existe previsão para a conclusão deste trabalho.

A TESE fez o melhor possível com o material que lhe foi fornecido. A **Figura 44** mostra o resultado final deste trabalho, chamado de preliminar devido à natureza dos dados, com os polígonos identificados somente em parte da Bacia Hidrográfica do Rio Pará e com as siglas respectivas sobre eles. No restante da área podem-se visualizar somente as siglas. Este mapa foi tematizado por unidade geomorfológica. Os arquivos formato *shapefile* com as tabelas de atributos completas poderão ser consultados no **Anexo 3**.



**Figura 44 – Mapa de Geomorfologia Preliminar.**

Fonte: CETEC – Fundação centro Tecnológico de Minas Gerais. Processamento: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

Diante da inexistência de dados finais adequados, os aspectos geomorfológicos da região foram analisados com base nas descrições do Projeto RADAMBRASIL folha 23/24, e auxiliado pela composição do Modelo Digital de Elevação de Terreno (MDT) gerado a partir das curvas de nível das cartas topográficas do IBGE, 1:50.000, trabalho desenvolvido no projeto do Sistema de Apoio a Gestão da Bacia Hidrográfica do Rio Pará, apresentado na **Figura 45**.

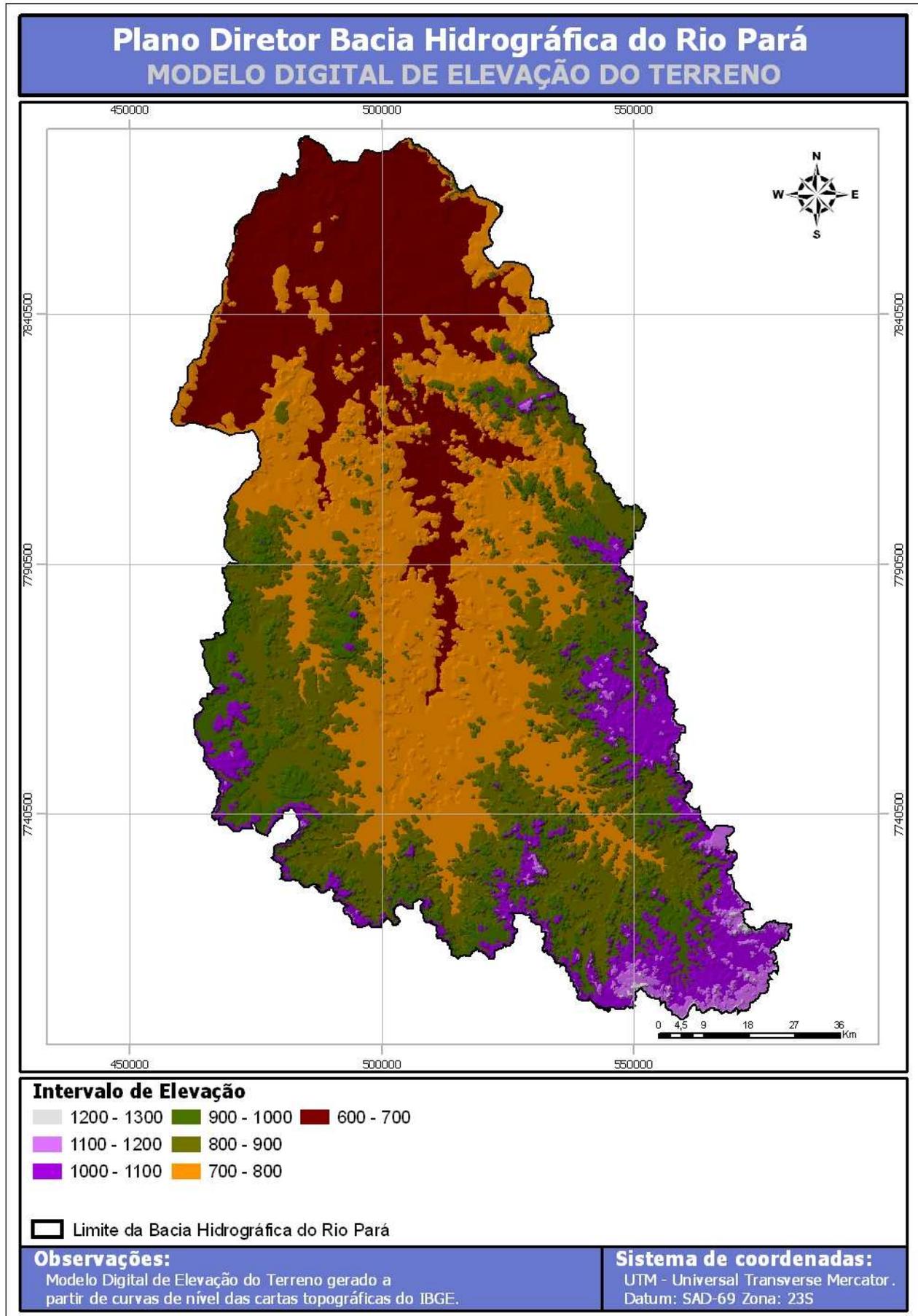
Considerando a região geográfica onde se encontra inserida a Bacia Hidrográfica do Rio Pará, esta, no contexto dos domínios morfoestruturais brasileiros, situa-se na transição entre os grandes domínios morfoestruturais do interior com escarpas e maciços modelados em rochas do complexo cristalino do Planalto Sul de Minas, e relevos modelados em rochas sedimentares da Depressão do São Francisco.

Referenciando o recorte espacial delimitado pela Bacia Hidrográfica do Rio Pará, especificamente esta apresenta em seu terço superior uma dissecação forte a moderadamente forte, compreendendo um conjunto de serras alongadas, escarpas e esporões, com incisões de drenagem entre 150 a 200 metros e declividades com variações entre 10 a 25°. Nesta área podem ocorrer processos morfogenéticos intensos através de escoamentos difusos e concentrados, com a presença de movimentos de massa como rastejamentos e deslizamentos.

No terço médio da Bacia Hidrográfica do Rio Pará e em partes de seu terço inferior, associadas às planícies e terraços aluviais, predominam os relevos com dissecação moderada, com a predominância de cristas assimétricas e escarpas com coalescência de rampas de colúvio, mares de morros e colinas convexas com incisões de drenagem variando entre 95 a 155 metros e declives entre 10 e 20°.

Em relação à morfodinâmica, pode ocorrer escoamento superficial difuso e concentrado com a capacidade de originar sulcos, ravinas e voçorocas, além de possíveis movimentos de massa. A presença das planícies e terraços aluviais predominantes no terço inferior da Bacia Hidrográfica do Rio Pará corresponde a áreas de acumulação, com meandro em estágio de colmatagem, leques de espraamentos coluviais periodicamente inundáveis, com a predominância de áreas com declives inferiores a 2°.

Ressalta-se a importância das características geomorfológicas na composição e evolução do sistema natural, compreendendo uma série de produtos e processos intimamente relacionados, os quais ditam as limitações e possibilidades de uso dos recursos hídricos e do uso e ocupação do solo.



**Figura 45 – MDT da Bacia Hidrográfica do Rio Pará.**  
Fonte: Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

## 2.5 Solos

Os solos da Bacia Hidrográfica do Rio Pará estão caracterizados no presente relatório pela pedologia e aptidão agrícola das terras, expressos em mapas e legendas descritivas.

