CPRM
BIBLIOTECA
2328

PRESIDENTE DUTRA

FOLHA SB.23-X-C

Escala 1:250.000

PHL
014081
I-96
2007

C P R M — D I D O T E
ARQUIVO TÉCNICO
Relatório n.º 2328 5
N.º de Volumes: ___ V: ___

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE MINAS E METALURGIA

Ministro de Estado	Alexis Stepanenko
Secretário de Minas e Metalurgia	Breno Augusto dos Santos

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS

Presidente	Carlos Oiti Berbert
Diretor de Geologia e Recursos Hídricos	Hermes Augusto Verner Inda
Diretor de Recursos Minerais	Antonio Juarez Milmann Martins
Diretor de Administração e Finanças	Augusto Wagner Padilha Martins
Diretor de Relações Comerciais	Gil Pereira de Souza Azevedo
Superintendente de Apoio e Desenvolvimento Tecnológico	Giuseppina Giaquinto de Araújo
Superintendente de Planejamento e Informática	Isaac Ber Borensztein

SUPERINTENDÊNCIAS REGIONAIS

Superintendente de Belém	Xafi da Silva Jorge João
Superintendente de Belo Horizonte	Osvaldo Castanheira
Superintendente de Goiânia	Mario de Carvalho
Superintendente de Manaus	Fernando Pereira de Carvalho
Superintendente de Porto Alegre	Cladis Antônio Pressotto
Superintendente de Recife	João de Castro Mascarenhas
Superintendente de Salvador	José Carlos Vieira Gonçalves da Silva
Superintendente de São Paulo	Luíz Sguissardi do Carmo

PROGRAMA LEVANTAMENTOS GEOLÓGICOS BÁSICOS DO BRASIL

Escalas 1:250.000 – 1:100:000 – 1:50.000

COORDENAÇÃO NACIONAL DO PROGRAMA

Inácio de Medeiros Delgado

COORDENAÇÃO TEMÁTICA

Nacional

Análises Minerais Vânia N. de Araújo Mello
Bases de Dados Ernesto von Sperling
Biblioteca Tânia R.B. de M. Freire
Editoração Afonso H. de Souza Lobo
Financeira Idelmar da Cunha Barbosa
Estratigrafia Augusto José Pedreira
Geofísica Mário J. Metelo
Geologia Estrutural Reginaldo Alves dos Santos
Geologia Econômica Ódimo Francisconi
Geoprocessamento Ricardo Moacyr de Vasconcellos
Geoquímica Carlos Alberto C. Lins
Geotectônica Atahualpa Valença Padilha
Hidrogeologia Antônio de Souza Leal
Litogeoquímica Emiliano Cornélio de Souza
Metalogenia Inácio de Medeiros Delgado
Petrologia Luiz Carlos da Silva
Processamento de Dados Gilberto G. da Vinha
Programa Grande Carajás Orlando José B. de Araújo
Sensoriamento Remoto Sérgio M.S. Guerra
Treinamento Antônio José D. Rocha

Regional

Superintendência Regional de Porto Alegre
Residência de Fortaleza

Coordenador Eduardo Camozzato
Supervisor Luiz Fernando Fontes de Albuquerque
Estratigrafia Ricardo da Cunha Lopes
Geoestatística José Leonardo Silva Andriotti
Geofísica Antônio Flávio Uberti Costa
Geoquímica Carlos Antônio Grazia
Hidrogeologia José Luiz Flores Machado
Metalogenia Gilberto Emílio Ramgrab
Petrologia Wilson Wildner
Sensoriamento Remoto Douglas Roberto Trainini

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE MINAS E METALURGIA

PROGRAMA LEVANTAMENTOS GEOLÓGICOS BÁSICOS DO BRASIL

PRESIDENTE DUTRA
FOLHA SB.23-X-C

Estado do Maranhão

Organizado por
Sergio Reali Leites
Geraldo de Barros Pimentel
Francisco Juarez Alves
Eduardo Camozzato

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS

O Serviço Geológico do Brasil

BRASÍLIA 1994

CRÉDITOS DE AUTORIA

Capítulo 1 - 1.1 a 1.4	Sérgio Reali Leites Geraldo de Barros Pimentel Francisco Tarcísio Braga de Andrade José Carvalho Cavalcante
Capítulo 2 - 2.1	Eduardo Camozzato
2.2 a 2.6	Sérgio Reali Leites Geraldo de Barros Pimentel
Capítulo 3	Sérgio Reali Leites Geraldo de Barros Pimentel Douglas Roberto Trainini
Capítulo 4 - 4.1 a 1.6	Sérgio Reali Leites Geraldo de Barros Pimentel
Capítulo 5 - 5.1 a 5.6	Francisco Juarez Alves
Capítulo 6 - 6.1 e 6.2	Sérgio Reali Leites Geraldo de Barros Pimentel Francisco Tarcísio Braga de Andrade Francisco Juarez Alves

PROGRAMA LEVANTAMENTOS GEOLÓGICOS BÁSICOS DO BRASIL

PROJETO ESPECIAL MAPAS DE RECURSOS MINERAIS DE SOLOS E DE VEGETAÇÃO PARA A ÁREA DO PROGRAMA GRANDE CARAJÁS

SUBPROJETO RECURSOS MINERAIS

Executado pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM
Superintendência Regional de Porto Alegre e Residência de Fortaleza

Consultoria
Rodi Ávila Medeiros

Coordenação editorial a cargo do
Núcleo de Edições Técnicas – NUTEC
Superintendência de Apoio e Desenvolvimento Tecnológico

Leites, Sergio Reali

Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. Presidente Dutra. Folha SB.23-X-C. Estado do Maranhão. Organizado por Sérgio Reali Leites, Geraldo de Barros Pimentel, Francisco Juarez Alves, Eduardo Camozzato. Escala 1:250.000. Brasília: CPRM\1994.

100.: il. + mapas

"Projeto Especial Mapas de Recursos Minerais de Solos e de Vegetação para a área do Programa Grande Carajás. Subprojeto Recursos Minerais."

"Executado pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM, Superintendência Regional de Porto Alegre e Residência de Fortaleza".

1. Geologia – Maranhão – Mapas. I. Pimentel, Geraldo de Barros. II. Alves, Francisco Juarez. III. Camozzato, Eduardo. IV. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. V. Título.

CDD 558.12

SUMÁRIO

Resumo i

Abstract iii

1 Introdução 1
1.1 Histórico 1
1.2 Localização e Acesso 2
1.3 Aspectos Sócio-Econômicos 2
1.4 Aspectos Fisiográficos 4
1.4.1 Geomorfologia e Solos 4
1.4.2 Vegetação 4
1.4.3 Pluviometria 6
1.4.4 Climatologia 6
Clima 6
Temperatura 13
Balanço Hídrico 13
1.4.5 Fluviometria 13

2 Geologia 19
2.1 Contexto Geológico Regional 19
2.2 Estratigrafia e Descrição das Unidades 22

2.2.1 Formação Motuca – Pm 24
2.2.2 Formação Mosquito – TrJm 25
2.2.3 Formação Pastos Bons – JPb 26
2.2.4 Formação Corda – Jc 28
2.2.5 Formação Grajaú – Kg 29
2.2.6 Formação Codó – Kc 30
2.2.7 Formação Itapecuru – Ki1/Ki2 33
2.2.5 Formação Barreiras – TQb 35
2.2.9 Coberturas de Arenização – QHd 36
2.2.10 Aluviões – QHa 36

3 Geologia Estrutural/Tectônica 37

4 Geologia Econômica 39

5 Hidrogeologia 41
5.1 Metodologia 41
5.2 Características Hidrogeológicas 54
5.2.1 Aqüífero Cabeças 58
5.2.2 Sistema Aqüífero Poti-Piauí 58
5.2.3 Aqüífero Sambaíba 59
5.2.4 Aqüífero Corda 60
5.2.5 Aqüífero Itapecuru 61
5.3 Poços Escavados 63
5.4 Reservas de Água Subterrânea 64
5.4.1 Reservas Permanentes 64
5.4.2 Vazão de Escoamento Natural 64
5.4.3 Reservas Exploráveis 64
5.5 Qualidade das Águas Subterrâneas 66
5.5.1 Fácies Químicas 66
Águas Bicarbonatadas 66
Águas Cloretadas 66
Águas Mistas 66
5.5.2 Potabilidade das Águas 69
Aqüfero Sambaíba 69
Aqüifero Corda 69
Aqüifero Itapecuru 69
5.5.3 Qualidade das Águas para Irrigação e Consumo Animal 71

6 Conclusões e Recomendações 75
6.1 Conclusões 75
6.2 Recomendações 76

Referências Bibliográficas 79

Apêndices:
I - Súmula dos Dados de Produção
II - Ilustrações Fotográficas

Anexos
Carta Geológica
Carta Hidrogeológica

RESUMO

Este trabalho faz parte do "Projeto Especial Mapas de Recursos Minerais, de Solos e de Vegetação para a Área do Programa Grande Carajás - Subprojeto Recursos Minerais", executado pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais– CPRM.

Consta do levantamento geológico e avaliação do potencial mineral e hidrogeológico da Folha Presidente Dutra (SB.23-X-C), situada na região centro-leste do estado do Maranhão, limitada pelos meridianos 43°30' e 45°00' de longitude oeste e pelos paralelos 05°00' e 06°00' de latitude sul, abrangendo uma área de aproximadamente 18.400km^2.

Na Folha Presidente Dutra, que está inserida no contexto da Bacia Intracratônica do Parnaíba, foram identificadas e descritas dez unidades estratigráficas.

Litologicamente, predominam os arenitos eólicos das formações Corda e Grajaú, de ambiente continental desértico, que abrangem cerca de 60% da folha. Seguem-se os arenitos e pelitos da Formação Itapecuru, em grande parte laterizados, e os pelitos com intercalações de calcarenitos da Formação Codó. Compreendendo áreas mais restritas ocorrem sedimentos avermelhados, do tipo *red beds*, das formações Motuca e Pastos Bons. No quadrante sudeste, corpos de rochas básicas do tipo basalto/gabro da Formação Mosquito, sob a forma de pequenos derrames. Capeam a bacia, as coberturas tércio-quaternárias da Formação Barreiras e os depósitos quaternários aluviais. Geralmente, as unidades estratigráficas apresentam um acamadamento horizontal a suborizontal, com mergulho regional para NW.

Foram determinadas duas direções principais de alinhamentos estruturais, N40°E ± 15° e N40°W ± 15° e, secundariamente, N70°E ± 15° e N20°W ± 15°. No centro da folha, foram detectadas estruturas do tipo *graben* e *horst*, como também basculamentos importantes ao longo de direções E-W.

Segundo os aspectos hidrogeológicos, os terrenos sedimentares aflorantes e subafloramentes apresentam ótimas perspectivas para águas subterrâneas.

A Formação Sambaíba (não aflorante), encerra condições hidrogeológicas altamente promissoras, para poços entre 150m e 1.300m, com possíveis vazões acima de 100m^3/h.

Os aqüíferos Itapecuru, Grajaú e Corda têm condições de captação em poços de até 220m; a captação rasa nas aluviões pode permitir vazões da ordem de 40m^3/h.

As águas da região, em quase sua totalidade, apresentam potabilidade permanente boa, podendo ser consumidas pelo homem e pelos animais. A salinidade é de baixa a média.

A análise previsional indica as formações Mosquito, Corda, Grajaú, Codó, Itapecuru e as coberturas detrítico-lateríticas, como as unidades com melhor ambiência geológica para insumos minerais de uso na construção civil.

As frentes de lavras de argila para fins cerâmicos se localizam nas formações Itapecuru e Codó, enquanto as areias se relacionam às formações Corda e Grajaú. Os depósitos de piçarras estão associados às coberturas detrítico-lateríticas. As áreas de ocorrência dos basaltos da Formação Mosquito apresentam potencial para britas.

ABSTRACT

This work is a part of the "Projeto Especial Mapas de Recursos Minerais, de Solos e de Vegetação para a Área do Programa Grande Carajás - Subprojeto Recursos Minerais" (Special Project for Mineral Resources, Soil and Vegetation Maps of the Grande Carajás Program - Mineral Resources Subproject) which is carried out by Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM.

It includes the geologic mapping in the 1:250,000 scale and the evaluation of the mineral and hydrogeological potentials of the Presidente Dutra Sheet (SB.23-X-C), located in the east-central region of Maranhão State, limited by 43°30' - 45°00' WG and 05°00' - 06°00' S geographic coordinates and that covers an area of about 18,400km^2.

The Presidente Dutra Sheet is in the Parnaíba Intracratonic Basin and comprehends ten stratigraphic units.

There is a lithological predominance (60% of the sheet surface) of eolic sandstones of Corda and Grajaú formations, deposited in a desertic continental environment. There also occur sandstones and pelites of the Itapecuru Formation, which are usually laterized and the pelites with calcienitic interfingerings of the Codó Formation. The basal units are the Motuca and Pastos Bons formations, formed by red beds that cover smaller areas inj the sheet. In its southeastern portion there are bodies of basic rocks such as basalts and gabbros of the Mosquito Formation. This whole sequence is topped by the Tertio-Quarternary Lateritic Coverings of the Barreiras Formation and by sandy Quaternary Coverings. All these units usually show an horizontal or subhorizontal bedding with a regional dip to NW.

There are two main structural lineaments: N40°E ± 15° and N40°W ± 15° and two secondary ones: N70°E ± 15° and N20°W ± 15°. In the central part of the sheet occur "horst" and "graben" structures as well as important basculating faults of E-W direction.

Both outcropping and subsurface sedimentary units of the area are good reservoirs for groundwater. The best one is the Sambaíba Formation, which is between 150 and 1,300m deep and has potential water supply of 100 m3/h. The Itapecuru, Grajaú and Corda aquifers and the alluvial sediments can also be used to supply as much as 40m^3/h of groundwater. This water is normally fresh and good for human and animal drinking.

The Itapecuru and Codó formations are sources of clay for pottery and the sands of the Corda and Grajaú formations can be used in building materials. The Lateritic Coverings produce gravel and the basalts of the Mosquito Formation are good sources for pebbles.

1
Introdução

1.1 Histórico

O Programa Grande Carajás – PGC, compreendendo uma área aproximada de 895.000km^2, limitada pelos paralelos 0°00' e 8°00'S e pelos meridianos 42°00' e 52°30'WGr, abrange quase todo o estado do Maranhão e parcelas dos estados do Pará, Tocantins e Piauí. Com o intuito de obter informações básicas, que permitam orientar o processo de ocupação da terra e o aproveitamento racional de seus recursos naturais, o programa foi instituído com os seguintes subprojetos: Mapas Metalogenéticos e de Previsão de Recursos Minerais; Levantamento de Solos e Zoneamento Pedoclimático; Mapeamento da Vegetação, Inventário Florestal e Monitoramento; Sistema de Informações Geográficas; e Interpretação Automática de Imagens.

O Subprojeto Recursos Minerais foi iniciado em 1988, pela Superintendência Regional de Porto Alegre da CPRM, em convênio com o Departamento Nacional da Produção Mineral – DNPM, com o mapeamento geológico, metalogenético e hidrogeológico folhas São Luís (SA.23-Z-A), Cururupu (SA.23-X-C) e Itapecuru-Mirim (SA.23-Z-C), já concluídas. Em março de 1991, com o cancelamento do convênio com o DNPM, foram iniciados os trabalhos nas folhas Bacabal (SB.23-X-A), Presidente Dutra (SB.23-X-C) e Barra do Corda (SB-23-V-D), sob supervisão direta da CPRM.

