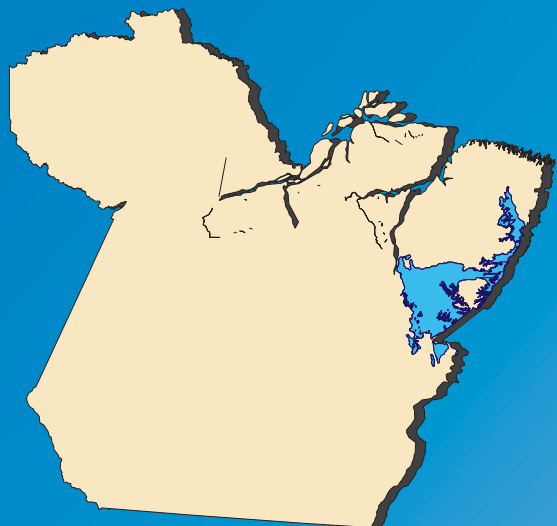


RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS LEVANTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS



REDE INTEGRADA DE MONITORAMENTO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Relatório Diagnóstico

AQUÍFERO ITAPECURU NO ESTADO DO PARÁ

BACIA SEDIMENTAR DO PARNAÍBA

Volume 5



**MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL
SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM**

**PROJETO
REDE INTEGRADA DE MONITORAMENTO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS**

**RELATÓRIO DIAGNÓSTICO
AQUÍFERO ITAPECURU NO ESTADO
DO PARÁ
BACIA SEDIMENTAR DO PARNAÍBA**

VOLUME 5

**RECURSOS HÍDRICOS
ÁREA: RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS
SUBÁREA: LEVANTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS**



2012

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL
SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM

DIRETORIA DE HIDROLOGIA E GESTÃO TERRITORIAL
DEPARTAMENTO DE HIDROLOGIA
DIVISÃO DE HIDROGEOLOGIA E EXPLORAÇÃO

PAC – Programa de Aceleração do Crescimento

Projeto
REDE INTEGRADA DE MONITORAMENTO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Executado pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM/Serviço Geológico do Brasil.
Superintendência Regional de Belo Horizonte.

CPRM – Superintendência Regional de Belo Horizonte
Av. Brasil, 1731 – Bairro Funcionários
Belo Horizonte – MG – 30140-002
Fax: (31) 3878-0388
Tel: (31) 3878-0307
<http://www.cprm.gov.br/bibliotecavirtual/estantevirtual>
seus@cprm.gov.br

Ficha Catalográfica

Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM

Projeto Rede Integrada de Monitoramento das Águas Subterrâneas: relatório diagnóstico Aquífero Itapecuru no Estado do Pará, Bacia Sedimentar do Paranaíba/Homero Reis de Melo Junior, Maria Antonieta Alcântara Mourão, Coord. Belo Horizonte: CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 2012.

34 p, il. v.5 . Inclui mapas de aquíferos (Serie: Área de Recursos Hídricos Subterrâneos, Subárea, Levantamento de Recursos Hídricos Subterrâneos). Versão digital e impresso em papel.

Conteúdo: Projeto Rede Integrada de Monitoramento das Águas Subterrâneas – Inclui listagem da coleção com 16 volumes de Relatórios dos Aquíferos Sedimentares no Brasil, descritos na página 7.

1-Hidrogeologia. 2- Aquífero Itapecuru. 3- Bacia do Paranaíba. I – Título. II – Junior, H. R. de M. III – Mourão, M.A.A., Coord. IV - Série

CDU 556.3(81)

Direitos desta edição: CPRM – Serviço Geológico do Brasil
É permitida a reprodução desta publicação, desde que mencionada a fonte.

**MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL
SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM**

**PROJETO
REDE INTEGRADA DE MONITORAMENTO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS**

**RELATÓRIO DIAGNÓSTICO
AQUÍFERO ITAPECURU NO ESTADO
DO PARÁ
BACIA SEDIMENTAR DO PARNAÍBA**

VOLUME 5

RECURSOS HÍDRICOS

ÁREA: RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS

SUBÁREA: LEVANTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS

HOMERO REIS DE MELO JUNIOR



2012

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL
SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM

DIRETORIA DE HIDROLOGIA E GESTÃO TERRITORIAL
DEPARTAMENTO DE HIDROLOGIA
DIVISÃO DE HIDROGEOLOGIA E EXPLORAÇÃO

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
Edison Lobão
MINISTRO

SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL
Carlos Nogueira
SECRETÁRIO

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL - CPRM

Manoel Barretto da Rocha Neto
DIRETOR-PRESIDENTE

Roberto Ventura Santos
DIRETOR DE GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS

Thales de Queiroz Sampaio
DIRETOR DE HIDROLOGIA E GESTÃO TERRITORIAL

Antônio Carlos Bacelar Nunes
DIRETOR DE RELAÇÕES INSTITUCIONAIS E DESENVOLVIMENTO

Eduardo Santa Helena da Silva
DIRETOR DE ADMINISTRAÇÃO E FINANÇAS

Frederico Cláudio Peixinho
CHEFE DO DEPARTAMENTO DE HIDROLOGIA

José Carlos da Silva
CHEFE DA DIVISÃO DE HIDROGEOLOGIA E EXPLORAÇÃO

Ernesto Von Sperling
CHEFE DO DEPARTAMENTO DE RELAÇÕES INSTITUCIONAIS E DIVULGAÇÃO

José Marcio Henrique Soares
CHEFE DA DIVISÃO DE MARKETING E DIVULGAÇÃO

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL
SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM

DIRETORIA DE HIDROLOGIA E GESTÃO TERRITORIAL
DEPARTAMENTO DE HIDROLOGIA
DIVISÃO DE HIDROGEOLOGIA E EXPLORAÇÃO

ÁREA: RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS
SUBÁREA: LEVANTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS

PROJETO
REDE INTEGRADA DE MONITORAMENTO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

CRÉDITOS DE AUTORIA

Maria Antonieta Alcântara Mourão
COORDENAÇÃO EXECUTIVA

Daniele Tokunaga Genaro
Marcio Junger Ribeiro
Elvis Martins Oliveira

Thiago de Castro Tayer (estagiário)
APOIO TÉCNICO E EXECUTIVO

Manfredo Ximenes Ponte
SUREG-BE

João Batista Marcelo de Lima
GERENTE DE HIDROLOGIA E GESTÃO TERRITORIAL

Ariolino Neres Souza
SUPERVISOR TÉCNICO

Manoel Imbiriba Junior

Homero Reis de Melo Junior (de 2009 a 2011)
COORDENADOR REGIONAL DO PROJETO

Rosilene do Socorro Sarmento de Souza
Celina Monteiro (Estagiária)
APOIO TÉCNICO

Marco Antônio de Oliveira
SUREG-MA

Daniel de Oliveira
GERENTE DE HIDROLOGIA E GESTÃO TERRITORIAL

Carlos José Bezerra de Aguiar
COORDENADOR REGIONAL DO PROJETO

Silvia Cristina Benites Goncales
Hugo Galúcio Pereira
EQUIPE EXECUTORA

Francisco Sandoval Brito Pereira
Cláudia Vieira Teixeira
APOIO TÉCNICO

Maria Abadia Camargo
SUREG-GO

Cíntia de Lima Vilas Boas

GERENTE DE HIDROLOGIA E GESTÃO TERRITORIAL

Tomaz Edson de Vasconcelos

COORDENADOR REGIONAL DO PROJETO - SUPERVISOR
TÉCNICO

Dario Dias Peixoto (de 2009 a 2012)
APOIO EXECUTIVO

Claudionor Francisco de Souza
APOIO TÉCNICO

Marco Antônio Fonseca
SUREG-BH

Márcio de Oliveira Cândido

GERENTE DE HIDROLOGIA E GESTÃO TERRITORIAL

Haroldo Santos Viana
SUPERVISOR TÉCNICO

Raphael Elias Pereira

COORDENADOR REGIONAL DO PROJETO

Claudia Silvia Cerveira de Almeida
José do Espírito Santo Lima
Reynaldo Murilo Drumond Alves de Brito
APOIO EXECUTIVO

José Carlos Garcia Ferreira
SUREG-SP

Ângela Maria de Godoy Theodorovicz
GERENTE DE HIDROLOGIA E GESTÃO TERRITORIAL

Andrea Segura Franzini
SUPERVISORA TÉCNICA

Guilherme Nogueira Santos
COORDENADOR REGIONAL DO PROJETO
David Edson Lourenço
APOIO TÉCNICO

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL
SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM

DIRETORIA DE HIDROLOGIA E GESTÃO TERRITORIAL
DEPARTAMENTO DE HIDROLOGIA
DIVISÃO DE HIDROGEOLOGIA E EXPLORAÇÃO

Teobaldo Rodrigues de Oliveira Junior

SUREG-SA

Gustavo Carneiro da Silva

GERENTE DE HIDROLOGIA E GESTÃO TERRITORIAL

Amilton de Castro Cardoso

SUPERVISOR TÉCNICO

Paulo Cesar Carvalho Machado Villar

COORDENADOR REGIONAL DO PROJETO

Cristovaldo Bispo dos Santos

Cristiane Neres Silva (SIAGAS)