### 2.5.1 Pedologia

O Mapa de Cobertura Pedológica, também denominado Mapa de Solos, representa os tipos de solos existentes na região de estudo. O Mapa Pedológico **Figura 46** foi obtido no “Sistema de Apoio à Gestão da Bacia Hidrográfica do Rio Pará – Alto São Francisco”, executado pela empresa TESE – Tecnologia em Sistemas Espaciais, sob responsabilidade do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Pará. O arquivo formato *shapefile* com a tabela de atributos completa poderá ser consultado no **Anexo 3**.

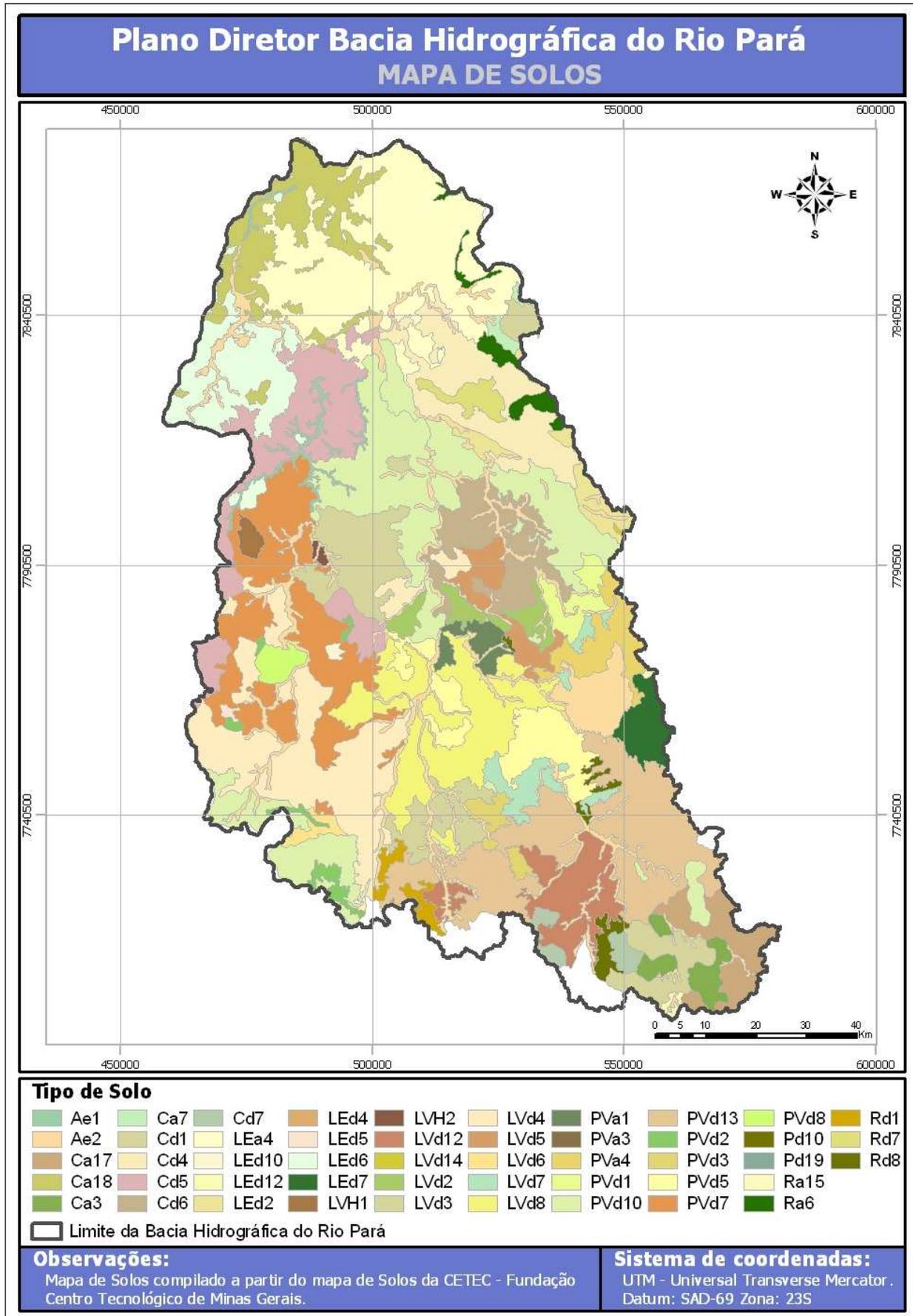
A Empresa Tese desenvolveu o trabalho a partir do Projeto: “Estudos Integrados da Bacia do Alto São Francisco, 1983”, disponível na forma analógica em escala 1:250.000, obtido através do CETEC. As quatro cartas foram digitalizadas, georreferenciadas, articuladas e editadas com delimitação dos polígonos existentes na área da Bacia Hidrográfica do Rio Pará. Note-se que os dados originais não contemplaram 100% da área de estudo, ficando três pequenas áreas sem cobertura.

Com base neste mapa gerado, podem-se retirar as porcentagens abaixo descritas, na **Tabela 13**, dos diferentes tipos de solos, em relação à bacia.

**Tabela 13 – Percentual dos Tipos de Solos Presentes na Bacia hidrográfica do Rio Pará.**

Percentual dos Tipos de Solos Presentes na Bacia Hidrográfica do Rio Pará					
Tipo	% Na Bacia	Tipo	% Na Bacia	Tipo	% Na Bacia
Ae1	0,70%	LEd6	3,50%	PVa4	1,50%
Ae2	6,90%	LEd7	1,00%	PVd1	0,80%
Ca17	1,80%	LVd12	2,60%	PVd10	10,00%
Ca18	3,80%	LVd14	0,00%	PVd13	7,40%
Ca3	0,90%	LVd2	1,00%	PVd2	0,60%
Ca7	0,20%	LVd3	5,10%	PVd3	0,60%
Cd1	0,40%	LVd4	6,80%	PVd5	2,40%
Cd4	3,80%	LVd5	1,20%	PVd7	6,10%
Cd5	4,70%	LVd6	0,30%	PVd8	0,50%
Cd6	2,70%	LVd7	1,10%	Ra15	0,00%
Cd7	0,60%	LVd8	5,00%	Ra6	0,70%
LEa4	9,60%	LVH1	0,30%	Rd1	0,50%
LEd10	0,10%	LVH2	0,10%	Rd7	0,60%
LEd12	0,10%	Pd10	0,00%	Rd8	0,60%
LEd2	0,90%	Pd19	0,00%	Outros	1,40%
LEd4	0,00%	PVa1	0,70%		
LEd5	0,10%	PVa3	0,00%		

Fonte: Projeto Sistema de Apoio a Gestão da Bacia Hidrográfica do Rio Pará – Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Pará



**Figura 46 – Mapa de Cobertura Pedológica da Bacia Hidrográfica do Rio Pará.**

Fonte: CETEC – Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais. Processamento: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

Foram identificadas 46 unidades de solos, cujas descrições podem ser observadas na **Tabela 14**. Essas unidades de solos pertencem a 5 grandes grupos. Segundo Koffler (1993), as características de cada grupamento de solo encontrado na Bacia Hidrográfica do Rio Pará são descritos a seguir.

### 2.5.1.1 Solos Aluviais

Compreendem solos pouco desenvolvidos, planos, resultantes de deposições fluviais recentes, e apresentam apenas um horizonte superficial A diferenciado, sobre camadas estratificadas, sem que haja entre elas qualquer relação pedogenética. As características morfológicas variam muito, principalmente em função das naturezas dos sedimentos depositados, apresentando-se sob diferentes aspectos com relação à textura, coloração, estrutura e consistência.