O presente texto explicativo refere-se ao levantamento da Folha Presidente Dutra (SB.23-X-C), na escala 1:250.000, tendo como produtos anexos os mapas geológico e hidrogeológico com encartes laterais diversos. A equipe foi formada pelos geólogos Sérgio Reali Leites e Geraldo de Barros Pimentel, com colaboração dos geólogos Luiz Fernan-

do Fontes de Albuquerque (Supervisor de Projetos da SUREG-PA), Augusto J. Pedreira (Coordenador Nacional de Sedimentologia) e Ódimo Francisconi (Coordenador Nacional de Geologia Dois), sob a Coordenação Regional de Eduardo Camozzato (GEREMI-PA). O capítulo de hidrogeologia foi executado pelos geólogos Francisco Juarez Alves, Francisco Tarcísio Braga de Andrade e José Carvalho Cavalcante, da Residência de Fortaleza (REFO).

A etapa inicial constituiu-se na aquisição e análise da documentação; fotointerpretação na escala 1:70.000 (PROSPEC, 1979); e na confecção do mapa geológico preliminar. Seguiu-se o cadastramento de recursos minerais nos Serviços de Mineração do Ministério de Minas e Energia das cidades de Fortaleza e São Luís.

Na primeira etapa de campo, foi realizado o reconhecimento geológico de quase toda a área das folhas Bacabal, Presidente Dutra e Barra do Corda, com a participação das equipes executoras, acompanhadas dos geólogos Luiz Fernando F. Albuquerque (Supervisor de Projetos), Augusto J. Pedreira (Coordenador Nacional de Sedimentologia) e do consultor prof. Dr. Rodi Ávila Medeiros. Nessa ocasião, foram reconhecidas e analisadas todas as unidades aflorantes nas áreas a serem mapeadas.

Nas etapas de campo seguintes, foram realizados o mapeamento geológico e hidrogeológico, a identificação e definição das diversas unidades, e o cadastramento mineral, quando possível com a obtenção dos dados econômicos dos jazimentos.

A última fase do trabalho compreendeu as atividades de confecção das cartas temáticas finais e do texto explicativo.

1.2 Localização e Acesso

A área está localizada na porção centro-leste do estado do Maranhão, sendo limitada pelos meridianos 43°30' e 45°00' de longitude oeste de Greenwich e pelos paralelos 5°00' e 6°00' de latitude sul (figura 1.1).

O acesso a partir de Teresina é feito através da BR-316 até Peritoró, e continuando pela BR-135 até a cidade de Presidente Dutra, sempre por asfalto, ou pela BR-226 (Teresina-Presidente Dutra), que tem metade do percurso pavimentada. A partir de São Luís, o acesso se dá através da BR-135 (pavimentada) até a cidade de Presidente Dutra. Essa cidade é ligada às cidades de Tuntum e de Barra do Corda pela BR-226 (quase toda pavimentada), e de Colinas pela BR-135 (não pavimentada). A malha rodoviária principal é constituída ainda pela MA-132, que liga as cidades de Colinas a Buriti Bravo, e pela MA-034, ligando Buriti Bravo a Caxias (ambas não pavimentadas), cortando a parte sudeste da área; e pela rede de estradas municipais, trafegáveis durante todo o ano.

A área dispõe ainda de razoável rede de estradas secundárias que interligam fazendas e núcleos populacionais, em sua maioria trafegáveis somente no período seco.

As cidades de Presidente Dutra, Dom Pedro, Tuntum, São Domingos do Maranhão e Fortuna dispõem de campo de pouso com capacidade operacional limitada a pequenas aeronaves.

1.3 Aspectos Sócio-Econômicos

A região apresenta como principais centros urbanos, as cidades de Presidente Dutra, Dom Pedro, Tuntum, São Domingos do Maranhão, Fortuna e Buriti Bravo, que dispõem de escolas públicas de primeiro e segundo graus, abastecimento de água, rede de energia elétrica integrada ao Sistema Boa Esperança-Tucuruí, de agências bancárias e de Correios, Telégrafos, e comunicações telefônicas via satélite que permitem ligações DDD e DDI.

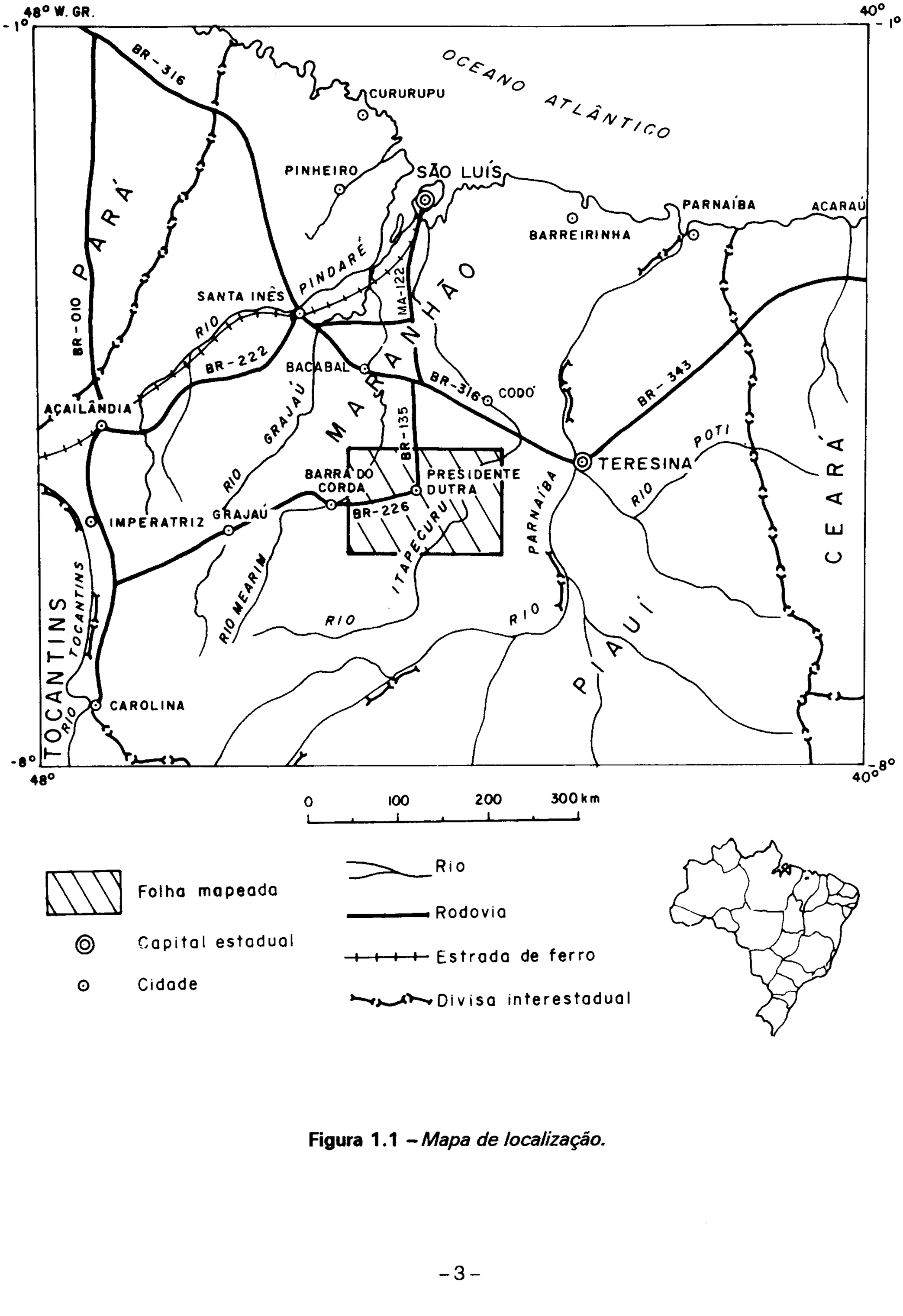


Figura 1.1 – *Mapa de localização.*

As principais atividades econômicas da região estão alicerçadas no comércio e no setor primário. Neste último, a pecuária de gado de corte é desenvolvida através de alguns projetos agropecuários com incentivos fiscais da SUDENE. A principal cultura é a do arroz, enquanto que as de milho, feijão e mandioca existem em caráter de subsistência. A extração por métodos rudimentares do coco de babaçu ocupa grande parte da mão-de-obra rural.A extração de madeira de lei, por sua vez, é realizada em determinadas regiões, de maneira predatória e ilegal.

A atividade mineral na região é inexpressiva, limitando-se à extração de insumos para a construção civil, principalmente argilas para o fabrico de tijolos e telhas, areias e piçarras para revestimentos de estradas.

1.4 Aspectos Fisiográficos

1.4.1 Geomorfologia e Solos

Na área estudada ocorrem, sob o aspecto geomorfológico, três unidades de relevo (conforme Radam, 1973): Pediplano Central do Maranhão; Planalto da Bacia Sedimentar Piauí-Maranhão; e Superfície Sub-Litorânea de Bacabal.

O Pediplano Central do Maranhão abrange a maior parte da área, com um modelado muito irregular devido a sua origem prevalentemente erosiva. A morfogênese é predominantemente mecânica, resultanto de uma coalescência de vales pedimentados como os dos rios Itapecuru, das Flores, Correntes, São Bento e Mearim. O caimento geral dessa superfície pediplanada é para NNE. Essa unidade atinge relevos em forma de chapadões e platôs nas zonas de abrangência da Formação Itapecuru laterizada, ocupando as porções mais elevadas e altitudes em torno de 215m. Os relevos residuais em mesas aparecem nas zonas de ocorrência dos arenitos eólicos da Formação Corda.

O Planalto da Bacia Sedimentar Piauí-Maranhão está representado por um conjunto de formas predominantemente tabulares. Apresenta uma superfície em chapadas (por ex.: Serra das Alpercatas) e relevos residuais em forma de mesas com rebordos em *glint*. Esse conjunto pode estar seccionado por amplos vales, como o do rio Itapecuru, que mostram sedimentos que se estendem desde os rebordos dos divisores d'água até suas calhas. A superfície do Planalto da Bacia Sedimentar Piauí-Maranhão mostra leve caimento para NNE, e está presente em zonas de ocorrência dos arenitos e pelitos das formações Corda e Pastos Bons, na parte meridional da folha. Apresenta as maiores altitudes da área em estudo, variando de 210m a 400m.

A Superfície Sub-Litorânea de Bacabal é caracterizada por um relevo em colinas onduladas, oriundas da dissecação progressiva em áreas do Pediplano Central do Maranhão. Com altitude média de 100m, esse conjunto de relevo ocorre na parte nordeste da folha, particularmente na zona de ocorrência dos litótipos da Formação Motuca.

Foram identificados na folha, cinco tipos diferentes de solos (figura 1.2; conforme RADAM, *op. cit.*), discriminados a seguir segundo a ordem de importância: Podzólicos Vermelho-Amarelo; Latossolo Vermelho-Amarelo; Concrecionário Laterítico; Areias Quartzosas e Solos Aluviais.

1.4.2 Vegetação

A área é coberta, na sua maior parte, por floresta decidual alterada, ficando o cerrado res-

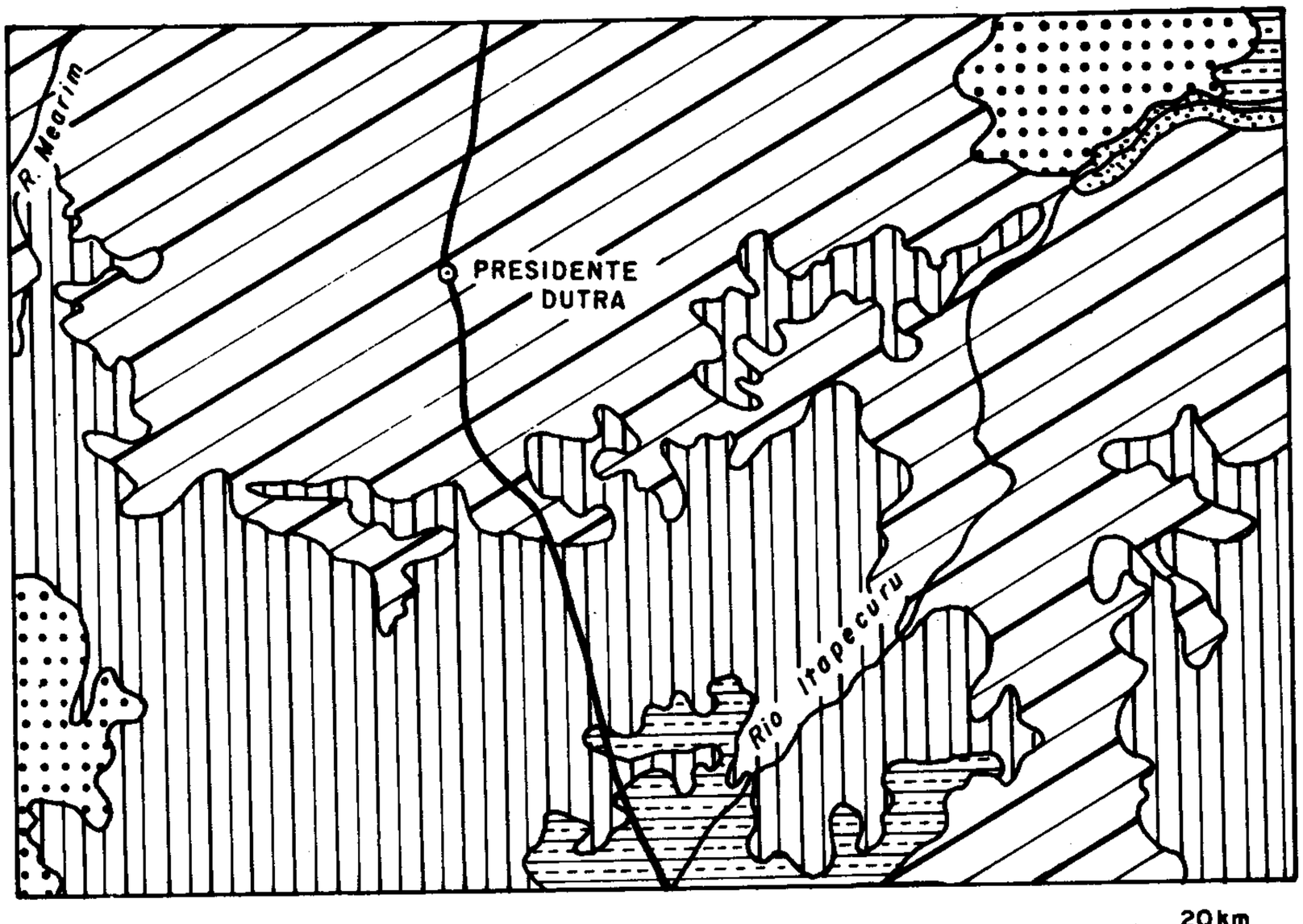


Figura 1.2 – ***Mapa de tipos de solos (conforme RADAM, 1973).***

trito à parte sul. Em todas as regiões da folha, a paisagem tem sido grandemente modificada pela ação antrópica indiscriminada, com descaracterização ambiental provocada principalmente pelos grandes desmatamentos e queimadas, realizadas pelos projetos agropecuários com incentivos fiscais; pelas derrubadas para exploração ilegal da madeira de lei; e pelos pequenos desmatamentos para a agricultura de subsistência (foto 1). Esses desmatamentos, de caráter repetitivo e sazonal, provocam grande degradação na cobertura vegetal nativa, que vem sendo gradativamentesubstituídaporcapoeirais.