EQUIPE EXECUTORA

Juliana Mascarenhas Costa

Rafael Daltro (Estagiário)

Bruno Shindler Sampaio Rocha (Estagiário)

APOIO TÉCNICO

José Leonardo Silva Andriotti

SUREG-PA

Marcos Alexandre de Freitas

GERENTE DE HIDROLOGIA E GESTÃO TERRITORIAL

Marcelo Goffermann

**COORDENADOR REGIONAL DO PROJETO - SUPERVISOR
TÉCNICO**

Guilherme Troian

Mario Wrege (2009-2010)

EQUIPE EXECUTORA

Pedro Freitas

Bruno Francisco B. Schiehl

Luiz Alberto Costa Silva

APOIO TÉCNICO

José Wilson de C. Temóteo

SUREG-RE

Adriano da Silva Santos

GERENTE DE HIDROLOGIA E GESTÃO TERRITORIAL

Melissa Franzen

SUPERVISORA TÉCNICO

Joao Alberto Oliveira Diniz

COORDENADOR REGIONAL DO PROJETO

Carlos Eugenio da Silveira Arraes

Guilherme Troian (de 2009 a 2012)

EQUIPE EXECUTORA

Manoel Júlio da Trindade Gomes Galvão

APOIO EXECUTIVO

Paulo Magalhães

APOIO TÉCNICO

Darlan F. Maciel

CHEFE DA RESIDÊNCIA DE FORTALEZA

Jaime Quintas dos S. Colares

ASSISTENTE DE HIDROLOGIA E GESTÃO TERRITORIAL

Liano Silva Verissimo

José Alberto Ribeiro (de 2009 a mar/2012)

COORDENADOR REGIONAL DO PROJETO

Helena da Costa Bezerra

CHEFE DA RESIDÊNCIA DE PORTO VELHO

Francisco de Assis dos Reis Barbosa

ASSISTENTE DE HIDROLOGIA E GESTÃO TERRITORIAL

Claudio Cesar Aguiar Cajazeiras

COORDENADOR REGIONAL DO PROJETO

Elvis Martins Oliveira

Luiz Antonio da Costa Pereira

Marcos Nóbrega II

APOIO EXECUTIVO

Wladimir Ribeiro Gomes

APOIO TÉCNICO

Francisco das Chagas Lages Correia Filho

CHEFE DA RESIDÊNCIA DE TERESINA

Carlos Antônio da Luz

ASSISTENTE DE HIDROLOGIA E GESTÃO TERRITORIAL

Mickaelon Belchior Vasconcelos

COORDENADOR REGIONAL DO PROJETO

Ney Gonzaga de Souza

Cipriano Gomes de Oliveira

APOIO TÉCNICO

Alceu Percy Mendel Junior

Fabio Silva da Costa

Rubens Esteves Kenup

LEVANTAMENTO ALTIMÉTRICO

Maria Antonieta Alcântara Mourão

REVISÃO DO TEXTO

Homero Coelho Benevides

REVISÃO ORTOGRÁFICA E GRAMATICAL

Alessandra Morandi Pidello

Patrícia Silva Araújo Dias

DIAGRAMAÇÃO

Elizabeth de Almeida Cadete Costa

ARTE GRÁFICA DA CAPA

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL
SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM

DIRETORIA DE HIDROLOGIA E GESTÃO TERRITORIAL
DEPARTAMENTO DE HIDROLOGIA
DIVISÃO DE HIDROGEOLOGIA E EXPLORAÇÃO

PROJETO
REDE INTEGRADA DE MONITORAMENTO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

COLEÇÃO DE RELATÓRIOS-DIAGNÓSTICO DOS AQUÍFEROS SEDIMENTARES DO BRASIL

VOLUME 1. Aquífero Missão Velha. Bacia Sedimentar do Araripe.

Robério Bôto de Aguiar
José Alberto Ribeiro
Liano Silva Veríssimo
Jaime Quintas dos Santos Colares

VOLUME 2. Aquífero Açú. Bacia Sedimentar Potiguar.

João Alberto Oliveira Diniz
Francklin de Moraes
Alexandre Luiz Souza Borba
Guilherme Casaroto Troian

VOLUME 3. Aquífero Tacaratu. Bacia Sedimentar Jatobá.

João Alberto Oliveira Diniz
Francklin de Moraes
Alexandre Luiz Souza Borba
Guilherme Casaroto Troian

VOLUME 4. Aquífero Serra Grande. Bacia Sedimentar do Parnaíba.

Mickaelon B. Vasconcelos
Carlos Antônio Da Luz

VOLUME 5. Aquífero Itapecuru no Estado do Pará. Bacia Sedimentar do Parnaíba.

Homero Reis de Melo Junior

VOLUME 6. Aquífero Alter do Chão no Estado do Amazonas. Bacia Sedimentar do Amazonas.

Carlos José Bezerra de Aguiar

VOLUME 7. Aquífero Alter do Chão no Estado do Pará. Bacia Sedimentar do Amazonas.

Homero Reis de Melo Junior

VOLUME 8. Sistema Aquífero Parecis no Estado de Rondônia. Bacia Sedimentar dos Parecis.

Cláudio Cesar de Aguiar Cajazeiras

VOLUME 9. Aquíferos Ronuro, Salto das Nuvens e Utiariti no Estado do Mato Grosso. Bacia Sedimentar dos Parecis.

Dario Dias Peixoto
Tomaz Edson Vasconcelos
Jamilo José Thomé Filho

VOLUME 10. Sistema Aquífero Urucuaia. Bacia Sedimentar Sanfranciscana.

Paulo Cesar Carvalho M. Villar

VOLUME 11. Aquíferos Furnas e Vale do Rio do Peixe nos Estados de Mato Grosso e Goiás. Bacia Sedimentar do Paraná.

Dario Dias Peixoto
Tomaz Edson Vasconcelos
Jamilo José Thomé Filho

VOLUME 12. Aquífero Furnas nos Estados de São Paulo, Mato Grosso do Sul e Paraná. Bacia Sedimentar do Paraná.

Maria Cecília de Medeiros Silveira

VOLUME 13. Sistema Aquífero Bauru–Caiuá no Estado de Minas Gerais. Bacia Sedimentar do Paraná.

José do Espírito Santo Lima
Cláudia Sílvia Cerveira de Almeida

VOLUME 14. Sistema Aquífero Bauru-Caiuá nos Estados de São Paulo, Mato Grosso do Sul e Paraná. Bacia Sedimentar do Paraná.

Andréa Segura Franzini

VOLUME 15. Sistema Aquífero Guarani nos Estados de São Paulo, Mato Grosso do Sul e Paraná. Bacia Sedimentar do Paraná.

Armando Teruo Takahashi

VOLUME 16. Sistema Aquífero Guarani no Estado do Rio Grande do Sul. Bacia Sedimentar do Paraná.

Mario Wrege

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	17
2. O AQUÍFERO ITAPECURU - BACIA DO PARNAÍBA.....	19
2.1. Características Gerais.....	19
2.2. Aspectos Hidrodinâmicos.....	22
2.3. Características Químicas.....	22
2.3.1. Análises Isotópicas.....	22
2.4. Análise da Vulnerabilidade do Aquífero Itapecuru.....	23
2.5. O Uso da Água Subterrânea.....	24
3. CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS.....	27
3.1. Síntese do Balanço Hídrico na Região de Marabá.....	27
4. A REDE DE MONITORAMENTO PROJETADA PARA O AQUÍFERO ITAPECURU.....	29
4.1. Poços de Monitoramento Implantados.....	29
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	31
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	33

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Unidades geotectônicas da Província Parnaíba.....	19
Figura 2. Sucessão vertical esquemática dos sistemas deposicionais da Bacia do Parnaíba, na Folha Marabá.....	20
Figura 3. Seções tipo da fácies marinha da Formação Itapecuru em Alcântara-MA.....	21
Figura 4. Mapa com as áreas de afloramento do aquífero Itapecuru no estado do Pará.....	21
Figura 5. Intervalos da condutividade elétrica obtidos para as águas do aquífero Itapecuru.....	22
Figura 6. Intervalos do pH obtidos para as águas do aquífero Itapecuru.....	22
Figura 7. Localização do município de Paragominas com a bacia hidrográfica do igarapé cinquenta e quatro, em destaque.....	23
Figura 8. Detalhamento do método GOD para determinação dos índices de vulnerabilidade.....	24
Figura 9. Perfil geológico e construtivo do poço 15002245 do banco de dados do SIAGAS, localizado na cidade de Jacundá.....	25
Figura 10. Perfil geológico e construtivo do poço 15002246 do banco de dados do SIAGAS, localizado na cidade de Jacundá.....	25
Figura 11. Gráfico do balanço hídrico mensal médio para os anos de 1988 a 2009 na região de Marabá.....	28

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Índice de vulnerabilidade para o aquífero Itapecuru na microbacia do Igarapé 54.....	24
Tabela 2. Cidades abastecidas pelo aquífero Itapecuru na região sudeste do Pará.....	25
Tabela 3. Elementos do balanço hídrico na região de Marabá, obtidos a partir do método de Thornthwaite e Mather (1955) para os anos de 1988 a 2009.....	27
Tabela 4. Principais características dos poços de monitoramento no aquífero Itapecuru no estado do Pará.....	29

RELATÓRIO DIAGNÓSTICO AQUÍFERO ITAPECURU NO ESTADO DO PARÁ BACIA SEDIMENTAR DO PARNAÍBA

RECURSOS HÍDRICOS

ÁREA: RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS

SUBÁREA: LEVANTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS

1. INTRODUÇÃO

O Serviço Geológico do Brasil-CPRM, empresa pública vinculada ao Ministério de Minas e Energia, em consonância com suas atribuições, propôs e definiu as bases para a implantação de rede de monitoramento integrado das águas subterrâneas abrangendo os principais aquíferos do país.