### 2.5.1.2 Cambissolos

São solos que apresentam horizonte B incipiente (horizonte câmbico) subjacente a um horizonte A proeminente, moderado ou fraco, ou A chernozêmico, neste caso, sobrejacente a um B incipiente com saturação com bases inferior a 50% ou, ainda, os solos que não apresentam horizontes diagnósticos outros que não horizontes a turfoso ou proeminente.

### 2.5.1.3 Latossolos

São solos altamente intemperizados, profundos e bem drenados, constituídos predominantemente por sesquióxidos, minerais de argila do tipo 1:1 (caulinita) e quartzo. Os óxidos de ferro livres contribuem para a agregação das partículas de silte e argila, fazendo com que esses solos sejam bem arejados e friáveis, com ótimas propriedades físicas. Entretanto, a baixa atividade das argilas silicatadas e dos óxidos de ferro fazem com que sejam, em geral, deficientes em nutrientes. O perfil do solo apresenta seqüência de horizontes A, B e C com pequena diferenciação entre eles. A textura pouco varia com a profundidade, uma vez que não apresenta horizonte sub-superficial de acúmulo de argila. Estes solos são divididos em subclasses, de acordo com a cor teor de  $Fe_2O_3$ , textura do horizonte B, caráter álico e saturação com bases. De modo geral são pobres em nutrientes e ricos em alumínio, com exceção do LR-e. A CTC é baixa nos Latossolos vermelho amarelos de textura média (LV-1, LV- 2, LV- 3 e LV- 4) e moderada a alta nos demais.

### 2.5.1.4 Solos Podzólicos

São solos com horizonte B textural, não hidromórficos, com individualização clara de horizontes decorrente da acentuada diferença em textura, cor e estrutura, tendo seqüência de horizontes A (A1, A2 e/ou A3), Bt e C, normalmente com transição abrupta ou clara do horizonte A para o Bt. São moderadamente profundos a profundos, com cores desde vermelho até amarelo no horizonte Bt. Geralmente a textura varia bastante em profundidade devido à presença de um horizonte sub-superficial de acúmulo de argila. De modo generalizado ocorrem em relevo ondulado dissecado, textura variável desde média até argilosa ou muito argilosa, profundidade efetiva desde moderada até muito alta, pedregosidade ausente exceto no PV-6, drenagem moderada ou boa. As características químicas são muito variadas, sendo em geral pobres em nutrientes, apresentando baixa saturação com alumínio no horizonte A e alta no horizonte B. A unidade PE é a única que apresenta boas condições para todos os parâmetros químicos considerados.

### 2.5.1.5 Solos Litólicos

A principal característica desses solos é a pequena espessura do “solum” (inferior a 40 cm) e a ausência ou pequena expressão de horizonte diagnóstico de sub-superfície. Apresentam

horizonte A diretamente em contato com a rocha (A, R), sobre horizonte C de pequena espessura (A, C, R) ou sobre horizonte B incipiente. Devido a sua imaturidade, apresentam geralmente teores elevados de minerais primários menos resistentes ao intemperismo e minerais de argila do grupo das esmectitas, proporcionando altos valores de capacidade de troca de cátions. A textura é bastante variada e estreitamente relacionada com a natureza do substrato. São bastante limitados para atividades agrícolas, principalmente devido à pequena espessura do perfil que restringe o desenvolvimento do sistema radicular das plantas. Apresentam um relevo acidentado, que é outro agravante à suas utilizações agrícolas por dificultar as atividades mecanizadas.

**Tabela 14 – Tipos de Solos Existentes na Bacia Hidrográfica do Rio Pará e suas Descrições Técnicas.**

<b>Tipos de Solos Existentes na Bacia Hidrográfica do Rio Pará e suas Descrições Técnica</b>						
<b>Tipo</b>	<b>Significado</b>	<b>Compo- sição Total (%)</b>	<b>Tipo de Horizonte</b>	<b>Fase de Relevo</b>	<b>Fase de Vegetação</b>	<b>Textura</b>
Ae1	Solos aluviais eutróficos	100%	A moderado	Relevo plano	Fase floresta perenifólia	Textura indiscriminada
Ae2	Solos aluviais eutróficos	60%	A moderado	Relevo plano	Fase floresta perenifólia	Textura indiscriminada
	Solos hidromórficos indiscriminados	40%	A moderado	Relevo plano	Fase campos de várzea	Textura indiscriminada
Ca17	Cambissolo álico	40%	A moderado	Relevo ondulado	Fase cerrado	Textura argilosa
	Podzólico vermelho amarelo álico	30%	A moderado	Relevo ondulado	Fase cerrado	Textura argilosa
	Latossolo vermelho amarelo álico	30%	A moderado	Relevo ondulado	Fase cerrado	Textura argilosa
Ca18	Cambissolo álico	50%	A moderado	Relevo ondulado	Fase cerrado	Textura argilosa
	Solos litólicos álico	25%	A fraco	Relevo ondulado	Fase cerrado	Textura argilosa
	Podzólico vermelho amarelo álico	25%	A moderado	Relevo ondulado	Fase cerrado	Textura argilosa
Ca3	Cambissolo álico	100%	A moderado	Relevo ondulado	Fase cerrado	Textura argilosa
Ca7	Cambissolo álico	70%	A moderado	Relevo suave	Fase cerrado	Textura argilosa
	Latossolo vermelho amarelo álicos	30%	A moderado	Relevo suave	Fase cerrado	Textura argilosa
Cd1	Cambissolo distrófico	100%	A moderado	Relevo forte ondulado	Fase campo cerrado	Textura argilosa

<b>Tipos de Solos Existentes na Bacia Hidrográfica do Rio Pará e suas Descrições Técnica (cont.)</b>						
<b>Tipo</b>	<b>Significado</b>	<b>Compo- sição Total (%)</b>	<b>Tipo de Horizonte</b>	<b>Fase de Relevo</b>	<b>Fase de Vegetação</b>	<b>Textura</b>
Cd4	Cambissolo distrófico	60%	A moderado	Relevo forte ondulado	Fase floresta subperenifólia	Textura argilosa
	Podzólico vermelho amarelo distrófico	40%	A moderado	Relevo forte ondulado	Fase floresta subperenifólia	Textura argilosa
Cd5	Cambissolo distrófico	70%	A moderado	Relevo ondulado	Fase cerrado/floresta subperenifólia	Textura argilosa
	Podzólico vermelho amarelo distrófico	30%	A moderado	Relevo ondulado	Fase cerrado/floresta subperenifólia	Textura argilosa
Cd6	Cambissolo distrófico	60%	A moderado	Relevo ondulado	Fase cerrado/floresta subperenifólia	Textura argilosa
	Podzólico vermelho amarelo distrófico	40%	A moderado	Relevo ondulado	Fase cerrado/floresta subperenifólia	Textura argilosa
Cd7	Cambissolo distrófico	70%	A moderado	Relevo forte ondulado	Fase cerrado	Textura argilosa
	Solo litólico distrófico	30%	A moderado	Relevo forte ondulado	Fase cerrado	Textura argilosa
LEa4	Latossolo vermelho escuro álico	100%	A moderado	Relevo plano e relevo suave ondulado	Fase cerrado	Textura argilosa
LEd10	Latossolo vermelho escuro distrófico	70%	A moderado	Relevo plano e relevo suave ondulado	Fase floresta caducifólia / cerrado	Textura argilosa
	Latossolo vermelho amarelo húmico álico	30%	A moderado	Relevo plano e relevo suave ondulado	Fase floresta caducifólia / cerrado	Textura argilosa
LEd12	Latossolo vermelho escuro distrófico	70%	A moderado	Relevo ondulado	Fase cerrado/floresta subperenifólia	Textura argilosa
	Cambissolo distrófico	30%	A moderado	Relevo ondulado	Fase cerrado/floresta subperenifólia	Textura argilosa
LEd4	Latossolo vermelho escuro distrófico	100%	A moderado	Relevo suave ondulado	Fase floresta subperenifólia	Textura argilosa
LEd5	Latossolo vermelho escuro distrófico	100%	A moderado	Relevo ondulado e relevo forte ondulado	Fase floresta subperenifólia	Textura argilosa