A floresta está alterada em quase toda a folha, dominando o babaçu. Em pequenos núcleos, nos altos das elevações, a floresta apresenta-se menos devastada, sendo caracterizada pela Copaíba. O cerrado aparece com duas unidades fisionômicas: cerradão, que ocorre principalmente nos relevos acidentados e é caracterizado pela sucupira e angico, com o babaçu ocupando os vales; e campo cerrado, que ocupa sempre áreas degradadas pela ação do homem ou por erosão natural, e que tem como espécies características a sucupira e a lixeira.

1.4.3 Pluviometria

A distribuição espacial das precipitações, na Folha Presidente Dutra, está representada no mapa de isoietas médias anuais (figura 1.3), elaborado a partir dos dados obtidos da rede pluviométrica da SUDENE (1966/1985) na área, constituída de oito estações. A orientação dessas isoietas, em linhas gerais, indica que as precipitações crescem no sentido sul-norte.

A figura 1.4, elaborada com base nos valores médios mensais da tabela 1.1, mostra os hietogramas das oito estações mencionadas. Pela análise desses perfis gráficos caracteriza-se no regime pluviométrico da folha dois períodos: um seco e um chuvoso; este com início em outubro e prolongamento até maio. Em fevereiro, março e abril ocorrem os maiores índices pluviométricos, enquanto que nos meses de julho e agosto sucedem as menores precipitações.

1.4.4 Climatologia

A aplicação da técnica do balanço hídrico pelo método de Thornthwaite, para uma capacidade de armazenamento do solo de 100mm, em oito estações pluviométricas da Folha Presidente Dutra, resultou na estimativa das evapotranspirações potencial e real; da deficiência e do excedente hídricos; do índice de umidade; e, finalmente, na classificação climática.

Clima

O sistema de classificação climática aqui apresentado está fundamentado no método de Thornthwaite. Os valores numéricos e os tipos climáticos estabelecidos para a folha constam das tabelas 1.2 a 1.9.

***Tabela 1.1** – Precipitações médias mensais e anuais*

ESTAÇÃO	PERÍODO	MESES												MÉDIA ANUAL
		JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	
Paiol	1966/85	248,3	282,9	350,3	325,1	168,2	99,1	6,1	13,5	14,0	42,5	95,8	112,4	1.758,2
Pedras	1966/85	222,0	273,8	286,7	234,5	143,9	23,6	10,4	14,1	16,7	31,6	74,5	141,3	1.473,1
S. José Perdidos	1966/85	208,6	239,0	287,9	246,4	104,1	28,8	9,0	10,9	30,0	53,9	58,1	134,3	1.411,0
Fortuna	1966/85	160,4	158,6	202,3	163,4	55,3	24,3	8,0	5,7	18,1	50,9	75,4	118,8	1.041,2
S. Domingos do Maranhão	1966/85	210,5	181,6	229,7	210,9	62,1	13,6	3,5	10,6	27,0	49,8	87,6	148,3	1.235,2
Presidente Dutra	1966/85	190,0	207,7	272,6	219,6	84,9	32,0	15,0	16,5	26,7	27,5	84,8	107,0	1.284,3
S. Joaquim Melos	1966/85	202,3	182,6	208,0	191,4	73,8	20,7	5,2	7,3	24,1	58,4	70,4	128,2	1.172,4
Leandro	1966/85	212,7	310,2	177,4	182,2	86,0	10,6	10,3	14,5	13,1	66,0	114,3	172,2	1.369,5

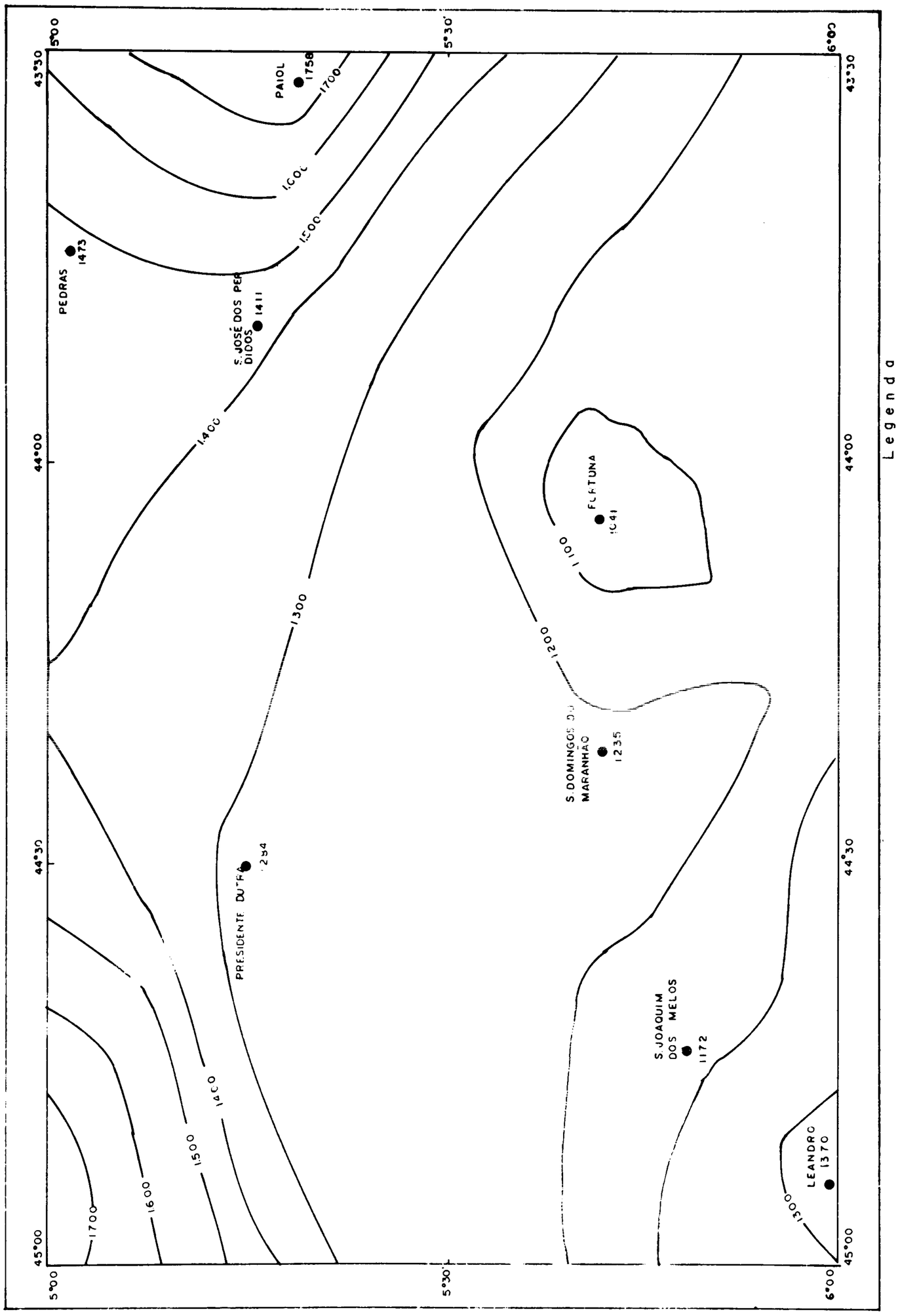


Figura 1.3 - *Isoietas médias anuais.*

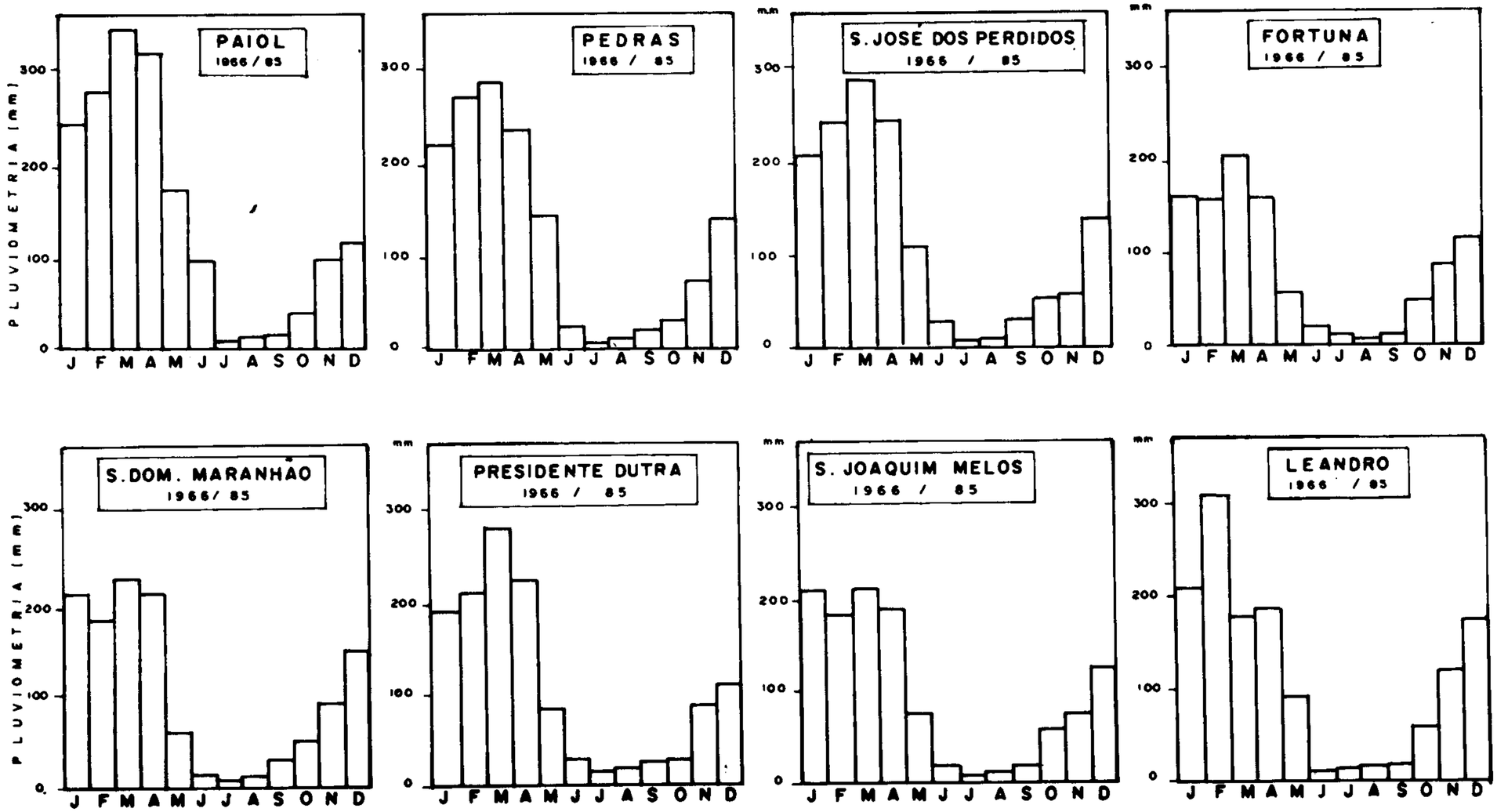


Figura 1.4 - *Hietogramas com base em valores médios mensais no período 1966-1985 (8 estações).*

Tabela 1.2 – Balanço hídrico mensal, segundo o sistema de Thornthwaite & Mather (100 mm).
Local: Paiol; Altitude: 80 m; Latitude: 05°19'S; Longitude: 43°31'W.Gr. Período: 1963 a 1985.

Mês	Temperatura Média (°C)	Evapotrans-piração não Corrigida	Correção	Evapotrans-piração Potencial (mm)	Precipitação Pluvial (mm)	Saldo P-EP (mm)	Negatividae Acumulada (mm)	Armazena-mento (mm)	Alteração (mm)	Evapotrans-piração Real (mm)	Déficit Hídrico (mm)	Excedente Hídrico (mm)	Índice Umidade Efetiva	Clima
Janeiro	26,4	4,4	31,8	141	248	+107	—	100	0	141	0	+107	+76	B3 - Úmido
Fevereiro	25,9	4,1	28,5	117	283	+166	—	100	0	117	0	+166	+142	A - Superúmido
Março	25,9	4,1	31,2	128	350	+222	—	100	0	128	0	+222	+173	A - Superúmido
Abril	26,0	4,2	30,0	125	325	+200	—	100	0	125	0	+200	+160	A - Superúmido
Maio	25,8	4,1	30,6	124	168	+44	—	100	0	124	0	+44	+36	B1 - Úmido
Junho	25,5	3,9	29,7	115	99	-16	—	84	-16	115	0	0	0	C1 - Subúmido Seco
Julho	25,4	3,8	30,6	117	6	-111	—	0	-84	90	27	0	-14	C1 - Subúmido Seco
Agosto	26,3	4,4	30,9	135	14	-121	—	0	0	14	121	0	-54	E - Árido
Setembro	27,5	5,1	30,0	154	14	-140	—	0	0	14	140	0	-55	E - Árido
Outubro	29,0	6,3	31,5	198	43	-155	—	0	0	43	155	0	-47	E - Árido
Novembro	29,1	6,4	30,9	196	96	-101	—	0	0	96	101	0	-31	D - Semi-Árido
Dezembro	27,2	4,9	31,8	156	112	-44	—	0	0	112	44	0	-17	C1 - Subúmido Seco
Ano	26,6			+1.707	1.758	+51			0	+1.119	508	+739	+23	B1 - Úmido

Tabela 1.3 – Balanço hídrico mensal, segundo o sistema de Thornthwaite & Mather (100 mm).
Local: Pedras; Altitude: 190 m; Latitude: 05°02'S; Longitude: 43°44'W.Gr. Período: 1963 a 1985

Mês	Temperatura Média (°C)	Evapotrans-piração não Corrigida	Correção	Evapotrans-piração Potencial (mm)	Precipitação Pluvial (mm)	Saldo P-EP (mm)	Negatividade Acumulada (mm)	Armazena-mento (mm)	Alteração (mm)	Evapotrans-piração Real (mm)	Déficit Hídrico (mm)	Excedente Hídrico (mm)	Índice Umidade Efetiva	Clima
Janeiro	27,0	4,8	31,8	153	222	+69	—	100	0	153	0	+69	+45	B2 - Úmido
Fevereiro	26,1	4,2	28,5	119	274	+155	—	100	0	119	0	+155	+130	A - Superúmido
Março	26,5	4,4	31,2	138	287	+149	—	100	0	138	0	+149	+108	A - Superúmido
Abril	26,3	4,3	30,0	130	235	+105	—	100	0	130	0	+105	+81	B4 - Úmido
Maio	27,2	4,9	30,6	150	144	-6	—	94	-6	150	0	0	0	C1 - Subúmido Seco
Junho	27,7	5,3	29,7	157	24	-133	—	0	-94	117	39	0	-15	C1 - Subúmido Seco
Julho	28,2	5,7	30,6	173	10	-163	—	0	0	10	163	0	-56	E - Árido
Agosto	27,5	5,2	30,9	160	14	-146	—	0	0	14	146	0	-55	E - Árido
Setembro	26,6	4,5	30,0	135	17	-118	—	0	0	17	118	0	-53	E - Árido
Outubro	26,8	4,7	31,5	147	32	-115	—	0	0	32	115	0	-47	E - Árido
Novembro	27,3	5,0	30,9	154	75	-80	—	0	0	75	80	0	-31	D - Semi-Árido
Dezembro	27,3	5,0	31,8	159	141	-18	—	0	0	141	18	0	-7	C1 - Subúmido Seco
Ano	26,8			+1.774	1.473	-301			0	+1.095	678	+478	+4	C2 - Subúmido Úmido