A rede de monitoramento, de natureza fundamentalmente quantitativa, foi concebida tendo como principal objetivo o conhecimento mais detalhado a respeito dos aquíferos de modo a propiciar a médio e longo prazos: i) A identificação de impactos às águas subterrâneas em decorrência da exploração ou das formas de uso e ocupação dos terrenos; ii) A estimativa da disponibilidade do recurso hídrico subterrâneo; iii) A avaliação da recarga e o estabelecimento do balanço hídrico; iv) Informações do nível d'água; v) Determinação de tendências de longo termo tanto como resultado de mudanças nas condições naturais quanto derivadas de atividades antropogênicas etc.

Um dos principais aspectos do programa refere-se à proposição de um monitoramento integrado (águas subterrâneas e superficiais) em que o ambiente aquático é considerado de forma inteiramente inter-relacionável e não fracionado nos diversos componentes. Um aspecto que favorece esta integração é o fato da CPRM ser responsável pela implantação e operação de redes hidrometeorológicas, telemétricas, de qualidade de

água e sedimentométricas bem como monitoramento de níveis em açudes.

A estruturação do programa de monitoramento para cada aquífero ou local selecionado exige que seja feita uma caracterização hidrogeológica a partir da integração, análise e interpretação de dados existentes. Além disso, considerando a integração com o monitoramento hidrometeorológico são incluídos também dados relativos às estações existentes no domínio dos aquíferos enfocados além de estudos hidrológicos e climatológicos realizados na região enfocada.

A reunião e a interpretação dessas informações visam subsidiar a seleção dos locais para monitoramento bem como a avaliação da viabilidade de emprego dos dados das estações fluviométricas e pluviométricas para interpretação dos resultados do monitoramento quanto à representatividade do aquífero nas bacias hidrográficas monitoradas, densidade, localização etc.

O presente relatório apresenta a integração das informações para o aquífero Itapecuru e constitui o estágio atual de conhecimento de suas características naturais, pressões percebidas e impactos identificados. Como resultados da análise dessas informações são apresentadas as principais demandas ao monitoramento e promovida a configuração da rede de monitoramento para o aquífero.

2. O AQUÍFERO ITAPECURU - BACIA DO PARNAÍBA

2.1. Características Gerais

A bacia do Parnaíba (Figura 1) se desenvolveu sobre um embasamento continental durante a estabilização da Plataforma Sul-Americana (ALMEIDA E CARNEIRO, 2004). Por correlação com os litotipos existentes nas faixas de dobramentos, nos maciços medianos e em outras entidades complexas situadas nas bordas ou proximidades da bacia do Parnaíba deduz-se que o substrato dessa bacia é constituído de rochas metamórficas, ígneas e sedimentares, cujas idades abrangem um longo intervalo, do Arqueano ao Ordoviciano. Possivelmente, há a predominância de rochas formadas entre o final do Proterozoico e o início do Paleozoico, período este que corresponde ao tempo de consolidação dessa plataforma.

A origem ou subsidência inicial da bacia do Parnaíba provavelmente está ligada às deformações e eventos

térmicos fini e pós-orogênicos do Ciclo Brasileiro ou ao Estádio de Transição da plataforma (ALMEIDA E CARNEIRO, 2004). Por intermédio da análise da base de dados de sísmica, gravimetria e magnetometria foram identificados *grabens* no substrato da bacia, os quais, segundo Oliveira e Mohriak (2003), teriam controlado o depocentro inicial.

Os lineamentos Picos-Santa Inês, Marajó-Parnaíba e a Zona de Falha Transbrasiliana são as três feições morfoestruturais mais notáveis da bacia, sendo essa última a mais proeminente e atravessa toda sua extensão de nordeste a sul-sudeste. As mais significativas fraturas e falhas herdadas do embasamento foram importantes não somente na fase inicial da bacia, mas também em sua evolução, pois controlaram as direções dos eixos deposicionais até o Eocarbonífero.

Do Neocarbonífero até o Jurássico, os depocentros se deslocaram para a parte central da bacia. A sedimentação passou a ter um padrão concêntrico e a forma externa da bacia tornou-se ovalada, típica de uma sinéclise interior. O Arco Ferrer-Urbano Santos, uma feição flexural positiva relacionada com a abertura, no Mesozoico, do oceano Atlântico equatorial, define o limite norte da bacia do Parnaíba. Nesta região, o rifteamento Atlântico quebrou a conexão então existente dessa imensa sinéclise com as bacias análogas que, atualmente, estão assentadas no noroeste da África (MILANI e THOMAZ FILHO, 2000). O panorama estrutural fundamental dessa bacia inclui ainda blocos falhados de pequenos rejeitos, assim como dobras e outras estruturas resultantes da intrusão de corpos ígneos mesozoicos nas camadas sedimentares.

A sucessão de rochas sedimentares e magmáticas da bacia do Parnaíba pode ser disposta em cinco supersequências que são delimitadas por discordâncias que se estendem por toda a bacia ou abrangem amplas regiões (VAZ *et al.*, 2007): Siluriana, Mesodevoniana-Eocarbonífera,



Figura 1. Unidades geotectônicas da Província Parnaíba
Fonte: modificado de Bizzi *et al.* (2003)

Neocarbonífera-Eotriássica, Jurássica e Cretácea. De acordo com Almeida (2000) o Paleozoico da bacia é representado pelas formações Pimenteiras, Poti, Piauí, Pedra de Fogo e Motuca. A sedimentação é representada por depósitos de frente deltaica, fluvial e lacustre, e planície de maré. O Mesozoico compreende as formações Sambaíba, Mosquito, Pastos Bons, Corda, Sardinha, Codó e Itapecuru, caracterizadas por deposição em ambientes continentais (fluviais e eólicos) e marinho (planície de maré) com ocorrência de magmatismo básico (extrusão e intrusão fissural). A Figura 2, apresentada por Almeida (2000) ilustra a coluna estratigráfica da bacia do Parnaíba, no contexto da Folha Marabá.

A primeira referência sobre a Formação Itapecuru foi feita por LISBOA (1914, *apud* PASTANA, 2001) que usou o termo “Camadas Itapecuru” para os sedimentos aflorantes nos vales dos rios Itapecuru e Alpargatas, ao norte da cidade de Pastos Bons, estado do Maranhão, atribuindo-lhes, com incerteza, idade permiana.

Os estratos arenosos e pelíticos da Formação Itapecuru correspondem à sequência final de sedimentação na bacia, tendo sido posicionada por Rossetti *et al.* (2001b) no intervalo Mesoalbio-Neocretáceo. Seis ciclos deposicionais foram identificados e atribuídos a sistemas de vales estuarinos incisos. Na região de Açailândia, prepondera um sistema estuarino-lagunar,

episodicamente atingido por ondas de grande escala, no qual foram observados os seguintes ambientes: canal fluvial, laguna, canal de maré e litorâneo. Os depósitos mostram natureza transgressiva e o litotipo mais frequente é formado de arenitos variegados, finos, friáveis, com estruturas diversas, como por exemplo: estratificações cruzadas *swaley*, *hummocky*, acanalada e tabular; *mud couplets* e escorregamento de massa. Pelitos e arenitos conglomeráticos ocorrem de forma subordinada (ANAISSE JUNIOR *et al.*, 2001). A Formação Itapecuru recobre discordantemente as Formações Grajaú e Codó, consoante Rossetti *et al.* (2001a).

Num contexto mais amplo, a gênese dos depósitos das formações Grajaú, Codó e Itapecuru estaria associada à movimentação tectônica ou ao processo de separação dos continentes sul-americano e africano no Cretáceo. Ou seja, manifestaria a história do oceano Atlântico nessa área (ROSSETTI *et al.* 2001a).

A Formação Itapecuru tem ampla distribuição nas regiões nordeste e sudeste do Pará, estando suas melhores exposições localizadas em cortes de estradas, principalmente ao longo da BR-316 e da BR-010.