<b>Tipos de Solos Existentes na Bacia Hidrográfica do Rio Pará e suas Descrições Técnica (cont.)</b>						
<b>Tipo</b>	<b>Significado</b>	<b>Compo- sição Total (%)</b>	<b>Tipo de Horizonte</b>	<b>Fase de Relevo</b>	<b>Fase de Vegetação</b>	<b>Textura</b>
LEd6	Latossolo vermelho escuro distrófico	100%	A moderado	Relevo suave ondulado	Fase cerrado	Textura argilosa
LEd7	Latossolo vermelho escuro distrófico	100%	A moderado	Relevo ondulado e relevo suave ondulado	Fase cerrado	Textura argilosa
LVd12	Latossolo vermelho amarelo distrófico	70%	A moderado	Relevo ondulado	Fase cerrado/floresta subperenifólia	Textura argilosa
	Podzólico vermelho amarelo distrófico	30%	A moderado	Relevo ondulado	Fase cerrado/floresta subperenifólia	Textura argilosa
LVd14	Latossolo vermelho amarelo distrófico	40%	A moderado	Relevo ondulado e relevo forte ondulado	Fase cerrado/floresta subperenifólia	Textura argilosa
	Podzólico vermelho amarelo distrófico	30%	A moderado	Relevo ondulado e relevo forte ondulado	Fase cerrado/floresta subperenifólia	Textura argilosa
	Cambissolo distrófico	30%	A moderado	Relevo ondulado e relevo forte ondulado	Fase cerrado/floresta subperenifólia	Textura argilosa
LVd2	Latossolo vermelho amarelo distrófico	100%	A moderado	Relevo suave ondulado	Fase floresta subperenifólia	Textura argilosa
LVd3	Latossolo vermelho amarelo distrófico	100%	A moderado	Relevo ondulado e relevo suave ondulado	Fase floresta subperenifólia	Textura argilosa
LVd4	Latossolo vermelho amarelo distrófico	100%	A moderado	Relevo ondulado	Fase floresta subperenifólia	Textura argilosa
LVd5	Latossolo vermelho amarelo distrófico	100%	A moderado	Relevo ondulado e relevo forte ondulado	Fase floresta subperenifólia	Textura argilosa
LVd6	Latossolo vermelho amarelo distrófico	100%	A moderado	Relevo forte ondulado	Fase floresta subperenifólia	Textura argilosa
LVd7	Latossolo vermelho amarelo distrófico	100%	A moderado	Relevo ondulado	Fase cerrado/floresta subperenifólia	Textura argilosa
LVd8	Latossolo vermelho amarelo distrófico	100%	A moderado	Relevo ondulado	Fase cerrado	Textura argilosa

<b>Tipos de Solos Existentes na Bacia Hidrográfica do Rio Pará e suas Descrições Técnica (cont.)</b>						
<b>Tipo</b>	<b>Significado</b>	<b>Compo- sição Total (%)</b>	<b>Tipo de Horizonte</b>	<b>Fase de Relevo</b>	<b>Fase de Vegetação</b>	<b>Textura</b>
LVH1	Latossolo vermelho amarelo húmico álico	100%	A moderado	Relevo suave ondulado	Floresta superenifólia	Textura argilosa
LVH2	Latossolo vermelho amarelo húmico álico	100%	A moderado	Relevo suave ondulado	Fase cerrado	Textura argilosa
PVa1	Podzólico vermelho amarelo álico	100%	A moderado	Relevo ondulado	Fase cerrado	Textura argilosa
PVa3	Podzólico vermelho amarelo álico	70%	A moderado	Relevo ondulado	Fase floresta subperenifólia	Textura argilosa
	Cambissolo álico	30%	A moderado	Relevo ondulado	Fase floresta subperenifólia	Textura argilosa
PVa4	Podzólico vermelho amarelo álico	70%	A moderado	Relevo forte ondulado	Fase cerrado/floresta subperenifólia	Textura argilosa
	Cambissolo álico	30%	A moderado	Relevo forte ondulado	Fase cerrado	Textura siltosa

Fonte: Projeto Sistema de Apoio a Gestão da Bacia Hidrográfica do Rio Pará – Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Pará.

## 2.5.2 Aptidão Agrícola das Terras

O mapeamento da aptidão agrícola das terras da Bacia Hidrográfica do Rio Pará foi fornecido pela EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Este trabalho foi realizado em 2004 pela EMBRAPA Solos (Rio de Janeiro) e faz parte do Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 63. O material básico considerado na avaliação da aptidão agrícola das terras do Estado de Minas Gerais foi um estudo dos solos do Estado de Minas Gerais, parcialmente compilado escala 1:1.000.000 (Embrapa, 2004).

A interpretação do levantamento de solos visou avaliar as condições agrícolas das terras, levando-se em consideração as características do meio ambiente, propriedades físicas e químicas das diferentes classes de solo e a viabilidade de melhoramento dos cinco fatores limitantes básicos das terras: fertilidade natural, excesso de água, deficiência de água, susceptibilidade à erosão e impedimentos ao uso de implementos agrícolas.

A avaliação da aptidão agrícola, em síntese, consistiu no enquadramento das terras dentro de seis grupos, objetivando apresentar as alternativas de uso de uma determinada extensão de terra, em função da viabilidade de melhoramento dos cinco fatores limitantes básicos e da intensidade de limitação que persistir após a utilização de práticas agrícolas inerentes aos sistemas de manejo A (baixo nível tecnológico), B (médio nível tecnológico) e C (alto nível tecnológico).

O enquadramento de uma determinada unidade ambiental (terra) em um grupo correspondente a alta intensidade de exploração, não significa a inviabilidade de sua utilização em outro grupo correspondente a menor intensidade de exploração, significando apenas uma subutilização. A recíproca não é verdadeira, pois a exploração de determinada terra com uma atividade mais

intensiva que sua aptidão indica, aumenta em muito os riscos de dano ambiental (uma super-utilização neste caso), muitas vezes de difícil recuperação.

Com base na legenda de solos, elaborou-se uma tabela em função dos graus de limitação referentes à deficiência de fertilidade natural, deficiência de água, deficiência de oxigênio, susceptibilidade à erosão e impedimentos ao uso de implementos agrícolas para cada unidade de mapeamento. Com esta tabela, objetivou-se avaliar os graus de limitação de cada fator sob práticas de manejo que refletem baixo, médio e alto nível tecno-operacionais. Na etapa seguinte, foram obtidas as classes de aptidão agrícola das terras, em função dos graus de limitação persistentes após os melhoramentos inerentes aos níveis tecnológicos médio e alto.