SB. 23-X-C (Presidente Dutra)

Tabela 1.4 – Balanço hídrico mensal, segundo o sistema de Thornthwaite & Mather (100 mm).
Local: São José dos Perdidos; Altitude: 80 m; Latitude: 05°16'S; Longitude: 43°50'W.Gr. Período: 1963 a 1985

Mês	Temperatura Média (°C)	Evapotrans-piração não Corrigida	Correção	Evapotrans-piração Potencial (mm)	Precipitação Pluvial (mm)	Saldo P-EP (mm)	Negatividade Acumulada (mm)	Armazena mento (mm)	Alteração (mm)	Evapotrans-piração Real (mm)	Déficit Hídrico (mm)	Excedente Hídrico. (mm)	Índice Umidade Efetiva	Clima
Janeiro	26,3	4,3	31,8	138	209	+70	—	100	0	138	0	+70	+51	B2 - Úmido
Fevereiro	25,8	4,1	28,5	116	239	+123	—	100	0	116	0	+123	+106	A - Superúmido
Março	25,8	4,1	31,2	127	288	+161	—	100	0	127	0	+161	+127	A - Superúmido
Abril	25,9	4,1	30,0	124	246	+122	—	100	0	124	0	+122	+99	B4 - Úmido
Maio	25,7	4,0	30,6	123	104	-19	—	81	-19	123	0	0	0	C1 - Subúmido Seco
Junho	25,4	3,8	29,7	113	29	-85	—	0	-81	110	4	0	-2	C1 - Subúmido Seco
Julho	25,2	3,7	30,6	115	9	-106	—	0	0	9	106	0	-55	E - Árido
Agosto	26,1	4,3	30,9	132	11	-121	—	0	0	11	121	0	-55	E - Árido
Setembro	27,4	5,1	30,0	153	30	-123	—	0	0	30	123	0	-48	E - Árido
Outubro	28,4	5,8	31,5	184	54	-130	—	0	0	54	130	0	-42	E - Árido
Novembro	28,4	5,8	30,9	180	58	-122	—	0	0	58	122	0	-41	E - Árido
Dezembro	27,0	4,8	31,8	153	134	-19	—	0	0	134	19	0	-7	C1 - Subúmido Seco
Ano	26,4			+1.658	1.141	-247			0	+1.034	624	+447	+6	C2 - Subúmido Úmido

Tabela 1.5 – Balanço hídrico mensal, segundo o sistema de Thornthwaite & Mather (100 mm).
Local: Fortuna; Altitude: 80 m; Latitude: 05°41'S; Longitude: 44°04'W.Gr. Período: 1963 a 1985

Mês	Temperatura Média (°C)	Evapotrans-piração não Corrigida	Correção	Evapotrans-piração Potencial (mm)	Precipitação Pluvial (mm)	Saldo P-EP (mm)	Negatividade Acumulada (mm)	Armazena-mento (mm)	Alteração (mm)	Evapotrans-piração Real (mm)	Deficit Hidr. (mm)	Exced Hidrico (mm)	Indice Umidade Clima Efetiva	Clima
Janeiro	26,1	4,3	31,8	136	160	+25	—	100	0	136	0	+25	+18	C2 - Subúmido Úmido
Fevereiro	25,8	4,1	28,5	116	159	+43	—	100	0	116	0	+43	+37	B1 - Úmido
Março	25,8	4,1	31,2	126	202	+76	—	100	0	126	0	+76	+60	B2 - Úmido
Abril	25,9	4,1	30,0	124	163	+40	—	100	0	124	0	+40	+32	B1 - Úmido
Maio	25,5	3,9	30,6	119	55	-64	—	36	-64	119	0	0	0	C1 - Subúmido Seco
Junho	25,1	3,7	29,7	109	24	-84	—	0	-36	60	48	0	-27	D - Semi-Árido
Julho	25,0	3,6	30,6	110	8	-102	—	0	0	8	102	0	-56	E - Árido
Agosto	26,1	4,2	30,9	130	6	-125	—	0	0	6	125	0	-57	E - Árido
Setembro	27,5	5,2	30,0	155	18	-136	—	0	0	18	136	0	-53	E - Árido
Outubro	29,4	6,6	31,5	208	51	-157	—	0	0	51	157	0	-45	E - Árido
Novembro	29,4	6,6	30,9	204	75	-128	—	0	0	75	128	0	-38	D - Semi-Árido
Dezembro	26,8	4,7	31,8	149	119	-30	—	0	0	119	30	0	-12	C1 - Subúmido Seco
Ano	26,5			+1.685	1.041	-644			0	+958	726	+183	-15	C1 - Subúmido Seco

Tabela 1.6 – Balanço hídrico mensal, segundo o sistema de Thornthwaite & Mather (100 mm).

Local: São Domingos do Maranhão; Altitude: 180 m; Latitude: 05°42'S; Longitude: 44°22'W.Gr. Período: 1963 a 1985

Mês	Temperatura Média (°C)	Evapotrans-piração não Corrigida	Correção	Evapotrans-piração Potencial (mm)	Precipitação Pluvial (mm)	Saldo P-EP (mm)	Negatividade Acumulada (mm)	Armazena-mento (mm)	Alteração (mm)	Evapotrans-piração Real (mm)	Déficit Hídrico (mm)	Excedente Hídrico (mm)	Índice Umidade Efetiva	Clima
Janeiro	26,6	4,5	31,8	144	211	+66	—	100	0	144	0	+66	+46	B2 - Úmido
Fevereiro	26,0	4,1	28,5	118	182	+64	—	100	0	118	0	+64	+54	B2 - Úmido
Março	26,3	4,3	31,2	135	230	+95	—	100	0	135	0	+95	+70	B3 - Úmido
Abril	26,2	4,3	30,0	128	211	+83	—	100	0	128	0	+83	+65	B3 - Úmido
Maio	26,6	4,5	30,6	139	62	-77	—	23	-77	139	0	0	0	C2 - Subúmido Úmido
Junho	26,9	4,7	29,7	140	14	-127	—	0	-23	37	104	0	-44	E - Árido
Julho	27,3	5,0	30,6	154	4	-151	—	0	0	4	151	0	-59	E - Árido
Agosto	27,2	4,9	30,9	152	11	-141	—	0	0	11	141	0	-56	E - Árido
Setembro	26,7	4,6	30,0	138	27	-111	—	0	0	27	111	0	-48	E - Árido
Outubro	28,1	5,6	31,5	176	50	-126	—	0	0	50	126	0	-43	E - Árido
Novembro	28,4	5,9	30,9	181	88	-94	—	0	0	88	94	0	-31	D - Semi-Árido
Dezembro	26,8	4,7	31,8	148	148	0	—	0	0	148	0	0	0	C1 - Subúmido Seco
Ano	26,8			+1.754	1.235	-519			0	+1.028	727	+307	-7	C1 - Subúmido Seco

Tabela 1.7 – Balanço hídrico mensal, segundo o sistema de Thornthwaite & Mather (100 mm).

Local: Presidente Dutra; Altitude: 150 m; Latitude: 05°15'S; Longitude: 44°31'W.Gr. Período: 1963 a 1985

Mês	Temperatura Média (°C)	Evapotrans-piração não Corrigida	Correção	Evapotrans-piração Potencial (mm)	Precipitação Pluvial (mm)	Saldo P-EP (mm)	Negatividade Acumulada (mm)	Armazena-mento (mm)	Alteração (mm)	Evapotrans-piração Real (mm)	Déficit Hídrico (mm)	Excedente Hídrico. (mm)	Índice Umidade Efetiva	Clima
Janeiro	26,3	4,4	31,8	140	190	+50	—	100	0	140	0	+50	+36	B1 - Úmido
Fevereiro	25,8	4,1	28,5	116	208	+92	—	100	0	116	0	+92	+80	B3 - Úmido
Março	26,0	4,2	31,2	131	273	+142	—	100	0	131	0	+142	+108	A - Superúmido
Abril	26,0	4,2	30,0	126	220	+94	—	100	0	126	0	+94	+75	B3 - Úmido
Maio	26,4	4,4	30,6	135	85	-50	—	50	-50	135	0	0	0	C1 - Subúmido Seco
Junho	26,4	4,5	29,7	132	32	-100	—	0	-50	82	50	0	-23	D - Semi-Árido
Julho	26,6	4,5	30,6	139	15	-246	—	0	0	15	124	0	-54	E - Árido
Agosto	26,6	4,6	30,9	142	17	-125	—	0	0	17	125	0	-53	E - Árido
Setembro	26,8	4,7	30,0	140	27	-113	—	0	0	27	113	0	-49	E - Árido
Outubro	26,9	4,7	31,5	149	28	-122	—	0	0	28	122	0	-49	E - Árido
Novembro	26,9	4,8	30,9	148	85	-63	—	0	0	85	63	0	-26	D - Semi-Árido
Dezembro	26,8	4,7	31,8	148	107	-41	—	0	0	107	41	0	-17	C1 - Subúmido Seco
Ano	26,3			+1.645	1.284	-361			0	+1.006	639	+378	0	C1 - Subúmido Seco

SB. 23-X-C (Presidente Dutra)

Tabela 1.8 – Balanço hídrico mensal, segundo o sistema de Thornthwaite & Mather (100 mm).
Local: São Joaquim dos Melos; Altitude: 220 m; Latitude: 05°48'S; Longitude: 44°44'W.Gr. Período: 1963 a 1985.

Mês	Temperatura Média (°C)	Evapotrans-piração não Corrigida	Correção	Evapotrans-piração Potencial (mm)	Precipitação Pluvial (mm)	Saldo P-EP (mm)	Negatividade Acumulada (mm)	Armazena-mento (mm)	Alteração (mm)	Evapotrans-piração Real (mm)	Déficit Hídrico (mm)	Excedente Hídrico (mm)	Índice Umidade Efetiva	Clima
Janeiro	26,7	4,6	31,8	145	202	+57	—	100	0	145	0	+57	+39	B1 - Úmido
Fevereiro	26,0	4,1	28,5	118	183	+64	—	100	0	118	0	+64	+54	B2 - Úmido
Março	26,4	4,4	31,2	137	208	+71	—	100	0	137	0	+71	+51	B2 - Úmido
Abril	26,3	4,3	30,0	129	191	+62	—	100	0	129	0	+62	+48	B2 - Úmido
Maio	26,9	4,8	30,6	146	74	-72	—	28	-72	146	0	0	0	C2 - Subúmido Úmido
Junho	27,5	5,1	29,7	152	21	-132	—	0	-28	49	103	0	-41	E - Árido
Julho	28,1	5,6	30,6	171	5	-166	—	0	0	5	166	0	-58	E - Árido
Agosto	27,5	5,1	30,9	159	7	-152	—	0	0	7	152	0	-57	E - Árido
Setembro	26,4	4,4	30,0	132	24	-107	—	0	0	24	107	0	-49	E - Árido
Outubro	27,6	5,2	31,5	163	58	-105	—	0	0	58	105	0	-39	D - Semi-Árido
Novembro	28,0	5,5	30,9	170	70	-100	—	0	0	70	100	0	-35	D - Semi-Árido
Dezembro	26,7	4,6	31,8	145	128	-17	—	0	0	128	17	0	-7	C1 - Subúmido Seco
Ano	26,8			+1.769	1.172	-596			0	+1.018	750	+254	-11	C1 - Subúmido Seco

Tabela 1.9 – Balanço hídrico mensal, segundo o sistema de Thornthwaite & Mather (100 mm).
Local: Leandro; Altitude: 220 m; Latitude: 05°39'S; Longitude: 44°54'W.Gr. Período: 1963 a 1985

Mês	Temperatura Média (°C)	Evapotrans-piração não Corrigida	Correção	Evapotrans-piração Potencial (mm)	Precipitação Pluvial (mm)	Saldo P-EP (mm)	Negatividade Acumul ada (mm)	Armazena-mento (mm)	Alteração (mm)	Evapotrans-piração Real (mm)	Déficit Hídrico (mm)	Excedente Hídrico (mm)	Indice Umidade Efetiva	Clima
Janeiro	26,6	4,5	31,8	144	213	+69	—	100	0	144	0	+69	+48	B2 - Úmido
Fevereiro	26,0	4,1	28,5	118	310	+192	—	100	0	118	0	+192	+163	A - Superúmido
Março	26,4	4,4	31,2	137	177	+41	—	100	0	137	0	+41	+30	B1 - Úmido
Abril	26,3	4,3	30,0	129	182	+53	—	100	0	129	0	+53	+41	B2 - Úmido
Maio	26,8	4,7	30,6	143	86	-57	—	43	-57	143	0	0	0	C1 - Subúmido Seco
Junho	27,3	5,0	29,7	149	10	-139	—	0	-43	53	96	0	-39	D - Semi-Árido
Julho	27,9	5,5	30,6	167	10	-157	—	0	0	10	157	0	-56	E - Árido
Agosto	27,4	5,1	30,9	158	15	-143	—	0	0	15	143	0	-54	E - Árido
Setembro	26,4	4,4	30,0	132	13	-119	—	0	0	13	119	0	-54	E - Árido
Outubro	27,9	5,4	31,5	171	66	-105	—	0	0	66	105	0	-37	D - Semi-Árido
Novembro	28,3	5,8	30,9	178	114	-63	—	0	0	114	63	0	-21	D - Semi-Árido
Dezembro	26,5	4,5	31,8	142	172	+30	—	30	30	142	0	0	0	C1 - Subúmido Seco
Ano	26,8			+1.769	1.370	-400			30	+1.084	684	+355	-3	C1 - Subúmido Seco

Predominam na área, os climas Subúmido Úmido e Subúmido Seco, com precipitação anual de 1.155mm, aquém da evapotranspiração potencial de, em média, 1.717mm. A estação úmida, restrita predominantemente aos meses de janeiro a abril, gera excedente hídrico em torno de 396mm, enquanto que a estação seca apresenta déficit médio de 677mm.

Temperatura

A rede de observações meteorológicas do Brasil é limitada, sendo escassas as informações térmicas. Em áreas desprovidas de dados de temperatura, portanto, é necessário adotar a técnica de análise de regressão na distribuição espacial da temperatura, visando suprimir essa limitação. O fundamento da metodologia empregada repousa na correlação entre temperatura (variável dependente) com a altitude, latitude e longitude (variáveis condicionantes).

Com a aplicação da análise de regressão linear múltipla na folha, utilizando-se os dados de quatro estações (Barra do Corda, Grajaú, Caxias e Coroatá) da rede meteorológica do DNMET, fornecidos pela SUDENE, foram geradas 13 equações (para os 12 meses e para o valor anual). Foram estimadas, desta forma, as temperaturas médias mensais e anuais das estações pluviométricas.