Esta formação é constituída, principalmente, por arenitos arcósios de granulometria fina a média, conglomerados; e subordinadamente folhelhos cinza-avermelhados, marrons ou avermelhados, como pode

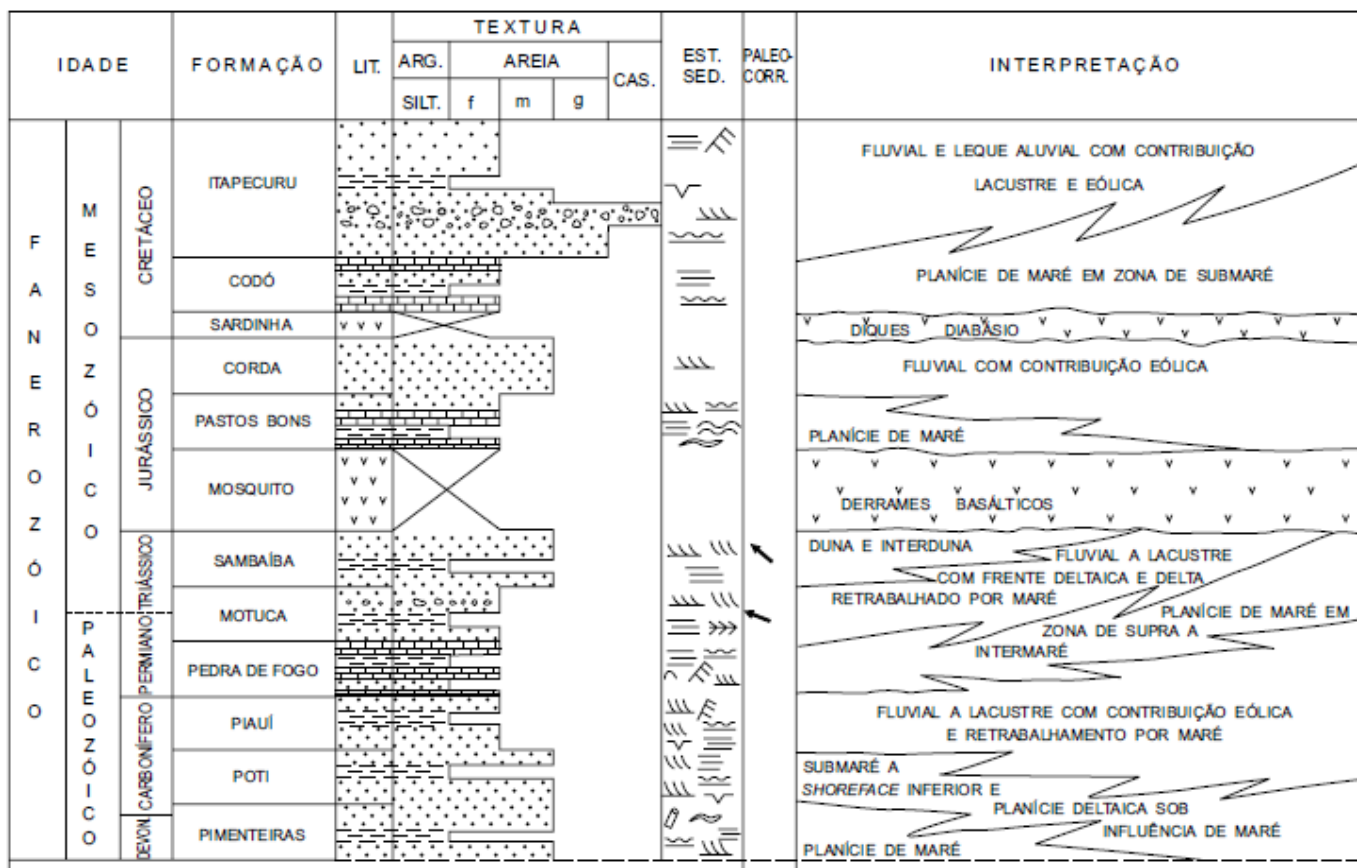


Figura 2. Sucessão vertical esquemática dos sistemas deposicionais da Bacia do Parnaíba, na Folha Marabá
 Fonte: Almeida (2000)

ser notado nos perfis da Figura 3. A referida unidade é correlacionável à porção inferior da Formação Alter do Chão, da bacia do Amazonas.

No estado do Pará a Formação Itapecuru ocorre principalmente na região sudeste, sendo que, as

principais cidades abastecidas pelo aquífero são Tucuruí, Paragominas, Jacundá, Ipixuna, Nova Ipixuna, Marabá, Dom Elizeu, Ulianópolis, São Domingos do Araguaia, dentre outras, conforme é apresentado na Figura 4.

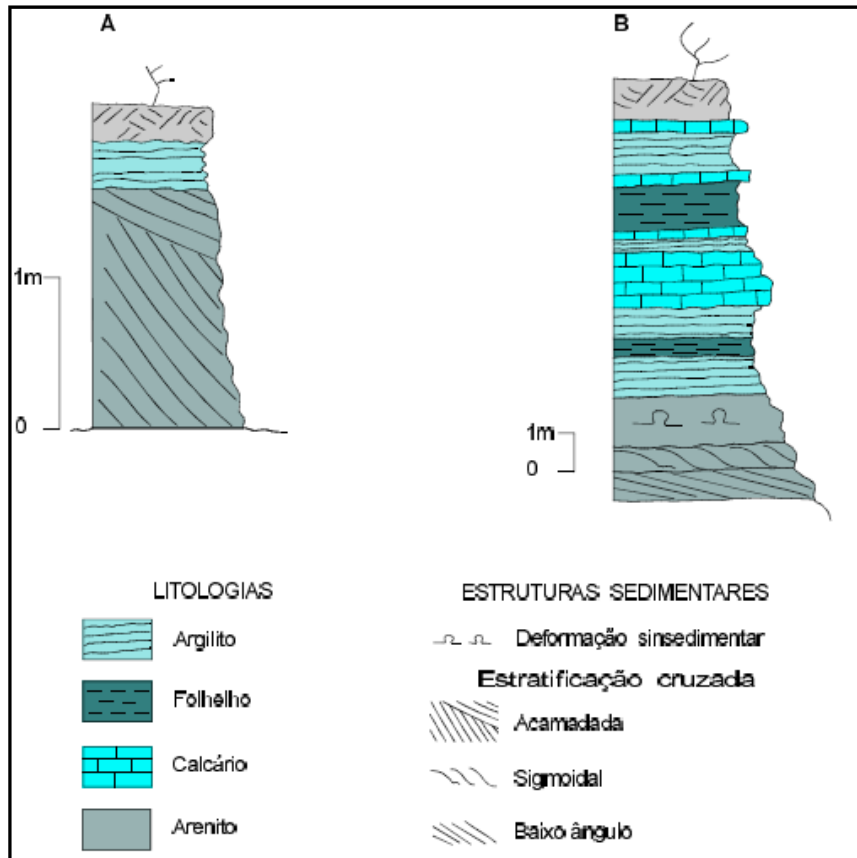


Figura 3. Seções tipo da fácies marinha da Formação Itapecuru em Alcântara-MA
Fonte: Almeida (2000)

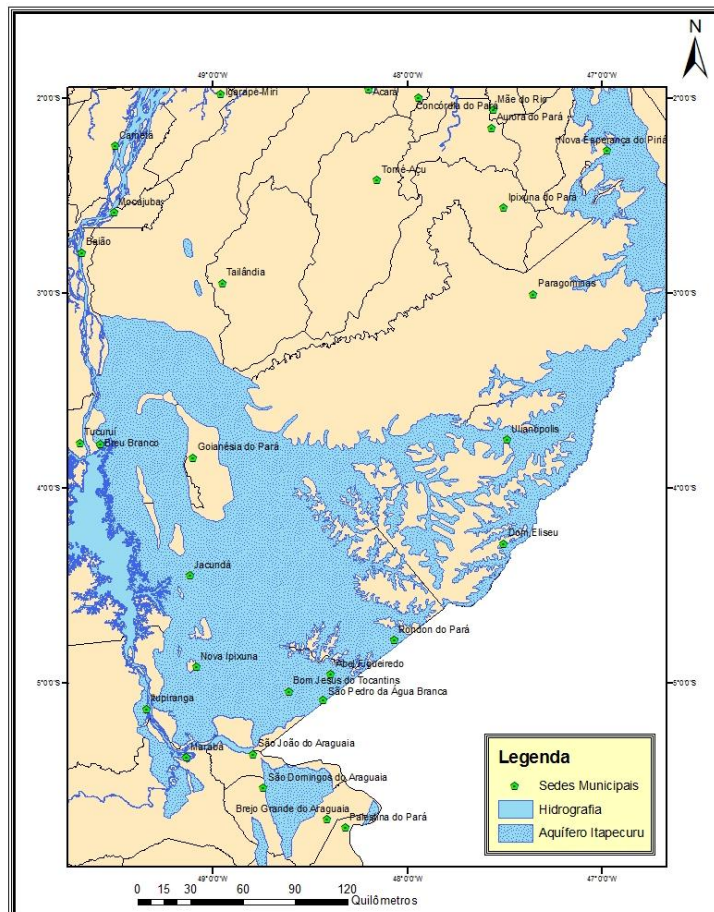


Figura 4. Mapa com as áreas de afloramento do aquífero Itapecuru no estado do Pará

2.2. Aspectos Hidrodinâmicos

O aquífero Itapecuru é do tipo poroso, sendo semiconfinado a livre e está inserido na Região Hidrográfica Dominante do Tocantins (ANA, 2005). Os poços nesta unidade apresentam profundidades de 24 a 190 m e vazões de exploração de 4,0 a 48,0 m³/h. De acordo com Costa (2005), os coeficientes hidrodinâmicos médios do aquífero Itapecuru são:

- Transmissividade : $T = 1,5 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$
- Permeabilidade: $K = 3,8 \times 10^{-6} \text{ m/s}$
- Porosidade eficaz: $\phi_e = 1,3 \times 10^{-1}$

A produtividade do aquífero pode ser classificada de média a fraca. Os poços exibem vazão específica entre 0,13 e 1,0 m³/h/m e vazão entre 3,2 e 25 m³/h, para rebaixamento de nível d'água de 25 m.