Posteriormente, foram estabelecidos os grupos de aptidão agrícola, baseados na melhor classe de aptidão, em um dos três níveis de manejo, para cada classe de solo. Finalmente, após o estabelecimento dos subgrupos de aptidão agrícola, elaborou-se a legenda do mapa de aptidão agrícola das terras. No caso em que as unidades de mapeamento de solos são constituídas por associações (o que ocorreu na maior parte dos casos), a aptidão agrícola é definida em função do solo dominante, sendo ponderada até o segundo componente da associação. O terceiro e eventualmente o quarto não foram considerados na definição da aptidão.

O nível de manejo A, baseia-se em práticas agrícolas que refletem um baixo nível tecnológico, praticamente não havendo aplicação de capital para manejo, melhoramento e conservação das condições das terras e das lavouras. As práticas agrícolas dependem do trabalho braçal, podendo ser utilizada alguma tração animal com implementos agrícolas simples.

O nível de manejo B (intermediário) é, dentro da realidade agrícola brasileira, o nível de manejo mais utilizado. Baseia-se em práticas agrícolas que refletem um nível tecnológico médio. Caracterizando-se pela modesta aplicação de capital e de resultados de pesquisas para manejo, melhoramento e conservação das condições das terras e das lavouras. As práticas agrícolas estão condicionadas principalmente à tração animal.

O nível de manejo C (desenvolvido) é o nível da administração empresarial por excelência. Ressalta-se que isto não implica obrigatoriamente em práticas agrícolas vultosas e muitas vezes de aplicabilidade, segurança e principalmente retorno duvidosos. Trata-se mais de gerenciar as práticas, procurando-se sempre as melhores relações custo-benefício formuladas pela pesquisa de forma a estruturar o negócio agrícola como atividade mais rentável e segura possível, além de ser, hoje em dia e cada vez mais, equilibrada com o meio ambiente. Este nível é baseado em práticas agrícolas que refletem um alto nível tecnológico. Caracterizando-se pela aplicação de capital em resultados de pesquisas para manejo, melhoramento e conservação das condições das terras e das lavouras comprovadamente eficientes.

A motomecanização, principalmente nas áreas produtoras de grãos, está presente nas diversas fases da operação agrícola. De acordo com o método citado, os níveis B e C envolvem melhoramentos tecnológicos em diferentes modalidades, referidos basicamente às condições naturais das terras sem, contudo levar em conta a irrigação na avaliação da aptidão agrícola. Este melhoramento pauta-se em três classes: a primeira em que o melhoramento é viável com práticas simples e pequeno emprego de capital; a segunda classe em que o melhoramento é viável somente com práticas intensivas e considerável aporte de capital, mas, ainda, economicamente compensadores e a terceira classe em que o melhoramento é de grande monta, viável tecnicamente, mas normalmente inviável econômica e individualmente para a grande maioria dos agricultores.

Com base no levantamento de solos, nas condições do meio ambiente e nas classes de aptidão agrícola, foi elaborada a legenda do mapa de aptidão agrícola das terras. No caso de associação que é constituída de mais de um componente, os solos podem ou não pertencer a diferentes classes de aptidão, estando a unidade representada no mapa em função do

componente majoritário (o primeiro membro) recorrido até o segundo componente da associação.

As letras que acompanham os algarismos são indicativas das classes de aptidão de acordo com os níveis de manejo e podem aparecer nos subgrupos em maiúsculas, minúsculas ou minúsculas entre parênteses.

Com o objetivo de explicitar a simbolização usada no mapa de aptidão, toma-se como exemplo o subgrupo 1(a)bC. A letra minúscula entre parênteses (a) representa a classe de aptidão Restrita no nível de manejo A, a letra minúscula b representa a classe de aptidão Regular no nível de manejo B e a letra maiúscula C representa a classe de aptidão Boa no nível de manejo C. O algarismo 1, indicativo do grupo, representa a classe de aptidão Boa em pelo menos um dos três níveis de manejo. Ao contrário das demais, a classe inapta não é representada por símbolos. Sua interpretação é feita pela ausência das letras no tipo de utilização considerado. As terras consideradas inaptas para lavouras têm suas possibilidades analisadas para usos menos intensivos (pastagem plantada, silvicultura ou pastagem natural). No entanto, as terras classificadas como inaptas para os diversos tipos de utilização considerados têm como alternativa serem indicadas para a preservação da fauna e flora (grupo 6).

A aptidão agrícola para cada unidade de mapeamento foi avaliada para cada nível de manejo sendo apresentada junto à legenda de solos. Os fatores limitantes: deficiência de fertilidade (F), deficiência de água (H), excesso de água (O), susceptibilidade à erosão (E) e impedimentos à mecanização (M) são apresentados na legenda antecedendo a aptidão e referem-se respectivamente aos níveis de manejo A, B e C. O fator apresentado com letra maiúscula possui maior efeito depressor em relação ao com letra minúscula para aquele nível de manejo específico.

Convenções adicionais que detalham a informação foram descritas no próprio mapa, objetivando facilitar seu uso. A correspondência na legenda é a seguinte:

||| - Terras aptas para culturas de ciclo curto inaptas para culturas de ciclo longo.

= - Terras aptas preferencialmente para culturas de ciclo longo.

:: - Terras aptas para culturas adaptadas a elevado déficit hídrico.

**2”abc** - Aspas no algarismo indicativo do grupo representam terras com aptidão para dois cultivos por ano.

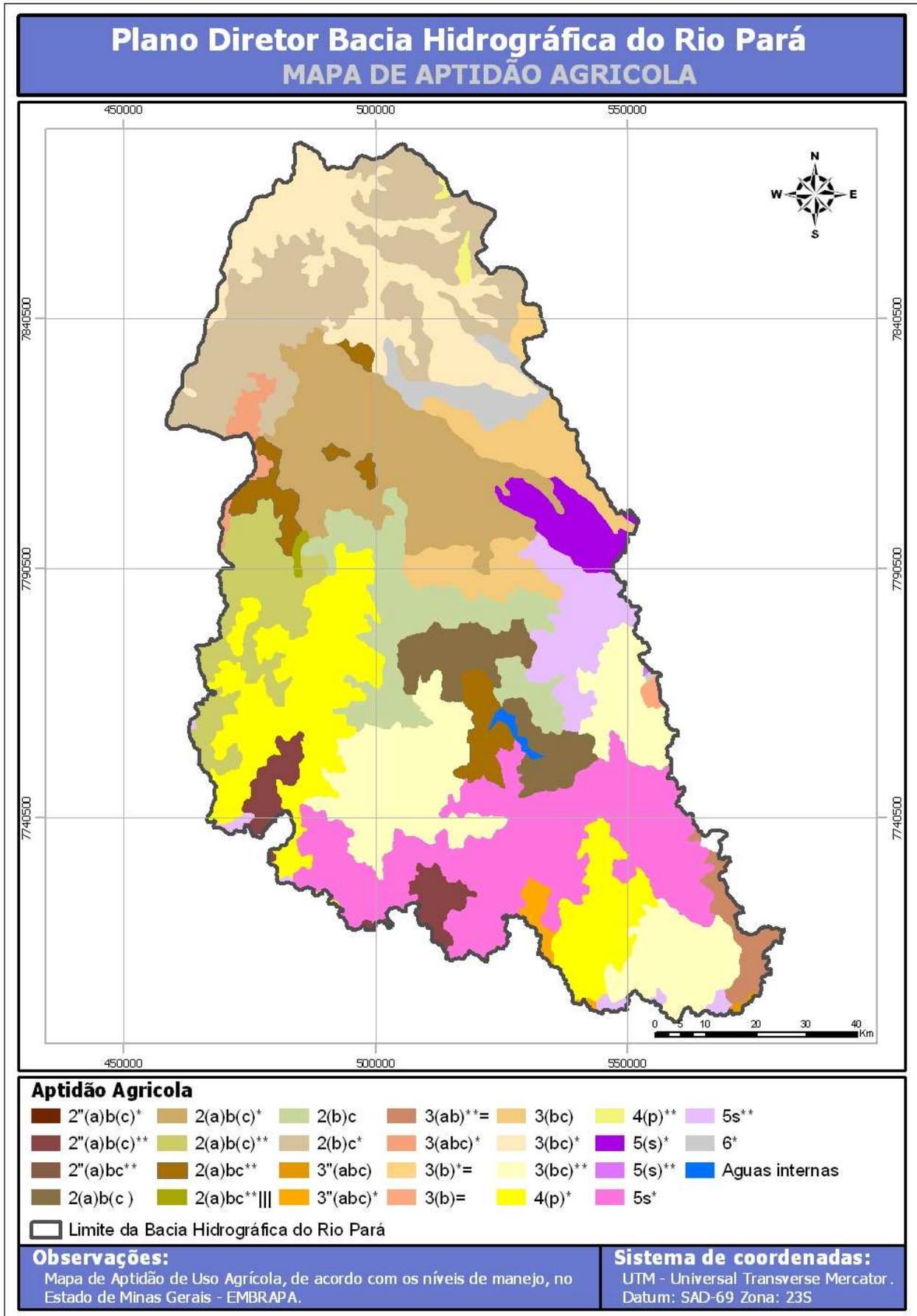
**2abc** - Linha contínua sob o símbolo indica associação de terras, em que o segundo componente tem aptidão melhor que o primeiro.