As temperaturas médias mensais estimadas para as localidades de Paiol, Pedras, São José dos Perdidos, Fortuna, São Domingos do Maranhão, Presidente Dutra, São Joaquim dos Melos e Leandro, apresentam-se relativamente estáveis, oscilando entre 25,1°C e 29,4°C, não atingindo, durante o ano, 5°C de amplitude térmica.

Balanço Hídrico

O exame dos valores do balanço hídrico expressos nas tabelas 1.2 a 1.9, e visualizado nos respectivos gráficos da figura 1.5, demonstra que o período chuvoso, embora comece em outubro, só gera excessos de água a partir de janeiro. Isto ocorre em face da expressiva necessidade de reposição inicial de umidade do solo, devida a estação anterior de extrema deficiência hídrica. Esses excedentes atingem seus valores máximos em fevereiro/março, mantendo-se até abril.

Com o decréscimo das precipitações, a começar de maio, o balanço hídrico se inverte. Os solos passam a ressentir-se de umidade, a qual é em princípio baixa, uma vez que a água armazenada nos solos, proveniente da estação úmida, supre as necessidades ambientais no decorrer de maio.

Desta forma, o aproveitamento da água retida no solo no final da estação chuvosa permite retardar, em um mês, o início da estação dos déficits de água. Essa estação surge, nessa região, em junho, estendendo-se até dezembro. Nesse período, os solos ficam completamente carentes de umidade, os rios atingem os seus mais baixos níveis e a possibilidade de se verificar *run off* fica restrita às raras e ocasionais precipitações.

1.4.5 Fluviometria

Dois rios principais drenam a Folha Presidente Dutra: Flores, afluente da margem direita do Mearim; e Itapecuru, que recebe pela direita o tributário Corrente.

A CPRM opera na folha três estações fluviométricas com medições de descarga líquida: Flores, no rio Flores; Montevidéu, no rio Itapecu-

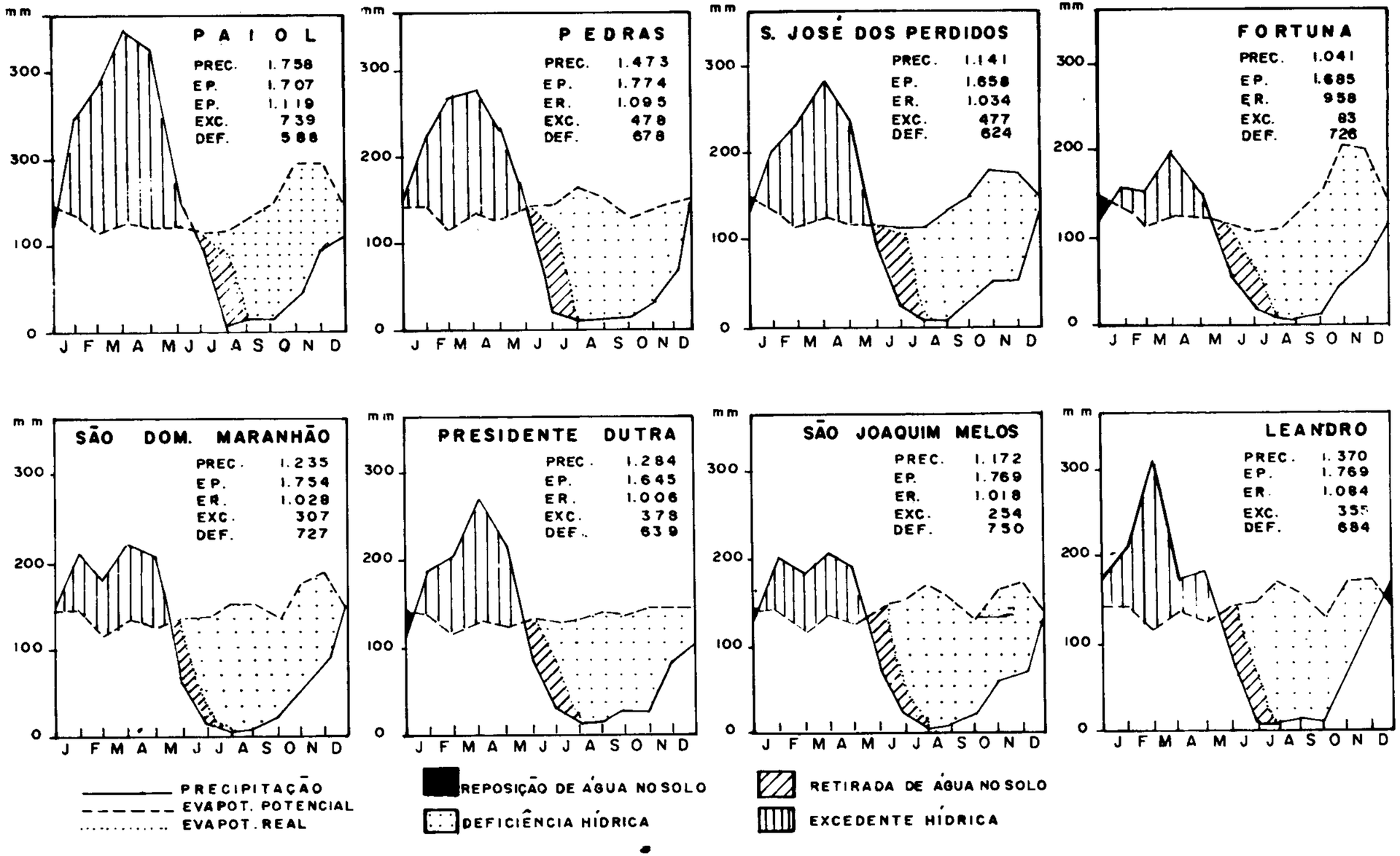


Figura 1.5 – *Balanço hídrico.*

ru; e Mendes, no rio Corrente. A figura 1.6 apresenta a localização dessas estações.

O rio das Flores, que nasce na Serra das Alpercatas (MA), tem aproximadamente 150km de extensão e drena no sentido norte-nordeste até desaguar no Mearim, tem suas águas represadas na altura do lugarejo de Aldeia, a noroeste de Tuntum.

O rio Itapecuru, que nasce na Serra do Itapecuru (MA) e possui uma bacia hidrográfica com aproximadamente 53.140km^2, constitui a principal fonte de água para as populações ribeirinhas em suas atividades primárias de subsistência. Desembocando no Oceano Atlântico, através da Baía de São José, possui um curso total de 1.090km, dos quais 111km atingidos pela maré.

Pela distribuição mensal das vazões médias das três estações acima referidas, apresentada nos histogramas da figura 1.7, verifica-se que as descargas máximas médias ocorrem nos meses de março e abril, enquanto as mínimas, prioritariamente, em agosto e setembro. Na figura 1.8 constam as curvas de descargas médias mensais das três estações fluviométricas inseridas na área.

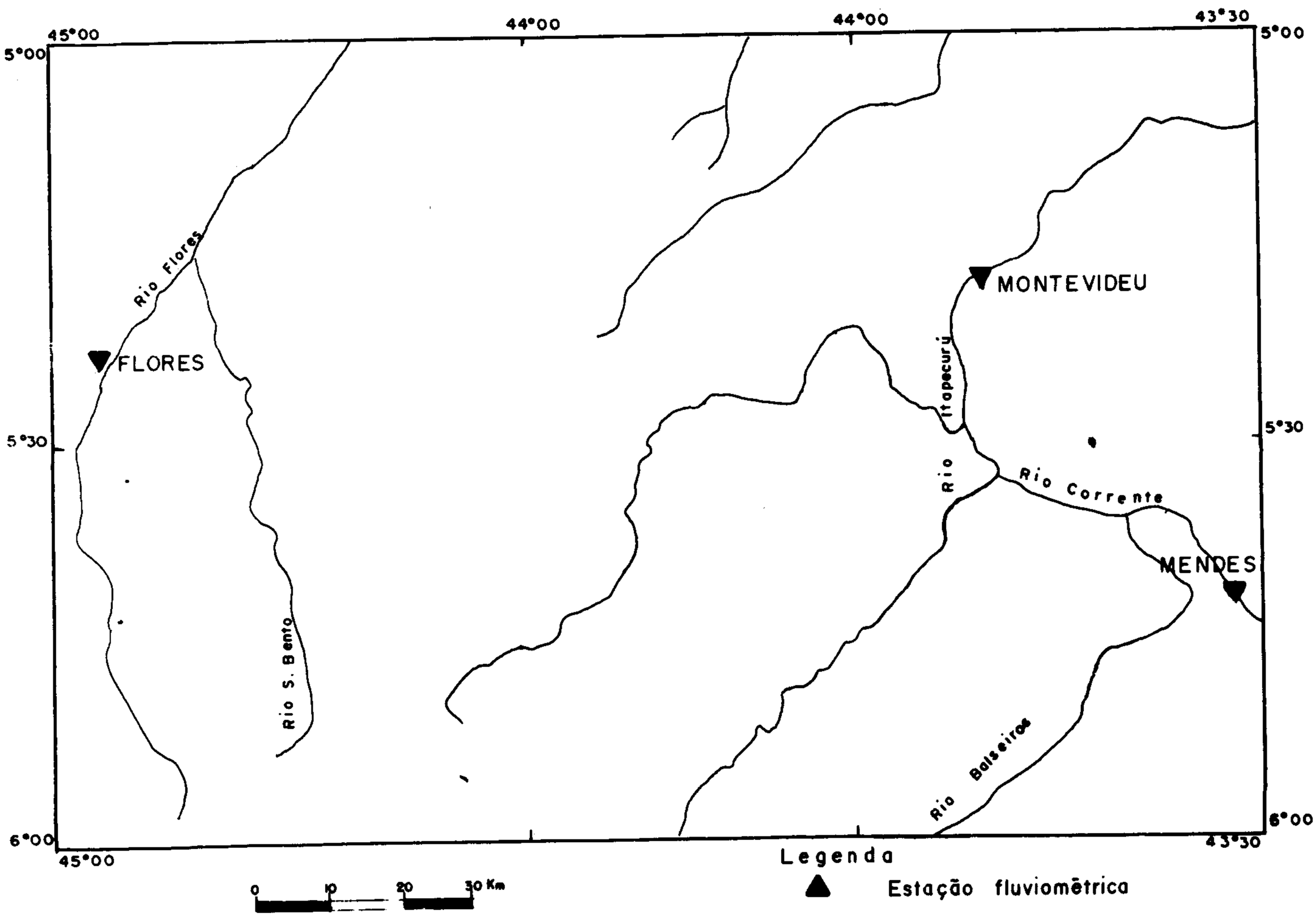


Figura 1.6 – ***Localização das estações fluviométricas inseridas na Folha Presidente Dutra.***

SB. 23-X-C (Presidente Dutra)