2.3. Características Químicas

Poucos estudos foram desenvolvidos, relativamente aos aspectos qualitativos das águas do aquífero Itapecuru. Pereira *et al.* (2004) avaliaram os aspectos físico-químicos do sistema aquífero Itapecuru-Barreiras na cidade de São Luis, Maranhão. A condutividade elétrica apresentou valores acima de 360 µS/cm, mas comumente abaixo de 800 µS/cm/

cm, e o pH mostrou-se entre 7,0 e 8,0, como pode ser observado nas Figuras 5 e 6.

Foi identificada evolução hidroquímica sazonal das águas amostradas no aquífero Itapecuru. No período chuvoso, as amostras apresentam tendência a mostrar relação direta do sódio com o cloreto. No período seco esta relação se mantém, mas surge sódio adicional, provavelmente oriundo de troca iônica (PEREIRA *et al.*, 2004).

A presença de calcário no aquífero Itapecuru condiciona a dissolução de calcita durante os períodos chuvoso e seco, promovendo o aumento do pH e da concentração de bicarbonato. Este processo explica a presença de águas mais alcalinas e a predominância dos tipos bicarbonatadas.

2.3.1. Análises Isotópicas

Medidas de oxigênio-18 e de deutério foram feitas por Pereira *et al.* (2004). Os resultados mostram que a recarga é rápida sem permitir evaporação antes de infiltrar. A presença de águas isotopicamente semelhantes, nas duas etapas de coleta, indica que o Itapecuru é semiconfinado. O aumento no excesso de deutério verificado durante o período seco indica contribuição da recarga proveniente de chuvas deste período, visto que as precipitações e o teor de umidade atmosférica são menores e as temperaturas são maiores.

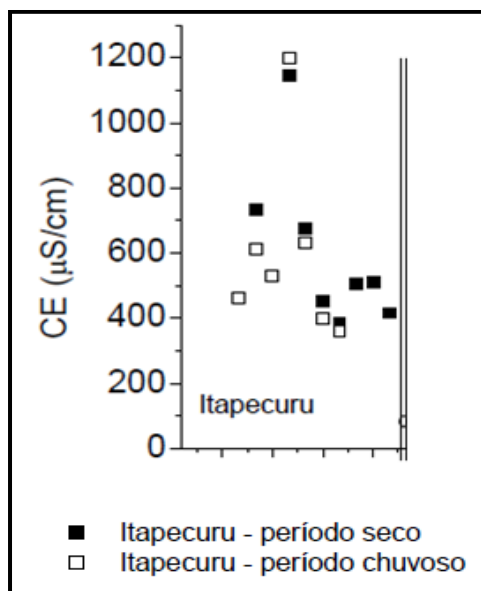


Figura 5. Intervalos da condutividade elétrica obtidos para as águas do aquífero Itapecuru
Fonte: Pereira *et al.* (2004)

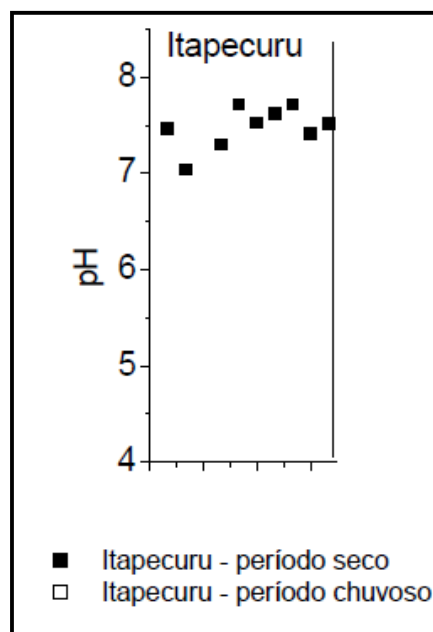


Figura 6. Intervalos do pH obtidos para as águas do aquífero Itapecuru
Fonte: Pereira *et al.* (2004)

De acordo com Pereira *et al.* (2004), no aquífero Itapecuru, as águas são, predominantemente, bicarbonatadas mistas tanto no período chuvoso como durante a estiagem.

2.4. Análise da vulnerabilidade do aquífero Itapecuru

A vulnerabilidade natural do aquífero Itapecuru foi analisada na bacia hidrográfica de primeira ordem do igarapé cinquenta e quatro, afluente do rio Uraim, no município de Paragominas (Figura 7). Neste estudo Chaves *et al.* (2006) utilizaram o método GOD, desenvolvido por Foster e Hirata (1988).

Na região de Paragominas, o aquífero Itapecuru é constituído por um conjunto de arenitos de coloração variegada, com intercalações de argilitos e siltitos

avermelhados, depositados em ambiente continental. Os litotipos encontrados são: arenitos grosseiros a conglomeráticos; arenitos arcossianos; arenitos médios a grosseiros com matriz argilosa ou caulínica. Exibem estratificações plano-paralelas e cruzadas de grande porte, podendo ser observadas finas intercalações de siltitos e folhelhos avermelhados (CHAVES *et al.*, 2006). Dentro do contexto da bacia do Parnaíba, esta unidade é classificada como de baixo potencial hidrogeológico, entretanto representa o principal aquífero para captação de água subterrânea no município.

O mapeamento da vulnerabilidade natural das águas subterrâneas foi realizado a partir das informações de sete poços tubulares construídos na área, auxiliado por imagens SRTM geradas por meio do *software Global Mapper* (CHAVES *et al.*,

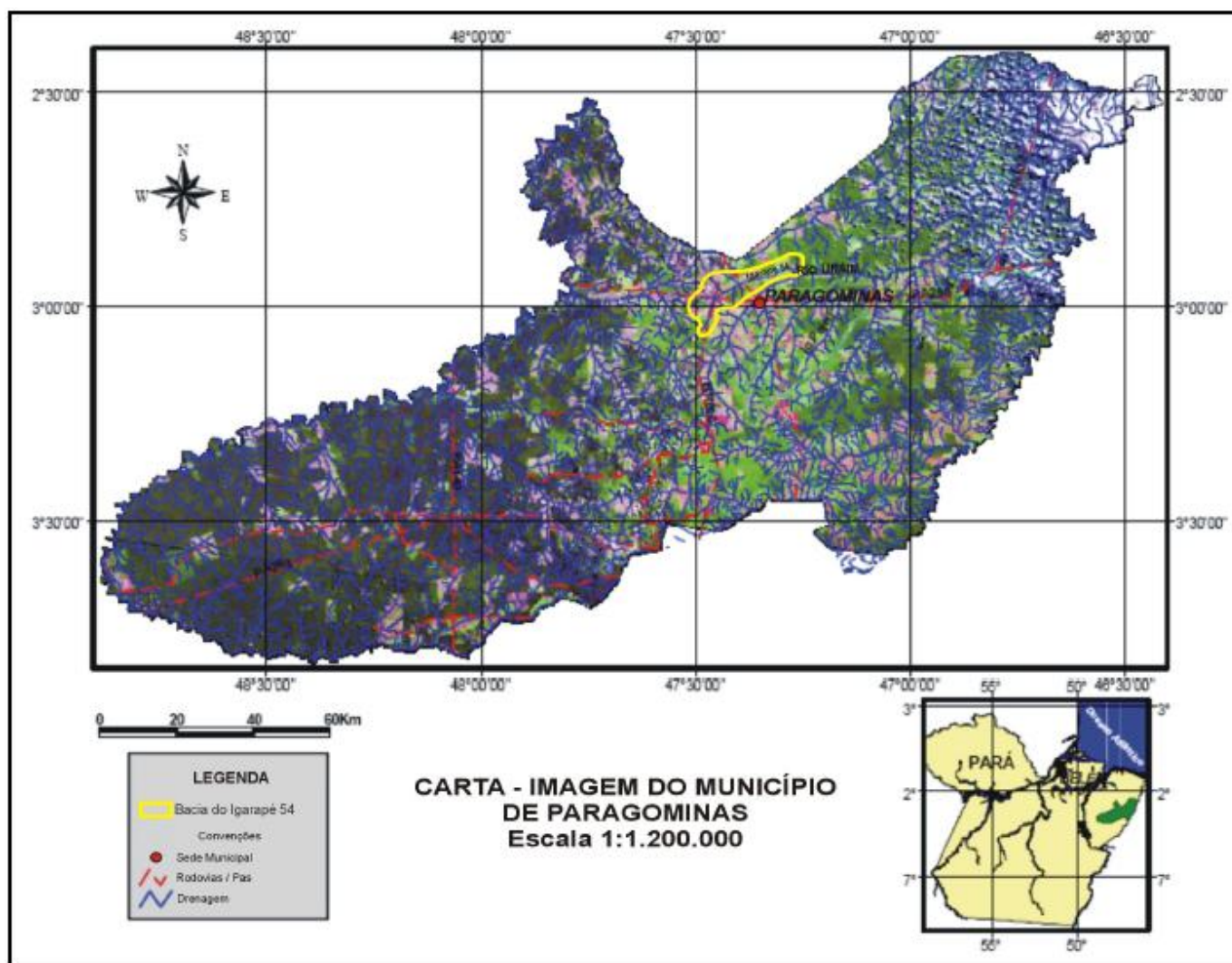


Figura 7. Localização do município de Paragominas com a bacia hidrográfica do igarapé cinquenta e quatro, em destaque
Fonte: Chaves *et al.* (2006)