**2abc** - Linha descontínua sob o símbolo indica associação de terras, em que o segundo componente tem aptidão pior que o primeiro.

\* - Indica ocorrência de terras, em menor proporção, com aptidão superior à representada no mapa;

\*\* - Indica ocorrência de terras, em menor proporção, com aptidão inferior à representada no mapa.

A **Figura 47** contém o mapa de aptidão agrícola das terras da Bacia Hidrográfica do Rio Pará fornecido pela EMBRAPA. O arquivo formato *shapefile* com a tabela de atributos completa poderá ser consultado no **Anexo 3**. A **Tabela 15** contém a descrição de cada grupo.



**Figura 47 – Mapa de Aptidão Agrícola das Terras da Bacia Hidrográfica do Rio Pará.**

Fonte: Embrapa – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Processamento: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

**Tabela 15 – Grupos de Aptidão Agrícola das Terras da Bacia Hidrográfica do Rio Pará e suas Descrições Técnicas.**

<b>Grupos de Aptidão Agrícola das Terras da Bacia Hidrográfica do Rio Pará e Suas Descrições Técnicas</b>	
<b>Aptidão</b>	<b>Descrição</b>
2"(a)b(c)*	Terras aptas para lavoura com aptidão para dois cultivos por ano, com manejo regular no nível B, isto é, conhecimento técnico razoável e com aplicação modesta de capital; e restrito nos níveis de manejo A e C, ou seja, não se pode explorar sem tecnologia e sem capital, como também é inviável a utilização de alta tecnologia com bastante capital. Também indica ocorrência de terras, em menor proporção, com aptidão superior à representada no mapa.
2"(a)b(c)**	Terras aptas para lavoura com aptidão para dois cultivos por ano, com manejo regular no nível B, isto é, conhecimento técnico razoável e com aplicação modesta de capital; e restrito nos níveis de manejo A e C, ou seja, não se pode explorar sem tecnologia e sem capital, como também é inviável a utilização de alta tecnologia com bastante capital. Também indica ocorrência de terras, em menor proporção, com aptidão inferior à representada no mapa.
2"(a)bc**	Terras aptas para lavoura com aptidão para dois cultivos por ano, com manejo regular nos níveis B conhecimento técnico razoável e com aplicação modesta de capital, e C, emprego de alta tecnologia e com bastante capital; e restrito nos níveis de manejo A, ou seja, não se pode explorar sem tecnologia e sem capital. Também indica ocorrência de terras, em menor proporção, com aptidão inferior à representada no mapa.
2(a)b(c)	Terras aptas para lavoura, com manejo regular no nível B, isto é, conhecimento técnico razoável e com aplicação modesta de capital; e restrito nos níveis de manejo A e C, ou seja, não se pode explorar sem tecnologia e sem capital, como também é inviável a utilização de alta tecnologia com bastante capital.
2(a)b(c)*	Terras aptas para lavoura, com manejo regular no nível B, isto é, conhecimento técnico razoável e com aplicação modesta de capital; e restrito nos níveis de manejo A e C, ou seja, não se pode explorar sem tecnologia e sem capital, como também é inviável a utilização de alta tecnologia com bastante capital. Também indica ocorrência de terras, em menor proporção, com aptidão superior à representada no mapa.
2(a)b(c)**	Terras aptas para lavoura, com manejo regular no nível B, isto é, conhecimento técnico razoável e com aplicação modesta de capital; e restrito nos níveis de manejo A e C, ou seja, não se pode explorar sem tecnologia e sem capital, como também é inviável a utilização de alta tecnologia com bastante capital. Também indica ocorrência de terras, em menor proporção, com aptidão inferior à representada no mapa.
2(a)bc**	Terras aptas para lavoura, com manejo regular nos níveis B conhecimento técnico razoável e com aplicação modesta de capital, e C, emprego de alta tecnologia e com bastante capital; e restrito nos níveis de manejo A, ou seja, não se pode explorar sem tecnologia e sem capital. Também indica ocorrência de terras, em menor proporção, com aptidão inferior à representada no mapa.
2(a)bc**	Terras para lavoura, aptas para culturas de ciclos curtos, e inapta para culturas de ciclo longo, com manejo regular nos níveis B conhecimento técnico razoável e com aplicação modesta de capital, e C, emprego de alta tecnologia e com bastante capital; e restrito no nível de manejo A. Também indica ocorrência de terras, em menor proporção, com aptidão inferior à representada no mapa.
2(b)c	Terras aptas para lavoura, com manejo regular no nível C, isto é, emprego de alta tecnologia e com bastante capital, e restrito no nível B, ou seja, conhecimento técnico razoável e com aplicação modesta de capital. Inapta para manejo no nível A, sem tecnologia e sem capital.
2(b)c*	Terras aptas para lavoura, com manejo regular no nível C, isto é, emprego de alta tecnologia e com bastante capital, e restrito no nível B, ou seja, conhecimento técnico razoável e com aplicação modesta de capital. Inapta para manejo no nível A, sem tecnologia e sem capital.