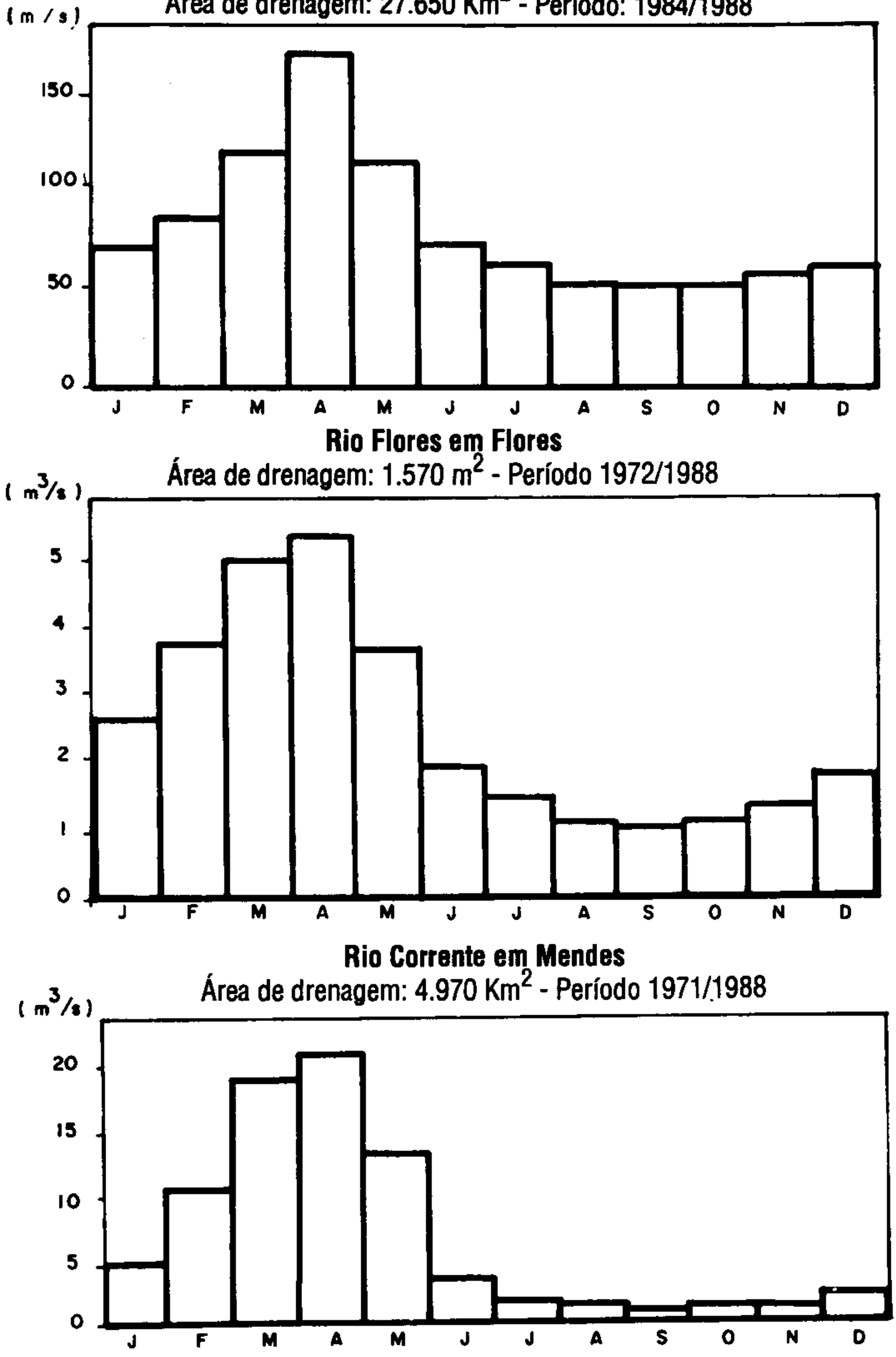
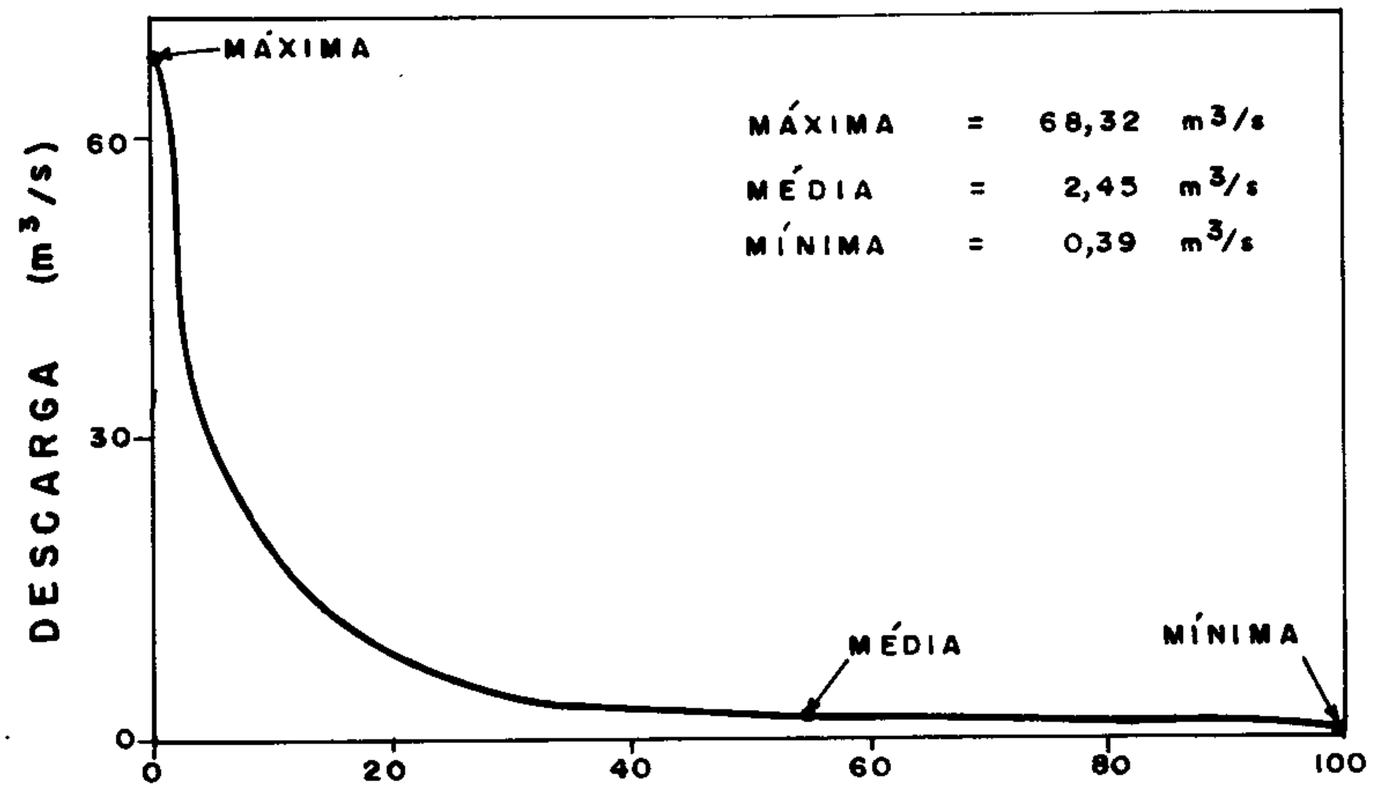
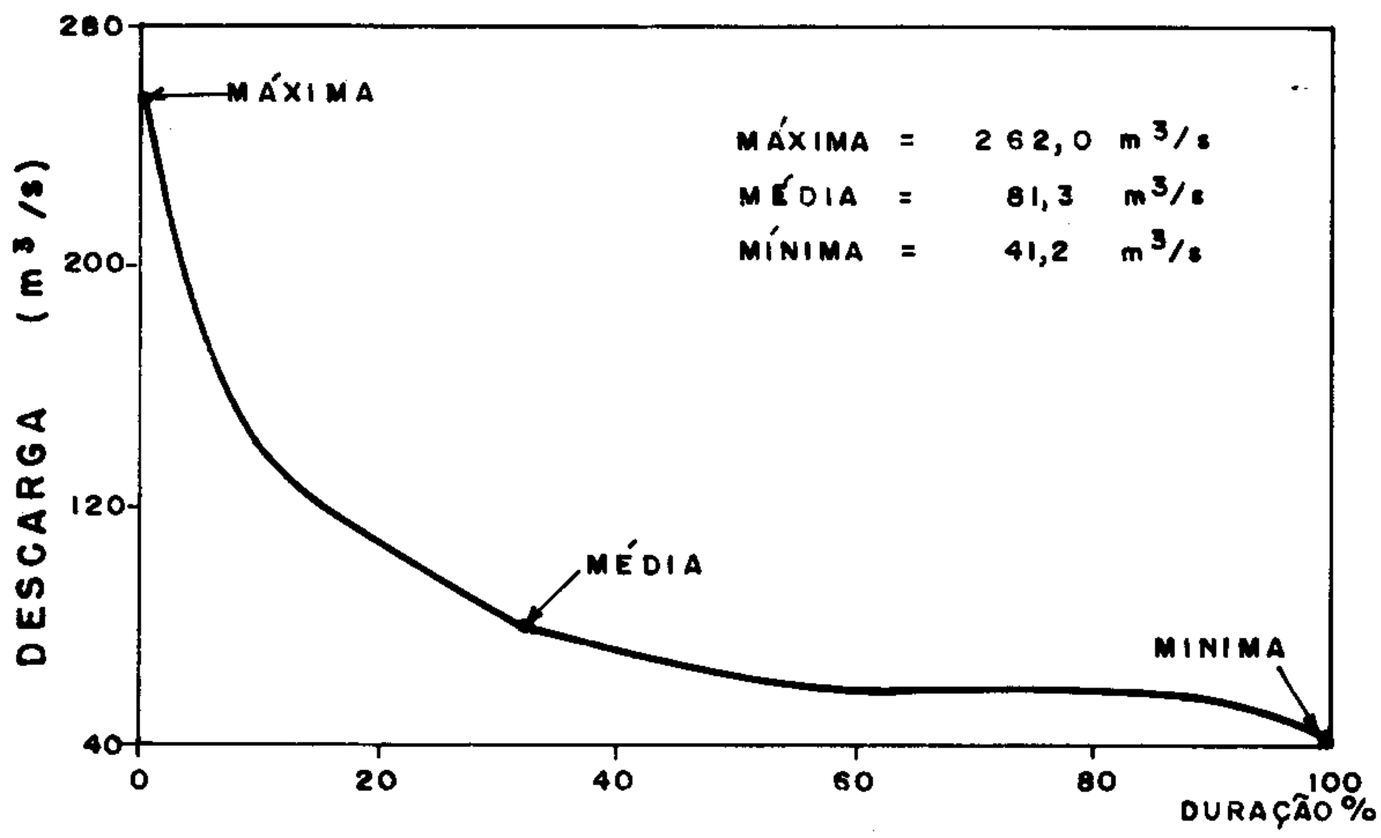


Figura 1.7 – *Vazões médias mensais.*

Rio Corrente em Mendes - Período 1971/1988



Rio Itapecuru em Montevidéu - Período: 1984/1988



Rio Flores em Flores - Período 1972/1988

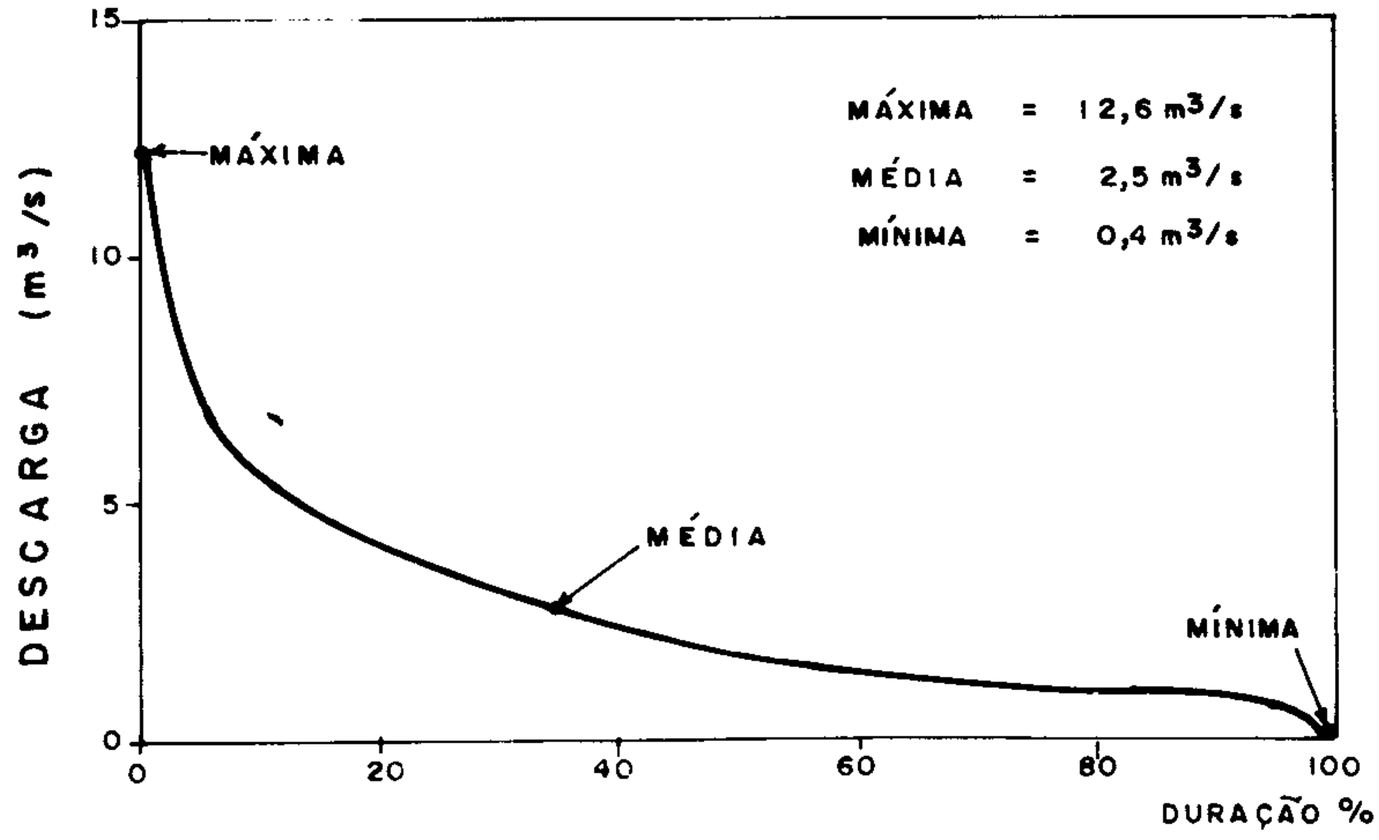


Figura 1.8 – ***Curva de duração das descargas médias mensais.***

2

Geologia

2.1 Contexto Geológico Regional

Na área mapeada ocorrem predominantemente rochas da Bacia do Maranhão (Campbel, 1949) ou Bacia do Parnaíba (Kegel, 1951; *in* Faria Jr., 1984), a qual se situa na fração ocidental da Região Nordeste do Brasil, em área de transição para a Região Norte, constituindo a Província do Parnaíba de Almeida *et al.* (1977), (figura 2.1). De formato elipsoidal e maior extensão segundo a direção NE-SW, abrange terrenos dos estados do Piauí, Maranhão, Ceará, Bahia, Tocantins e Pará, estendendo-se por aproximadamente 600.000km^2.

A Bacia do Parnaíba é uma unidade geotectônica com arcabouço geométrico fortemente influenciado por feições estruturais de seu embasamento pré-cambriano e na qual, no intervalo Ordoviciano-Cretáceo, se depositaram cerca de 3.000m de sedimentos. A bacia é

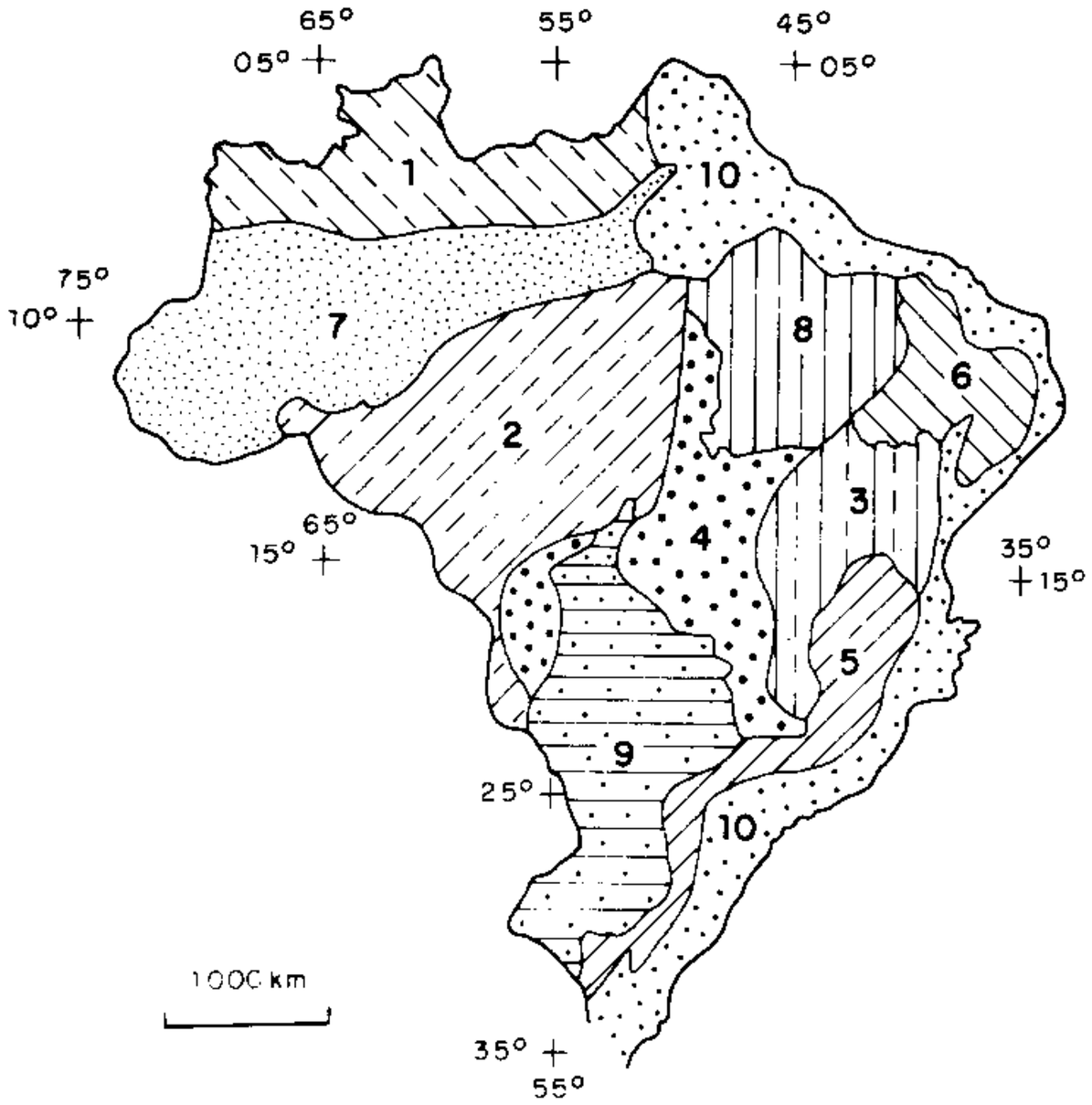


***Figura 2.1** – Províncias Estruturais do Brasil (conforme Almeida et al., 1977).*
Legenda: 1 – Rio Branco; 2 – Tapajós; 3 – São Francisco; 4 – Tocantins; 5 – Mantiqueira; 6 – Borborema; 7 – Amazônica; 8 – Parnaíba; 9 – Paraná; e 10 – Província Costeira e Margem Continental.

limitada a noroeste pelo Arco de Tocantins, que a separa da Fossa de Marajó e da Bacia Paleozóica do Amazonas. Tem como limite a sul-sudeste o Arco do São Francisco, que a separa das bacias do São Francisco e de Lençóis. Suas margens leste e oeste são limitadas, respectivamente, pelos escudos Brasil-Costeiro (Atlântico) e Brasil-Central; neste caso, o limite com o Cráton Amazônico se dá pela Geossutura Tocantins-Araguaia. Na sua porção norte, estão implantadas as bacias marginais cretácicas de Barreirinhas e de São Luís, com as quais se limita pelo Arco Ferrer-Urbano Santos (figura 2.2).