2006). Os elementos utilizados para identificar os graus de vulnerabilidade com o uso do método GOD encontram-se na figura 8.

Para o parâmetro G (grau de confinamento) foi atribuído valor 0,4 enquanto que para o parâmetro O (ocorrência de substrato) foi dado valor 0,8 por se tratar, na região, de um aquífero confinado a semiconfinado com predominância de areias aluviais na camada superior. A profundidade do nível estático é superior a 50 m, o que confere valor 0,6 ao parâmetro D (distância ao nível d'água). O índice geral determinado

foi de 0,2, o que corresponde à classificação de baixa vulnerabilidade (Tabela 1).

2.5. O uso da água subterrânea

O principal uso para as águas do aquífero Itapecuru é o abastecimento público sendo, localmente, utilizado para irrigação de pequenos canteiros de soja na região de Paragominas.

O aquífero Itapecuru é responsável pelo abastecimento de várias cidades na região sudeste do

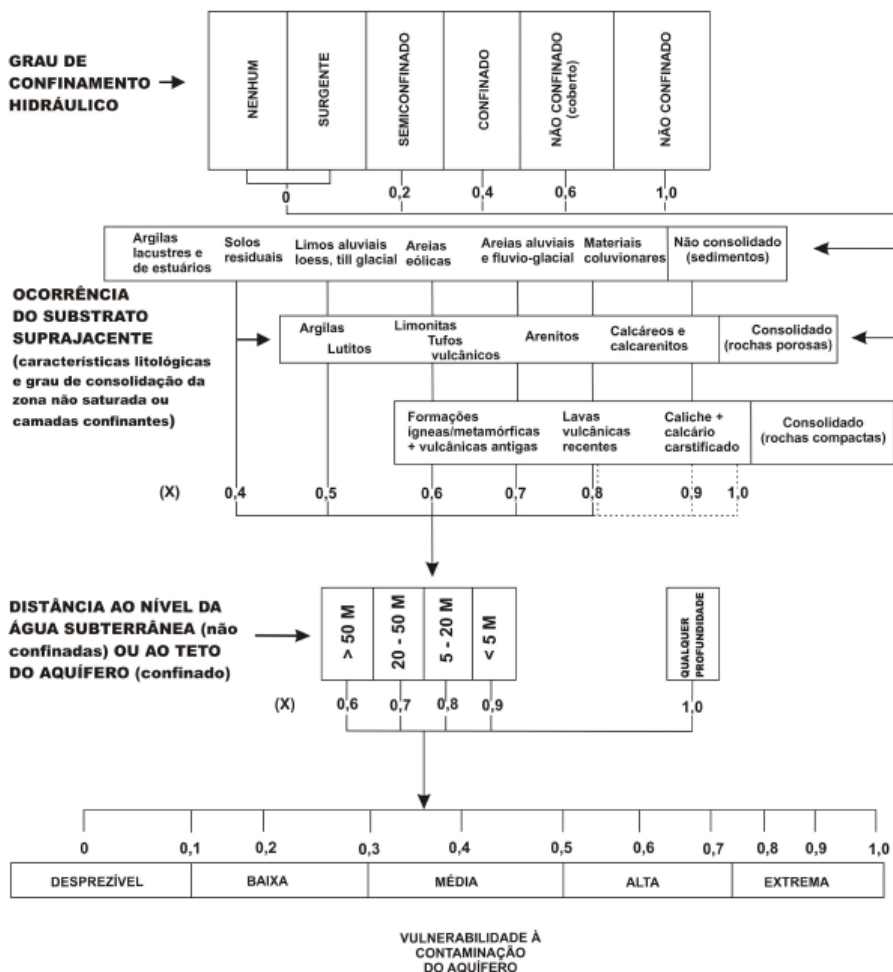


Figura 8. Detalhamento do método GOD para determinação dos índices de vulnerabilidade

Fonte: Foster e Hirata (1988)

Tabela 1. Índice de vulnerabilidade para o aquífero Itapecuru na microbacia do Igarapé 54

UNIDADE GEOLÓGICA	PARÂMETROS			ÍNDICE DE VULNERABILIDADE	CLASSE DE VULNERABILIDADE
	G	O	D		
Formação Itapecuru	0,4	0,8	0,6	0,2	Baixa

Fonte: Chaves et al., 2003

Pará, conforme apresentado na Tabela 2. Por se localizar na borda da bacia do Parnaíba, a produtividade do aquífero Itapecuru não é muito expressiva. Os poços da região sudeste do Pará apresentam profundidades que

atingem no máximo 120 metros e explotam somente este aquífero, a exemplo daqueles de código SIAGAS 150002245 e 150002246, localizados no município de Jacundá (Figuras 9 e 10).

Tabela 2. Cidades abastecidas pelo aquífero Itapecuru na região sudeste do Pará

LOCALIDADE/CIDADE	NUMERO DE POÇOS CADASTRADOS NO BANCO DE DADOS SIAGAS
Mãe do Rio	4
Garrafão do Norte	7
Abel Figueiredo	8
Ulianópolis	8
Ipixuna do Pará	9
Tailândia	9
Bom Jesus do Tocantins	14
Abel Figueiredo	16
Paragominas	19
Breu Branco	21
Nova Ipixuna	23
Dom Elizeu	36
Marabá	46
Rondon do Pará	61

Fonte: Banco de Dados SIAGAS (CPRM, 2010)

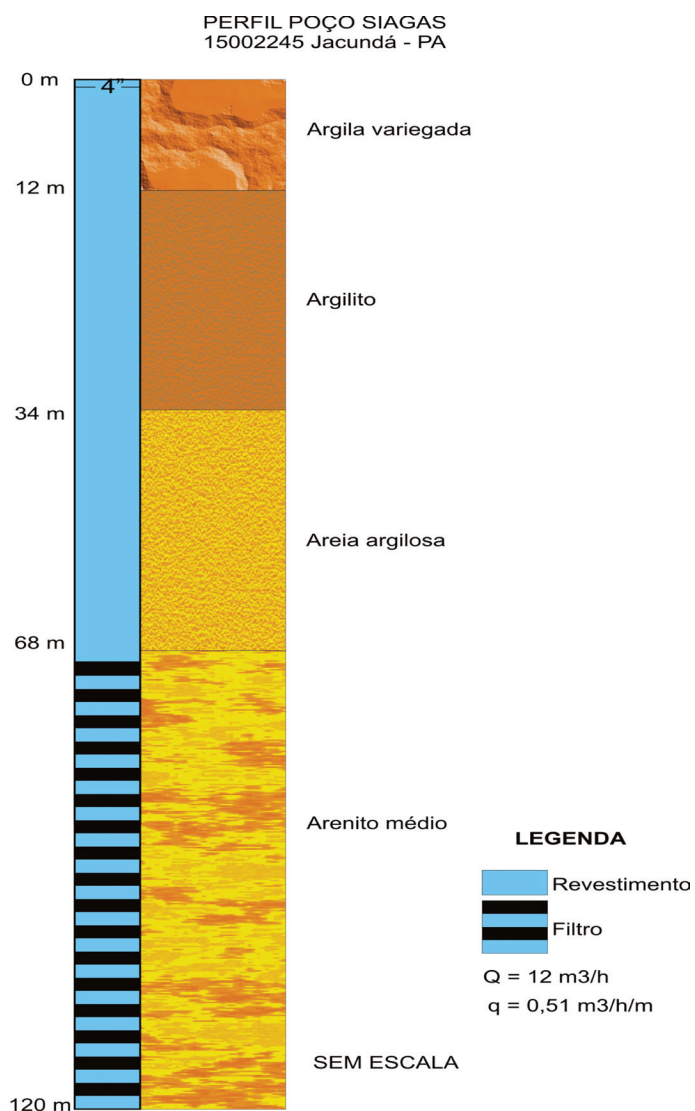


Figura 9. Perfil geológico e construtivo do poço 15002245 do banco de dados do SIAGAS, localizado na cidade de Jacundá