<b>Grupos de Aptidão Agrícola das Terras da Bacia Hidrográfica do Rio Pará e Suas Descrições Técnicas (cont.)</b>	
<b>Aptidão</b>	<b>Descrição</b>
3"(abc)	Terras aptas para lavoura com aptidão para dois cultivos por ano, com manejo restrito nos níveis A, B, e C.
3"(abc)*	Terras aptas para lavoura com aptidão para dois cultivos por ano, com manejo restrito nos níveis A, B, e C. Ocorrência de terras, em menor proporção, com aptidão superior à representada no mapa.
3(ab)**=	Terras aptas para lavoura, preferencialmente para culturas de ciclo longo, com manejo restrito nos níveis A, B, e inapta para o nível C. Ocorrência de terras, em menor proporção, com aptidão inferior à representada no mapa.
3(abc)*	Terras aptas para lavoura, com manejo restrito nos níveis A, B, e C. Ocorrência de terras, em menor proporção, com aptidão superior à representada no mapa.
3(b)*=	Terras aptas para lavoura, preferencialmente para culturas de ciclo longo, com manejo restrito no nível B, e inapta para os níveis A e C. Ocorrência de terras, em menor proporção, com aptidão inferior à representada no mapa.
3(b)=	Terras aptas para lavoura, preferencialmente para culturas de ciclo longo, com manejo restrito no nível B, e inapta para os níveis A e C.
3(bc)	Terras aptas para lavoura, com manejo restrito nos níveis B e C, e inapta para o nível A.
3(bc)*	Terras aptas para lavoura, com manejo restrito nos níveis B e C, e inapta para o nível A. Ocorrência de terras, em menor proporção, com aptidão superior à representada no mapa.
3(bc)**	Terras aptas para lavoura, com manejo restrito nos níveis B e C, e inapta para o nível A. Ocorrência de terras, em menor proporção, com aptidão inferior à representada no mapa.
4(p)*	Terras aptas para pastagem plantada, com manejo restrito no nível B, isto é, conhecimento técnico razoável e com aplicação modesta de capital, com ocorrência de terras em menor proporção, com aptidão superior à representada no mapa.
4(p)**	Terras aptas para pastagem plantada, com manejo restrito no nível B, isto é, conhecimento técnico razoável e com aplicação modesta de capital, com ocorrência de terras em menor proporção, com aptidão inferior à representada no mapa.
5(s)*	Terras aptas para silvicultura, com manejo restrito no nível B, isto é, conhecimento técnico razoável e com aplicação modesta de capital, com ocorrência de terras em menor proporção, com aptidão superior à representada no mapa.
5(s)**	Terras aptas para silvicultura, com manejo restrito no nível B, isto é, conhecimento técnico razoável e com aplicação modesta de capital, com ocorrência de terras em menor proporção, com aptidão inferior à representada no mapa.
5s*	Terras aptas para silvicultura, com manejo regular no nível B, isto é, conhecimento técnico razoável e com aplicação modesta de capital, com ocorrência de terras em menor proporção, com ocorrência de terras em menor proporção, com aptidão superior à representada no mapa.
5s**	Terras aptas silvicultura, com manejo regular no nível B, isto é, conhecimento técnico razoável e com aplicação modesta de capital, com ocorrência de terras em menor proporção, com aptidão inferior à representada no mapa.
6*	Terras sem aptidão agrícola, indicado para preservação da flora e fauna com ocorrência de terras em menor proporção, com aptidão superior à representada no mapa.

Fonte: Embrapa – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.

Para a caracterização da Bacia Hidrográfica do Rio Pará quanto à aptidão agrícola de suas terras, fez-se uma interpretação e compilação destas feições em ambiente de Geoprocessamento, considerando que todas as feições que possuem as letras “a”, “b” e/ou “c”

indicam aptidão para lavouras, todas as feições que possuem a letra “p” indicam aptidão para pastagens e as que possuem a letra “s” indicam aptidão para silvicultura. Concluiu-se que 68% da área total da Bacia Hidrográfica do Rio Pará possui potencialidade para agricultura, 12% para pecuária e 19% para silvicultura. Nas etapas seguintes deste Plano Diretor, estas áreas serão detalhadas por sub-bacia, para a análise da dinâmica de ocupação e aproveitamento da Bacia Hidrográfica do Rio Pará.

---

**Mirna Cortopassi Lobo**  
Diretora Geral

TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.  
Rua Fernandes de Barros, 2130. Hugo Lange  
CEP 80040.200 – Curitiba – PR  
Tel. (41) 3024.6633 Fax (41) 3024-6690

**ANEXO 1 – Figuras**

**ANEXO 2 – Tabelas**

**ANEXO 3 – Shapefiles**

**ANEXO 7 – Dados Sobre o Clima na Bacia Hidrográfica do Rio Pará (Dados Originais e Processados)**

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AB'SABER, A. N. **O Domínio dos Cerrados: Introdução ao Conhecimento**. Fundação Centro de Formação do Servidor Público, v. 3, n. 4, p. 41-55, 1983.
- ALVIM, P. T.; ARAÚJO, W. A. **El Suelo como Factor Ecológico en el Desarrollo de la Vegetación en el Centro Oeste del Brasil**. Turrialba, 2:153-160, 1952.
- ARAÚJO, G. M.; HARIDASAN, M. **A Comparison of the Nutrient Status of Two Forests on Dystrophic and Mesotrophic Soils in the Cerrado Region of Central Brazil**. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 19:1075-1089, 1988.
- ASSOCIAÇÃO DE USUÁRIOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARÁ – CBH-Pará - Instituição Coordenadora. **Anexo II - Termo de Referência - Projeto: Plano Diretor da Bacia Hidrográfica do Rio Pará – Alto Rio São Francisco – MG** - Instituição Financiadora: CODEVASF / 1º Superintendência Regional - Sede: Montes Claros - CONVENIO Nº. 1 93 05 0036 – 00, 01 Junho 2006.
- BEARD, J. S. **The Savanna Vegetation of Northern Tropical America**. Ecol Monogr 23 (2), Apr.:149-215. 1953.
- BRISKI, S. J. **Análise do Meio Físico como Suporte ao Planejamento Ambiental e Gestão Territorial do Alto Curso da Bacia Hidrográfica do Rio Iguaçu – PR (considerando os aspectos geológicos, geomorfológicos e hidrogeológicos)**. Curitiba, 2004, 209p. Dissertação (Mestrado em Ciências Geológicas), Universidade Federal do Paraná.
- CARVALHO, L. M. T. **Mapeamento da Flora Nativa e das Florestas de Produção do Estado de Minas Gerais: Procedimentos Metodológicos e Resultados Parciais**. In: Anais do XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil, 16-21 abril 2005, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, pp. 4029-4036. 2005.
- COUTINHO, L. M. **As queimadas e seu Papel Ecológico**. In: Brasil Florestal, ano X, n.44, pp. 7-23, 1980.
- COUTINHO, L. M. **Aspectos do Cerrado: Vegetação**. [http://eco.ib.usp.br/cerrado/aspectos\\_vegetacao.htm](http://eco.ib.usp.br/cerrado/aspectos_vegetacao.htm). Última visualização: 11 de dezembro de 2006.
- COUTINHO, L. M. **O cerrado e a Ecologia do Fogo**. Ciência Hoje Volume especial: 130-138. 1992.
- EITEN, G. **The Cerrado Vegetation of Brazil**. The Botanical Review, 38 (2), pp. 201-341, 1972.
- EMBRAPA CERRADOS, 1998. **Cerrado: Ambiente e Flora**. 556p.
- EMBRAPA, 2004. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 63 – **Mapeamento de Solos e Aptidão Agrícola das Terras do Estado de Minas Gerais**.
- FELFILI, J. M.; FILGUEIRAS, T. S.; HARIDASAN, M.; SILVA JUNIOR, M. C.; MENDONÇA, R.; REZENDE, A. V. **Projeto Biogeografia do Bioma Cerrado: Vegetação e Solos**. Cadernos de Geociências, v. 12, p. 75-166, 1994.
- FERRI, M. G. **Ecologia: Temas e Problemas Brasileiros**. Belo Horizonte, Ed. Itatiaia e São Paulo, Edusp. 188p. Goodland, R. A. A physiognomic analysis of the cerrado vegetation of Central Brazil. Journal of Ecology, Oxford, GB, v.59, no. 2, p. 411-419. 1971.