Os aspectos relacionados a tectônica e sedimentação da Bacia do Parnaíba vêm sendo abordados por diversos autores, entre os quais podem ser referidos Mesner & Wooldridge (1964), Aguiar (1971), Beurlen (1971), Soares *et al.* (1974), Mabesoone & Campanha (1974), Carozzi *et al.* (1975), Lima e Leite (1978), Fortes (1978), Bigarella (1979), Faria Jr. (1984), Cordani *et al.* (1984), Zembruscki & Campos (1988), Góes (1990), Hasui *et al.* (1991), Costa *et al.* (1991) e Fortes (1992); cabe referir que os primeiros registros relacionados a bacia remontam, conforme pode ser inferido de Schobbenhaus *et al.* (1984), aos trabalhos de Small (1913) e Lisboa (1914).

A evolução cinemática da bacia foi marcada, conforme Costa *et al.* (1991) e Hasui *et al.*(1991), por dois eventos tectônicos distintos, localizados nos intervalos Ordoviciano-Triássico e Jurássico-Mioceno/Recente (Neotectônica). Ao primeiro, relacionam a compartimentação da bacia em duas porções triangulares separadas pelo Lineamento Transbrasiliano.

Um eixo extensional NW-SE, que atuou durante a abertura do Oceano Atlântico I (Wilson, 1966) no Paleozóico, induziu um sistema de *grabens* distribuídos por toda a bacia, orientados de nordeste a norte, e que podem ser evidenciados (Góes *et al.*, 1990), por informações sísmicas, inferências gravimétricas e dados de poços.

A matriz brasiliana, conforme descrito por Fortes (1992), seria constituída por um feixe de falhas nordeste de desenvolvimento transcorrente sinistral, condicionante de sistema de *grabens* sigmoidais da Bacia do Parnaíba e deposição do Grupo Serra Grande (formações Ipu, Tianguá e Jaicós) sob condições flúvio-deltaicas a marinho raso; o término da sedimentação deste grupo é marcado (Góes *et al.*, 1990) pelos efeitos da Orogenia Caledoniana, resultando em uma discordância de caráter regional.

Os sedimentos sobrepostos do Grupo Canindé evidenciam ainda a influência de feições preexistentes no processo deposicional, marcando o clímax de subsidência tectônica e resultando (Góes *et al.*, 1980) em uma maior expressão do corpo aquoso. Se destacam aqui os lineamentos Transbrasiliano (Sobral - Pedro II) e Picos - Santa Inês com direções, respectivamente, NE-SW e NW-SE. O encerramento do ciclo deposicional Canindé é marcado por uma notável discordância regional (Góes *et al.*, *op. cit.*) associada aos efeitos da Orogenia Eo-Herciniana.

No Carbonífero médio, a bacia sofreu fraca inversão, sendo retomada a sedimentação com a deposição do Grupo Balsas (formações Piauí, Pedra de Fogo, Motuca e Sambaíba) em ambiente de mar interior que foi substituído, progressivamente, por condições francamente continentais com desertificação em toda a bacia.

A partir do Jurássico a bacia esteve sujeita à atuação de um eixo extensional ENE-WSW (Costa *et al.*, 1991; Hasui *et al.*, 1991) relacionado ao processo de fragmentação dos continentes Africano e Sul-Americano, o qual

Figura 2.2 – ***Mapa de localização da Bacia do Parnaíba em relação às principais feições estruturais da Placa Sul-Americana (modificado de Mesner & Wooldridge, 1964).***

resultou no desenvolvimento do Oceano Atlântico Equatorial. No intervalo Jurássico-Cretáceo depositaram-se as formações Pastos Bons (fluvial e lacustre), Corda (eólico e fluvial), Grajaú (eólico continental), Codó (marinho restrito, marinho transicional e deltaico) e Itapecuru (fluvial e transicional de planície deltaica e de maré), as três últimas restritas à porção norte-noroeste da bacia. Nesta etapa, ocorrem repetidos pulsos de compressão/extensão ao longo da margem equatorial, com reativação transcorrente do Lineamento Transbrasiliano (reativações Neocomiana e pós-Aptiana da Falha de Sobral; Szatmari *et al.*, 1987); significativo magmatismo básico; movimentação extensional das estruturas das bordas oeste, norte e este da bacia; e subsidência da margem norte.

No Eo-Cretáceo, conforme Szatmari *et al.* (*op. cit.*), ocorreu compressão NNE-SSW com a qual se relaciona a formação do Arco Ferrer-Urbano Santos. Durante a Idade Alagoas, em parte coincidente com o Aptiano, ocorreu propagação do rifteamento ao longo da margem equatorial. Parte da sedimentação da Bacia do Parnaíba herdada destes episódios é correlacionável com os depósitos pré-*rift* de algumas bacias cretácicas do Nordeste brasileiro. A estratigrafia da bacia é apresentada na figura 2.3, extraída de Zembruscki & Campos (1988).

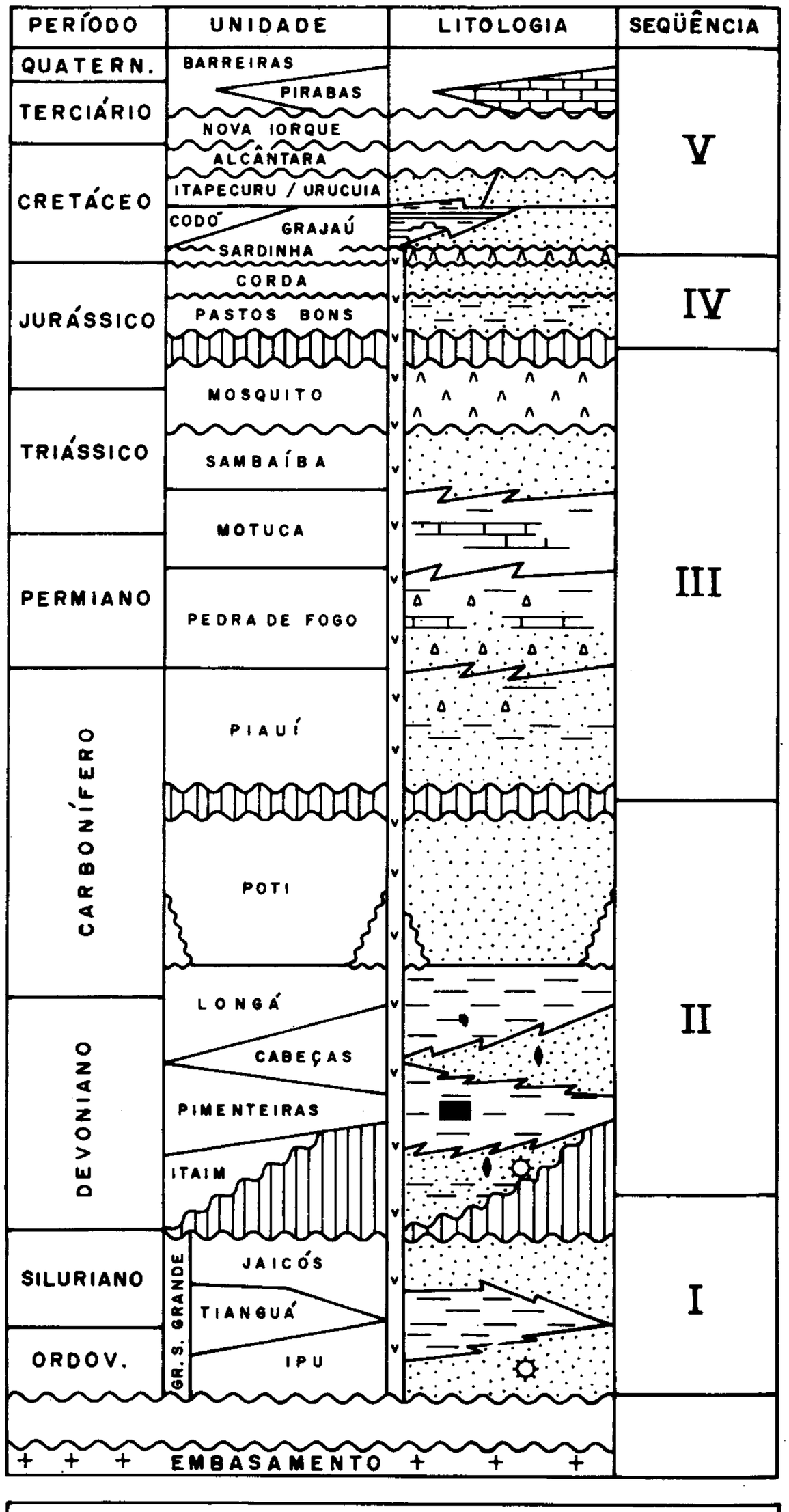


Figura 2.3 – ***Coluna estratigráfica generalizada da Bacia do Parnaíba (Campos, 1985).***

2.2 Estratigrafia e Descrição das Unidades

As unidades estratigráficas aflorantes na Folha Presidente Dutra pertencem, na sua maioria, à Bacia Intracratônica do Parnaíba. Foram definidas e individualizadas na área dez unidades estratigráficas, a seguir descritas, conforme a figura 2.4.

Unidades Crono-Estratigráficas				Unidade Estratigráfica	Litologias	Ambiência Geológica	Potencial Mineral
EON	ERA	Período	Época				
FANEROZÓICO	**Coberturas Quaternárias**						
	CENOZÓICO	Quaternário	Holoceno	Aluviões QHa	Areias finas a médias, siltes e argilas	Continental-fluvial meandrante	Areia e Argila.
				Cobertura Detrítica QHd	Areia esbranquiçada, fina, solta, resultante de processos de arenização (desertificação).	Continental-sistema eólico	
		Coberturas Tércio-Quaternários					
		Tércio-quaternário	Plio-pleistoceno	FM. Barreiras Tb	Arenitos avermelhados, maciços, caulínicos e conglomerados de canga ferruginosa, com raros seixos de síliex branco Ocasionalmente, linhas de seixos.	Continental-fácies de leques terrígenos.	Piçarras
	Bacia do Parnaíba						
	MESOZÓICO	Cretáceo	Superior	FM. Itapecuru Ki1/Ki2	Ki1 - arenitos muito finos pelitos intercalados, de cores avermelhadas com tons amarelados e esbranquiçados, micáceos, apresentando laminações plano-paralelas e onduladas, encontrando-se bastante fluidizado.	Transicional: fácies de planície de maré.	Argila e caulin
					Ki2-arenitos finos a médios, feldspáticos, micáceos, róséo-amarelados, com formas lenticulares, estratificação sigmoidal e plano-paralela, intercalados com pelitos avermelhados, com partes esbranquiçadas (caulinizadas).	Transicional: fácies de frente deltaica.	
			Inferior	FM. Codó FM. Grajaú Kc/Kg	Kc-pelitos cinza esverdeados e avermelhados com laminação plano-paralela, intercalados com arenitos calcíferos e calcários nodulares, fossilíferros, creme e amarelados, com laminação ondulada. Níveis de silexito e gipsita associados.	Marinho raso a planície de maré superior	Calcário, gipsita e argila.
					Kg-arenitos finos a médios, creme a róseo-avermelhados, bimodais, pintalgados de caulim, com estratificação cruzada acanalada e tangencial de grande porte. Localmente intercalações de pelitos avermelhados e conglomerados.	Continental-ambiente de sértico com sistema eólico-dunas e localmetne interdunas e depósitos de enxurradas ("wadis").	Areia, arenito para lajes de calçamento e construção civil, e arenito silicificado para brita.
		Jurássico	Superior	FM. Corda JSc	Arenitos finos a médios, creme-amarelados, quartzosos, bimodais, com estratificação plano- paralela e cruzada de grande porte. Intercalam-se pelitos arroxeados e, localmente, conglomerados.	Continental-ambiente desértico com sistema eólico-dunas e interdunas. Localmente, depósitos de enxurradas ("wadis").	Areia e arenito para brita. Localmente argila.
			Médio- Superior	FM. Pastos Bons Jpb	Arenitos finos e muito finos, intercalados com pelitos arroxeados, com laminação plano-paralela e ondulada, "wavy" e silexitos e lentes de calcários silicificadas. Arenitos finos, bimodais, com estratificação cruzada de grande porte, associados.	Continental-lacustre com influência eólica.	Argila
		Triássico Inferior a Jurássico Superior		FM. Mosquito TRJm	Rochas básicas cinza-esverdeadas a pretas, textura porfirítica, matriz afanítica e isótropas.	Continental-lavas básicas	Material para brita.
	Paleozóico	Permiano	Superior	FM. Motuca Pm	Alternância rítmica de arenitos finos a muito finos, esbranquiçados, e pelitos avermelhados, micáceos, com laminação plano-paralela	Continental-lacrustre.	Argila

Figura 2.4 – ***Coluna estratigráfica para a Folha Presidente Dutra incluindo o potencial mineral.***

2.2.1 Formação Motuca – Pm

A Formação Motuca foi definida originalmente por Plummer *et al.* (1948), para designar os folhelhos de cor vermelho-tijolo com intercalações de calcário, gipsita e anidrita, sobrejacentes aos estratos da Formação Pedra de Fogo, que afloram nos arredores da Fazenda Motuca, entre São Domingos e Benedito Leite (MA), sendo considerada como pertencente ao Triássico.

Campbell *et al.* (1949) englobaram nesta unidade os membros Pastos Bons e Caxias, e a consideram de idade juro-cretácea.

Oliveira (1961) concluiu que a Formação Motuca teria se depositado do Permiano Superior ao final do Triássico.

Mesner e Wooldridge (1964) correlacionaram a unidade com a Formação Rio do Rasto da Bacia do Paraná, através de evidências fossilíferas, e lhe atribuíram uma idade neopermiana. Referiram a cor vermelho-tijolo como a característica mais marcante dos folhelhos e arenitos Motuca, e a descreveram como uma seqüência alternante desses litótipos com delgadas camadas de calcário e dolomito; no seu terço inferior citaram a ocorrência de camadas de anidrita com 3m a 20m de espessura. Estimaram uma espessura de 265m para esta formação.

Northfleet & Melo (1967) posicionaram a Formação Motuca no intervalo estratigráfico compreendido entre as formações Pedra de Fogo e Sambaíba, com uma espessura variando de 130m a 170m.

Aguiar (1971) dividiu a Formação Motuca em três membros: um inferior arenoso; um médio com predominância de folhelhos, calcários e anidrita; e um superior também arenoso, ratificando o caráter concordante desta unidade com as formações Pedra de Fogo e Sambaíba. Relata que, com esta última, tem contato gradacional e de difícil precisão. Observou uma espessura de 107m de sedimentos Motuca na região de São Raimundo das Mangabeiras.