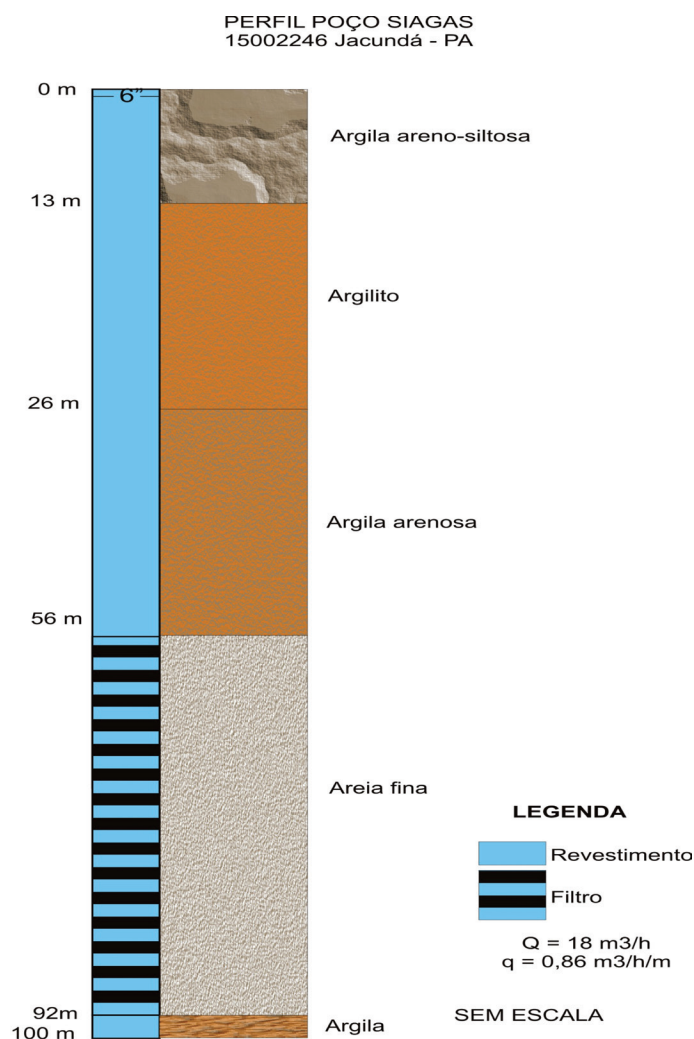


Figura 10. Perfil geológico e construtivo do poço 15002246 do banco de dados do SIAGAS, localizado na cidade de Jacundá

3. CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS

3.1. Síntese do balanço hídrico na região de Marabá

O balanço hídrico da região de Marabá foi efetuado para o período de 1988-2009, com os dados

de temperatura e precipitação da estação 549007 (Km60/PA-150) da Agencia Nacional de Águas – ANA, conforme apresentado na Tabela 3. Para auxílio nos cálculos foi adotada a planilha *Excel* desenvolvida por Rolim *et al.* (1998).

Tabela 3. Elementos do balanço hídrico na região de Marabá, obtidos a partir do método de Thornthwaite e Mather (1955) para os anos de 1988 a 2009

MESES	T (°C)	P mm	I	a	ETP Thornthwaite 1948	P-ETP mm	NEG-AC	ARM mm	ALT mm	ETR mm	DEF mm	EXC mm
Jan	25.8	209.2	12.0	3.6	123.39	85.8	0.0	100.00	0.00	123.4	0.0	85.8
Fev	24.3	195.5	11.0	3.6	92.71	102.8	0.0	100.00	0.00	92.7	0.0	102.8
Mar	25.8	403.7	12.0	3.6	126.94	276.8	0.0	100.00	0.00	126.9	0.0	276.8
Abr	25.2	293.6	11.6	3.6	112.50	181.1	0.0	100.00	0.00	112.5	0.0	181.1
Mai	26.5	199.6	12.5	3.6	138.82	60.8	0.0	100.00	0.00	138.8	0.0	60.8
Jun	26.4	48.1	12.4	3.6	132.22	-84.1	-84.1	43.13	-56.87	105.0	27.2	0.0
Jul	26.3	15.2	12.3	3.6	134.72	-119.5	-203.6	13.05	-30.08	45.3	89.5	0.0
Ago	26.8	5.4	12.7	3.6	144.38	-139.0	-342.6	3.25	-9.80	15.2	129.2	0.0
Set	26.9	31.2	12.8	3.6	142.04	-110.9	-453.5	1.07	-2.18	33.3	108.7	0.0
Out	26.7	122.5	12.6	3.6	143.38	-20.9	-474.4	0.87	-0.20	122.7	20.7	0.0
Nov	26.4	89.2	12.4	3.6	133.67	-44.4	-518.9	0.56	-0.31	89.5	44.1	0.0
Dez	25.9	316.2	12.1	3.6	129.24	186.9	0.0	100.00	99.44	129.2	0.0	87.5
Totais	313.0	1929.4	146.4	43.1	1554.00	375.4		662	0.00	1134.6	419.4	794.8
Médias	26.1	160.8	12.2	3.6	129.50	31.3		55.2		94.5	35.0	66.2

T – Temperatura média mensal; *P* = precipitações médias mensais; *ETP* - evapotranspiração de referência obtidas usando o método de Thornthwaite e Mather (1955); *P-ETP* - diferenças entre a precipitação *P* e a evapotranspiração de referência; *NEG ac* – somatória das diferenças negativas; *ARM* – Armazenamento; *ALT* – Altura – diferença do valor de armazenamento com o anterior; *ETR* – evapotranspiração real; *DEF* – déficit hídrico; *EXC* – excedente hídrico

De acordo com a Figura 11, ilustrativa do balanço hídrico que deve influenciar diretamente a recarga do aquífero Itapecuru na região sudeste do estado do Pará, denotando-se a extrema importância em monitorá-lo tanto quantitativa como qualitativamente.

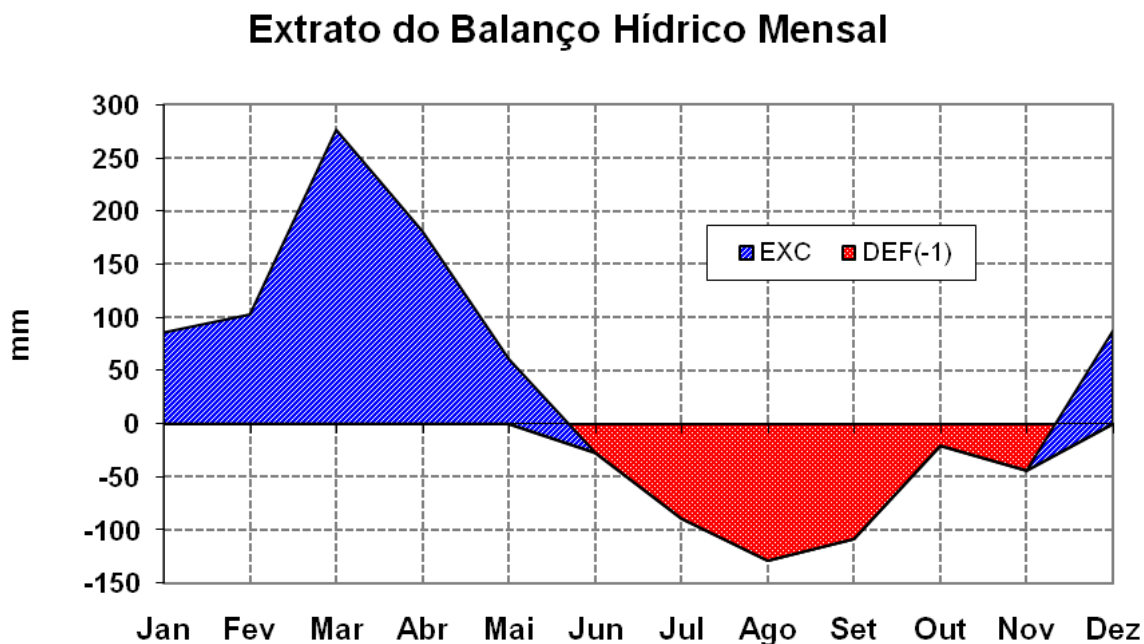


Figura 11. Gráfico do balanço hídrico mensal médio para os anos de 1988 a 2009 na região de Marabá

4. A REDE DE MONITORAMENTO PROJETADA PARA O AQUÍFERO ITAPECURU

Para o Projeto Rede Integrada de Monitoramento das Águas Subterrâneas (RIMAS), estão previstas perfurações de poços visando o monitoramento do aquífero Itapecuru nos municípios de Marabá/Itupiranga, Paragominas e Jacundá.