- FILGUEIRAS, T. S.; PEREIRA, B. A. S. Flora do Distrito Federal. In: M. N. Pinto (ed.), **Cerrado – Caracterização, Ocupação e Perspectivas**. Ed. UnB/SEMATEC, Brasília, DF. pp. 345-404. 1994.
- FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Diretoria Técnica. **Geografia do Brasil: Região Sudeste**. Rio de Janeiro, SERGRAF – IBGE, 1977, 667p.
- GOODLAND, R.; FERRI, M. G. **Ecologia do Cerrado**. Editora Itatiaia, Belo Horizonte. 1979.
- HUANG, C.; WYLIE, B.; HOMER, C.; YANG, L.; ZYLSTRA, G. **Derivation of a Tasseled Cap transformation based on Landsat 7 at-satellite reflectance**. International Journal of Remote Sensing, v.23, no.8, p. 1741-1748, 2002.
- IBGE. 1992. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. IBGE. Rio de Janeiro. (Série Manuais Técnicos em Geociências, n. 1).
- KOFFLER, N. F. **Uso das Terras da Bacia do Rio Corumbataí em 1990**. Geografia. Rio Claro, v.18, n.1, 135 – 150 p., 1993.
- INPE – INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. Disponível em: [http://www.cbears.inpe.br/pt/programas/cbears1-2\\_cameras.htm](http://www.cbears.inpe.br/pt/programas/cbears1-2_cameras.htm). **Imagem CBERS** - Última visualização em: 22 de novembro de 2006.
- KLINK, C. A., MACHADO, R. B. **A Conservação do Cerrado Brasileiro**. Megadiversidade, vol. 1, n.1, 2005.
- LOCZY, LOUIS; LADEIRA, EDUARDO A. **Geologia Estrutural e Introdução a Geotectônica**. São Paulo, Edgard Blücher: Rio de Janeiro, Conselho de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, 1980, 528p.
- RAMOS, MARIA LUIZA SILVA E PAIXÃO, MARICENE MENEZES DE OLIVEIRA MATOS - **Disponibilidade Hídrica de Águas Subterrâneas – Produtividade de Poços e Reservas Explotáveis dos Principais Sistemas Aquíferos** – Relatório parte do Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia do Rio São Francisco
- MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA. SECRETARIA GERAL. PROJETO RADAMBRASIL. **Folhas SF.23/24 Rio de Janeiro/Vitória; Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Vegetação e Uso Potencial da Terra / Projeto RADAMBRASIL**. – Rio de Janeiro, 1983, 780p.
- MITTERMEIER, R. A.; GIL, P. R.; HOFFMANN, M.; PILGRIM, J.; BROOKS, T.; MITTERMEIER, C. G.; LAMOUREX, J.; FONSECA, G. A. B. **Hotspots Revisitados - As Regiões Biologicamente Mais Ricas e Ameaçadas do Planeta**. Disponível em: <http://www.conservation.org.br/publicacoes>. Última consulta em: 05 de dezembro de 2006.
- MMA – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, SECRETARIA DE BIODIVERSIDADE E FLORESTAS, NÚCLEO DOS BIOMAS CERRADO E PANTANAL. **Programa Nacional de Conservação e Uso Sustentável do Bioma Cerrado – Programa Cerrado Sustentável**. Proposta elaborada pelo grupo de trabalho do bioma cerrado, instituído pela portaria MMA nº. 361 de 12 de setembro de 2003. Disponível on-line em: [www.mma.gov.br](http://www.mma.gov.br). Última visualização em: 06 de novembro de 2006. 2003.
- MMA, 2005. **Cerrado: Ecologia, Biodiversidade e Conservação** / Aldicir Scariot, José Carlos Souza-Silva, Jeanine M. Felfili. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2005.

- MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; FONSECA, G. A. B.; KENT, J. **Biodiversity Hotspots for Conservation Priorities**. Nature, vol. 403, pp. 853-858, 2000.
- PIVELLO V. R. INVASÕES BIOLÓGICAS NO CERRADO BRASILEIRO: **Efeitos da Introdução de Espécies Exóticas sobre a Biodiversidade**. Ecologia. Info 33. Disponível em: <http://www.ecologia.info/cerrado.htm>. Última visualização em: 19 de dezembro de 2006.
- RAMOS, MARIA LUIZA SILVA; PAIXÃO, MARICENE MENEZES DE OLIVEIRA MATOS - **Disponibilidade Hídrica de Águas Subterrâneas – Produtividade de Poços e Reservas Explotáveis dos Principais Sistemas Aquíferos**. Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia do Rio São Francisco, (2002)
- RATTER, J.A.; RIBEIRO, J.F.; BRIDGEWATER, S. **The Brazilian Cerrado Vegetation and Threats to its Biodiversity**. Annals of Botany, vol. 80, pp.223-230, 1997.
- RAWITSCHER, F. **The Water Economy of the Vegetation of the Campos Cerrados in Southern Brazil**. Journal of Ecology 36, pp. 237-268. 1948.
- RIBEIRO J.F., WALTER B.M.T. FITOFISIONOMIAS DO BIOMA CERRADO. In S. M. SANO & S. P. DE ALMEIDA (Eds.), **Cerrado: Ambiente e Flora**. Embrapa, Brasília, pp. 89-166. 1998.
- RODERJAN, C. V.; GALVÃO, F.; KUNIYOSHI, Y. S.; HATSCHBACH, G. G. **As Unidades Fitogeográficas do Estado do Paraná**. Ciência & Ambiente, Universidade Federal de Santa Maria - UFSM - Vol. 1, n 1, jul., 2002. p. 75-92.
- SOARES R. V. E BATISTA, A. C. – **Meteorologia e Climatologia Florestal** - Departamento de Ciências Florestais da UFPR – Centro de Ciências Florestais e da Madeira – Curitiba, Paraná 2004.
- SANTOS, ANTONIO MANOEL DOS; BRITO, SÉRGIO NERTAN ALVES DE. **Geologia de Engenharia**. – São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 1998, 586p.
- SEIA - SISTEMA ESTADUAL DE INFORMAÇÕES AMBIENTAIS DA BAHIA. **Vegetação do Cerrado**. Disponível em: <http://www.seia.ba.gov.br/biorregional/cerrado>. Última visualização em: 11 de dezembro de 2006.
- WAIBEL, L. A. **Vegetação e o Uso da Terra no Planalto Central**. Revista Brasileira de Geografia, n.38, pp. 529-554. 1948.
- WALTER, B. M. T. **Fitofisionomias do Bioma Cerrado: Síntese Terminológica e Relações Florísticas**. Tese de Doutorado, Pós-graduação em Ecologia, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade de Brasília. Março de 2006. Disponível on-line em: <http://www.ipef.br/servicos/teses/arquivos/walter.bmt.pdf>. Última visualização em: 11 de dezembro de 2006.
- WEIJERMARS, RUUD. **Structural Geology and Map Interpretation**. USA : Alboran Science Publishing Ltd, 1997.
- ZILLER, S.R. **Vegetação. Plano de Manejo do Parque Nacional do Iguaçu**. IBAMA, 1999.