Vale destacar que, o sudeste do estado do Pará compreende hoje uma região do Brasil onde o Produto Interno Bruto mais cresce. Este fato se deve à chegada de diversos projetos siderúrgicos, minerais e agrícolas; desta forma, é evidente o aumento na exploração das águas subterrâneas para abastecimento público, industrial e agrícola na região. Os poços a serem construídos deverão ser posicionados, preferencialmente, próximo ou dentro de uma Estação da Rede Hidrometeorológica Nacional da ANA, operadas pela CPRM, devido aos fatores de segurança e pela importância na interpretação dos dados de níveis de água subterrânea obtidos com os valores de precipitação. Deve se ressaltar ainda que há diversos poços de propriedade da Companhia de Saneamento do Pará – COSANPA que serão integrados à rede de monitoramento, visto que se

encontram desativados e apresentam perfeitas condições de uso para o objetivo do projeto.

Os pontos (locações), previamente selecionados segundo critérios adotados para a rede de monitoramento, foram visitados pela equipe executora do projeto e analisadas suas condições de segurança, posicionamento geológico e aspectos hidrogeológicos, para que se pudesse proceder às perfurações dos poços de monitoramento.

De posse das futuras informações obtidas por meio da RIMAS, espera-se, dentre outros benefícios, contribuir para a avaliação da exploração de água subterrânea no sistema aquífero, para a estimativa das reservas e de parâmetros hidráulicos, bem como para determinação da qualidade da água.

4.1. Poços de monitoramento implantados

Até o momento (agosto/2012) foram perfurados e instalados 2 (dois) piezômetros no aquífero Itapecuru. As principais características dos poços de monitoramento encontram-se apresentadas na Tabela 4.

Tabela 4. Principais características dos poços de monitoramento no aquífero Itapecuru no estado do Pará

MUNICÍPIO	LOCALIDADE	ESTADO	LATITUDE	LONGITUDE	NA (m)	PROF. (m)	PROPRIETÁRIO
Inhangapi (PMI)	Creche Irmã Maria das Neves	PA	-01° 25' 51"	-47° 54' 30"		170	CPRM
Jacundá (SEMATUR)	SEMATUR-PMJ Rod. PA 150 - Km 85	PA	-04° 29' 17"	-49° 06' 26"	27,40	180	CPRM

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os princípios básicos para um estudo hidrogeológico no tocante ao planejamento e à gestão da água são o correto dimensionamento de oferta e a demanda dos recursos hídricos. Porém, na hidrogeologia nem sempre é fácil definir o dimensionamento da oferta, ou seja, o cálculo de reservas e disponibilidades, pois estes envolvem aspectos geológicos e o uso e ocupação do solo, que quase sempre resulta em interferência antrópica sobre a quantidade (e também qualidade) das águas armazenadas em sub-superfície.

O monitoramento dos corpos hídricos superficiais e subterrâneos é fundamental para definir qualquer situação no planejamento e gestão das águas.

Para a implantação de monitoramento de águas subterrâneas é necessário que haja uma estrutura de caracterização hidrogeológica a partir da integração, análise e interpretação dos dados existentes e ampla pesquisa bibliográfica.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, F. F. M.; CARNEIRO, C. D. R. Inundações marinhas fanerozóicas no Brasil e recursos minerais associados. In: MANTESSO-NETO, V.; BARTORELLI, A.; CARNEIRO, C. D. R.; BRITO-NEVES, B. B. (Org.). *Geologia do continente sul-americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. São Paulo: Beca, 2004. p.43-58.
- ALMEIDA, H. G. São Luís SW/NW: Folhas SA.23-V e SA.23-Y. *Estados do Pará e Maranhão*. Escala 1:500.000. Brasília: CPRM, 2000. 1 CD-ROM. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil-PLGB.
- ANA - Agência Nacional das Águas. *Disponibilidade e Demandas de Recursos Hídricos no Brasil*. Brasília: ANA – Agência Nacional de Águas. 2005 a. Cadernos de Recursos Hídricos. Disponível em: [http://www.ana.gov.br/pnrh_novo/documentos/01%20Disponibilidade%2e%20Demandas/VF%20Disponibilidade Demanda.pdf](http://www.ana.gov.br/pnrh_novo/documentos/01%20Disponibilidade%2e%20Demandas/VF%20Disponibilidade%20Demanda.pdf). Acesso em 20 ago.2010.
- ANA. HIDROWEB. *Sistema de Informações Hidrológicas*. Disponível em: <http://hidroweb.ana.gov.br/>. Acesso em: 02 ago. 2010.
- ANAISSE JÚNIOR, J.; TRUCKENBRODT, W.; ROSSETTI, D. F. Fácies de um sistema estuarino-lagunar no Grupo Itapecuru, Área de Açailândia – MA, Bacia do Grajaú. In: ROSSETTI, D. F.; GÓES, A. M.; TRUCKENBRODT, W. (Ed.). *O cretáceo na Bacia de São Luís-Grajaú*. Belém: Museu Paraense Emilio Goeldi, 2001. p.119-150.
- BIZZI, L. A.; SCHOBENHAUS, C.; VIDOTTI, R. M. e GONÇALVES, J. H. (Eds.). *Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil - Bacias Sedimentares Paleozóicas e Meso-Cenozóicas Interiores*. Brasília: CPRM, 2003.
- CHAVES, L. M. L.; SCHULER, A. E. e CHAVES, C. L. Avaliação da vulnerabilidade natural do aquífero em bacia de pequeno porte do rio Uraim, Paragominas-PA. XVII In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 17, 2006, São Paulo. *Anais...* São Paulo: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2006.
- COSTA, W. D. *Projeto Áridas: Uma estratégia de desenvolvimento sustentável para o Nordeste*. GT 2.6 - Água subterrânea e o desenvolvimento sustentável do semi-árido nordestino. Brasília: Ministério da Integração, 2005.
- CPRM. Sistema de Informações de Águas Subterrâneas – SIAGAS. Disponível em: <http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/>.
- FOSTER, S. e HIRATA, R.C.A. *Groundwater Pollution Risk Evaluation: a methodology using available data*. Lima: CEPIS/PAHO/HWO, 1988.
- MILANI E. J.; THOMAZ FILHO, A. Sedimentary basins of South America. In: CORDANI, U. G.; MILANI, E. J.; THOMAZ FILHO, A.; CAMPOS, D. A. (Ed.). 2000. *Tectonic evolution of South America*. Rio de Janeiro: [s.n.]: 2000. p. 389-450.
- OLIVEIRA, D. C.; MOHRIAK, W. U. Jaibaras Trough: an important element in the early tectonic evolution of the Parnaíba interior sag Basin, Northeastern Brazil. *Marine and Petroleum Geology*, Guildford, v. 20, p. 351-383. 2003.
- PASTANA, J. M. N. *Turiaçu, Folha SA.23-V-D e Pinheiro, Folha SA.23-Y-B*. Estados do Pará e Maranhão. Escala 1:250.000. Brasília: CPRM/DIEDIG/DEPAT, 2001. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil – PLGB.
- PEREIRA, L.; SANTIAGO, M.M.F, SANTIAGO.; MENDONÇA, H.F.; LIMA, J.O.G. e MENDES FILHO, J. Medidas hidroquímicas e isotópicas em águas subterrâneas que abastecem o município de São Luís – Maranhão. *Rev. Águas Subterrâneas*. São Paulo no 18, p.103-119, jan. 2004.
- ROLIM, G.S.; SENTELHAS, P.C.; BARBIERI, V. Planilhas no ambiente EXCEL para os cálculos de balanços hídricos: normal, sequencial, de cultura e de produtividade real e potencial. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v.6, p.133-137, 1998.
- ROSSETTI, D. F.; GÓES, A. M.; ARAI, M. A passagem aptiano-albiano na Bacia do Grajaú, MA. In: ROSSETTI, D. F.; GÓES, A. M.; TRUCKENBRODT, W. (Ed.). *O cretáceo na Bacia de São Luís-Grajaú*. Belém: Museu Paraense Emilio Goeldi, 2001b. p.101-117.
- ROSSETTI, D. F.; TRUCKENBRODT, W.; SANTOS JUNIOR, A. E. Clima do Cretáceo no meio-norte brasileiro. In: ROSSETTI, D. F.; GÓES, A. M.; TRUCKENBRODT, W. (Ed.). *O cretáceo na Bacia de São Luís-Grajaú*. Belém: Museu Paraense Emilio Goeldi, 2001a. p. 67-76.
- THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. *The water balance*. Publications in Climatology. New Jersey: Drexel Institute of Technology, 104p. 1955.
- VAZ, P. T., REZENDE, N. G. A. M., WANDERLEY FILHO, J. R. e TRAVASSOS, W. A. S. Bacia do Parnaíba. *Boletim de geociências*. Rio de Janeiro:Petrobrás, vol. 15, n. 2, maio/nov. 2007.

www.cprm.gov.br

PAC PROGRAMA DE
ACELERAÇÃO DO
CRESCIMENTO

 **CPRM**
Serviço Geológico do Brasil

Secretaria de
**Geologia, Mineração e
Transformação Mineral**

Ministério de
Minas e Energia

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
PAÍS RICO É PAÍS SEM POBREZA