O Projeto Estudo Global dos Recursos Minerais da Bacia Sedimentar do Parnaíba (Lima & Leite, 1978), realizado pela CPRM, adotou como Formação Motuca a proposição de Plummer *et al.* (1948), a mesma usada no presente trabalho.

A Formação Motuca ocorre em uma área restrita, na porção nordeste da folha, margeando o rio Itapecuru nas proximidades da cidade de São João dos Poleiros.

Apresenta um relevo suave, pouco acidentado, caracterizando-se tipicamente pela drenagem dendrítica acentuada e destacando-se em fotografias aéreas e imagens de radar.

Existem várias citações sobre a espessura da Formação Motuca na Bacia do Parnaíba, sendo que a maior foi constatada no furo de sondagem 2-MG-1-MA, executado pela PETROBRÁS, onde atingiu 296m, segundo Aguiar (1971). Na área mapeada, esta formação atingiu 207m, como constatado no furo 1-PD-1-MA (PETROBRÁS), distante 7km a sudoeste da cidade de Presidente Dutra.

A Formação Motuca está representada por intercalações de arenitos e pelitos. Os arenitos são finos a muito finos, esbranquiçados, de aspecto sacaroidal, com grãos bem arredondados e bem selecionados e friáveis com laminações plano-paralelas. Os pelitos são avermelhados, micáceos, com laminações plano-paralelas. Apresenta estruturas de fluidização e aspecto listrado. O conjunto mostra ritmicidade das camadas tabulares e caráter horizontalizado, achando-se cortado por freqüentes fraturas verticalizadas de direções N30°W e N70°E. Finos veios de calcita cortam o acamadamento, tanto concordante como discordantemente.

O contato com a Formação Corda, sobrejacente, é normal e está claramente exposto na margem do rio Itapecuru, na rodovia BR-226, a leste de Presidente Dutra.

Na Formação Motuca existem evidências da atuação de processos trativos, como ondas, e exposições subaéreas, indicando que a mesma foi depositada em um ambiente fluvial a lacustre. Adicionalmente, a sua íntima associação com a fácies eólica da Formação Corda, permite colocá-la no contexto de um sistema desértico.

Mesner & Wooldridge (1964) constataram a presença do gastrópode *Pleurotomaria sp.*, que também ocorre no Permiano do Peru, e registraram a presença de peixes fósseis semelhantes aos peixes permianos *Paleoviscus* e *Elovichtys*, atribuindo idade neo-permiana a esta formação. Estes autores correlacionaram a Formação Motuca à parte superior da Formação Sucunduri (Bacia do Amazonas) e ao Grupo Rio do Rasto (Bacia do Paraná).

2.2.2 Formação Mosquito – TrJm

A Formação Mosquito foi denominada por Aguiar (1969) para os derrames basálticos, com intercalações de arenitos, aflorantes no rio Mosquito, a sul de Fortaleza dos Nogueiras (MA). A localidade-tipo é o vale do rio, no trecho compreendido entre Malhada Alta e Tingui. O citado autor descreve cinco membros para a unidade: Basalto Inferior; Macapá; Basalto Médio; Tingui; e Basalto Superior. Os membros Macapá e Tingui são formados por arenitos vermelhos e siltitos róseos com intercalações de sílex, correlacionáveis à fácies Macapá da Formação Corda de Campbell (1949), e posicionados estratigraficamente entre as formações Sambaíba e Corda, no Triássico.

Lima & Leite (1978) adotam como Formação Mosquito a proposta de Aguiar (1969), ressalvando entretanto a não-identificação do Membro Tingui, que admitem tratar-se do mesmo membro sedimentar Macapá. Relatam que a unidade é formada essencialmente por basaltos toleiíticos, amigdaloidais, havendo apenas uma intercalação lenticular e restrita à região de Fortaleza dos Nogueiras, denominada Membro Macapá.

Regionalmente, os derrames basálticos da Formação Mosquito ocorrem com maior intensidade na região centro-oeste da bacia sedimentar do Parnaíba, podendo também aflorar localmente em faixas descontínuas, em geral alinhadas segundo as direções preferenciais E-W e NE-SW (Lima & Leite, 1978).

Nos locais onde predomina esta formação ocorre um relevo colinoso, mostrando um padrão de drenagem dendrítica, com grande número de tributários, e uma vegetação bastante desenvolvida, sobressaindo árvores de médio a grande porte.

Na Folha Presidente Dutra, a Formação Mosquito restringe-se a corpos isolados, com formas alongadas, situadas na porção sudeste da área, mais especificamente nas proximidades das cidades de Fortuna, Buriti Bravo e Calumbi.

A espessura total destes derrames é bastante variável. Na região de Imperatriz (MA) apresentou 175m no furo IZst-1-MA (Mesner & Wooldridge, 1964), enquanto que nas localidades de Grajaú e Fortaleza dos Nogueiras, mais a leste, atingiu cerca de 130m, no furo NGst-1-MA.

Na área em estudo, estima-se uma espessura de aproximadamente 130m para os derrames basálticos desta formação.

Seis quilômetros a oeste de Buriti Bravo, em corte da rodovia MA-132, observa-se o truncamento e o capeamento dos basaltos da Forma-

ção Mosquito pelos arenitos e pelitos avermelhados da Formação Pastos Bons, com uma certa contemporaneidade entre os derrames basálticos e a deposição dos sedimentos areno-pelíticos.

Na parte sudeste da folha, ocorrem também sob a forma de soleiras de rocha do tipo basalto/gabro, de coloração cinza-escura a preta, textura porfirítica, isótropos, onde fenocristais prismáticos de grão médio a fino (1 a 5mm), de plagioclásio e máficos, estão imersos em matriz afanítica.

Microscopicamente, a rocha apresenta textura porfirítica (basalto) a hipidiomórfica ou intergranular (gabro), granulação média a afanítica, sendo constituída essencialmente de plagioclásio e piroxênio. A matriz é fina a afanítica e são comuns os intercrescimentos esferulíticos entre quartzo e plagioclásio e de plagioclásio em leque do tipo *branching*, indicadores de resfriamento rápido em condições hipabissais. A associação plagioclásio + piroxênio sugere composição basalto/ gabro e a textura é indicativa de derrame. Em certas zonas, decompõe-se em material argiloso de coloração marrom-avermelhada.

As rochas ígneas básicas que ocorrem na Bacia do Maranhão são produtos de ativação tectônica da Plataforma Brasileira. Este fe-nômeno geológico representa a reorganização estrutural de uma região cratonizada, através de uma fragmentação em blocos, ao longo de antigas fraturas ou de outras neoformadas.

Lima & Leite (1978), através de dados radiométricos, posicionaram os derrames basálticos da Formação Mosquito da borda oeste da bacia no período Triássico Superior-Jurássico. Este mesmo posicionamento estratigráfico já havia sido sugerido por Mesner & Wooldridge (1964). Na parte oriental da bacia, Lima & Leite (*op. cit.*) confirmaram a idade eocretácea das soleiras e diques de basaltos, equiparando-os em tempo aos derrames da Formação Sardinha.

2.2.3 Formação Pastos Bons – Jpb

Lisboa (1935) usou pela primeira vez a designação Camadas Pastos Bons para caracterizar os folhelhos e arenitos esverdeados e marrom-avermelhados que ocorrem nas vizinhanças da cidade de Pastos Bons (MA).

Plummer *et al.* (1948) consideraram as camadas Pastos Bons de Lisboa (*op cit.*), como membro inferior de sua Formação Melancieiras (Cretáceo), sendo o membro superior o Arenito Sambaíba. Denominaram de São João dos Patos, o conglomerado basal do Membro Pastos Bons, com seixos de sílex retrabalhados da Formação Pedra de Fogo.

Campbell *et al.* (1949) consideraram as camadas Pastos Bons como membro superior da Formação Motuca, de idade juro-cretácea. Campbell *et al.* (1949) passaram a denominar o conjunto Motuca-Sambaíba como Formação Pastos Bons.

Luz (1959) propôs elevar à então Formação Pastos Bons à categoria de grupo, e seus membros a formações.

Mesner & Wooldridge (1964), estudando o posicionamento estratigráfico da Unidade Pastos Bons, sugerem idade do Triássico Superior, posicionando-a discordantemente sobre a Formação Motuca e abaixo da Formação Sambaíba.

Lima & Leite (1978) adotaram o conceito de Lisboa (1935) e consideraram como Formação Pastos Bons, o conjunto de arenitos e *mudstones* que assentam discordantemente sobre a Formação Pedra de Fogo, no vale do riacho Pedra de Fogo, a sul da cidade de Pastos Bons. Entretanto, foram considerados como pertencentes à Formação Corda, os arenitos

que recobrem concordantemente a Unidade Pastos Bons na região da seção-tipo.

A Formação Pastos Bons ocorre de maneira segmentada nas partes sudeste e centro-sul da Folha Presidente Dutra. Na porção sudeste, suas áreas de exposição compreendem as circunvizinhanças da cidade de Buriti Bravo e seguem os cursos dos rios Balseiro e Correntes, constituindo formas alongadas e irregulares. Na parte centro-sul, aparece na região da Serra das Alpercatas, seguindo zonas dissecadas e deprimidas em um contexto de relevo alçado, com formatos arredondados irregulares e com um certo balizamento por falhas de direções NE-SW e NW-SE. No cômputo geral, as zonas de exposições dessa unidade dentro da folha abrangem uma pequena área.

Segundo o furo da PETROBRÁS 1-PD-1-MA, realizado a 7,5km a sudoeste de Presidente Dutra, a espessura em subsuperfície dessa formação é de cerca de 37m.

Na Folha Presidente Dutra, o contato da Formação Pastos Bons com a Formação Motuca (subjacente) foi observado somente em um único local, na estrada MA-132, próximo à ponte sobre o rio Correntes. Trata-se de um contato do tipo discordante erosivo, caracterizado por um conglomerado basal com seixos angulosos de silexito, assentado em uma superfície ondulada de erosão. Texturalmente, a Formação Pastos Bons está constituída por pelitos avermelhados, com laminações plano-paralelas incipientes, assentados discordantemente sobre arenitos finos, esbranquiçados, feldspáticos, com matriz argilosa e com grandes estratificações cruzadas tabulares.

O contato superior da Formação Pastos Bons com a Formação Corda é concordante e gradacional, evidenciado em uma exposição a 5,5km ao norte de Colinas. Neste local, os ritmitos areno-pelíticos e arenitos muito finos, fluidizados, da Formação Pastos Bons, ocorrem em conjunto com os arenitos finos com estratificações cruzadas acanaladas, de grande porte, da Formação Corda.

A Formação Pastos Bons, em suas áreas de exposição na região de Buriti Bravo, está representada por ritmitos areno-pelíticos caracterizados pela alternância de arenitos finos a muito finos, esbranquiçados a creme, com grãos de quartzo subarredondados, foscos, às vezes pintalgados de caulim, e pelitos arroxeados a avermelhados, com eventuais intercalações de níveis de silexitos (fotos 2 e 3). O conjunto mostra tabularidade bem nítida das camadas e, como estruturas principais, laminações plano-paralelas e onduladas, *wave* e *linsen* e estruturas de fluidização. Mais para o topo está associado a pacote de arenitos eólicos, finos, marrom-avermelhados, foscos, bem selecionados e bimodais.

Na Serra das Alpercatas, os arenitos são mais finos, argilosos e pintalgados de caulim. Localmente, mostram estratificações cruzadas de grande porte e no conjunto uma estratificação plano-paralela bem desenvolvida, com os litótipos apresentando manchas brancas disseminadas causadas por descoloração supergênica.

A sul de Buriti Bravo, ocorrem camadas lenticulares de calcário de coloração esbranquiçada, de aproximadamente 3m de espessura, parcialmente silicificado, laminado e cortado por vênulas e finos veios de calcita branca e incolor. No conjunto, os bancos de calcário mostram um certo acamadamento plano-paralelo, cortado por um sistema de falhas N60°E e N60°W. Associada a esses níveis carbonatados, aparece uma brecha carbonática com fragmentos angulosos de calcário de 0,5cm a 6cm, envoltos por matriz argilosa, e grandes drusas de calcita. Acima desses calcários ocorre uma camada de pelitos, com aproximadamente 1,5m de espessura, coloração amar-

ronzada a bordô, aparentemente maciços e bastante fragmentados.

A Formação Pastos Bons foi depositada em lago de interdunas, retrabalhando arenitos eólicos.

Lima & Leite (1978), baseados na descrição do conteúdo fossilífero (peixes *macrossemideo* e *pleuropholideo*), consideraram a Formação Pastos Bons de idade jurássica média a superior.

2.2.4 Formação Corda – Jc

Lisboa (1914) usou pela primeira vez o termo Corda para designar os arenitos vermelhos que ocorrem intercalados em basaltos, no vale do rio Mearim.

Campbell *et al.* (1949) concluiu que Grajaú e Corda eram o mesmo arenito, designando de Camadas Grajaú o membro superior da Formação Enxú, que incluía o Membro Diabásio e as Camadas Sambaíba. Posteriormente, designou de Formação Corda, os arenitos sobrepostos aos derrames basálticos e sotopostos aos Folhelhos Codó, distinguindo três fácies: Itaguatins, Macapá e Curador.

Moore (1961) identificou um segundo derrame basáltico, acima dos Arenitos Corda de Campbell *et al.* (1949), e considerou-o de idade cretácica.

Mesner & Wooldridge (1964) consideraram a existência de um segundo derrame situado entre as formações Corda e Codó, atribuindo-lhe, junto com a Formação Corda, idade jurássica.

Northfleet & Melo (1967) incluiram na Formação Corda, os derrames basálticos com duas intercalações sedimentares, sendo estas últimas denominadas de membros Macapá e Fortaleza.

Aguiar (1969) considerou como Formação Corda a seção de sedimentos com espessura em torno de 80m, com intercalações de sílex, de idade jurássica, assentada sobre os basaltos Mosquito e recoberta discordantemente pelos basaltos Sardinha.

Lima & Leite (1979) consideraram como Formação Corda, os arenitos creme, róseos, amarronzados e cinza-arroxeados, com estratificação cruzada laminar, com grãos de alta esfericidade, tendo alguns níveis de sílex, que se sobrepõem discordantemente sobre os basaltos Mosquito e concordantemente sobre os arenitos Pastos Bons.

A Formação Corda tem uma grande área de abrangência na Folha Presidente Dutra, perfazendo em torno de 35% a 40% de sua superfície total. As suas áreas de exposições compreendem as partes centro-sul e oriental da folha.

A espessura da Formação Corda na região poderia ser estimada em aproximadamente 40m, tomando-se por base o contato inferior com a Formação Motuca, nas proximidades da ponte do rio Itapecuru (BR-226), e o contato superior com a Formação Itapecuru, corrigido o gradiente regional do pacote sedimentar.

A Formação Corda está representada por arenitos de cores creme a castanho-amarelado, com tons esbranquiçados, finos a médios, com grãos de quartzo arredondados a subarredondados, foscos, bem a moderadamente selecionados, bimodais, com eventuais intercalações de níveis de pequenos seixos facetados (ventifactos). Podem gradar a arenitos muito finos, arroxeados a esbranquiçados, com matriz argilosa, tendo na base níveis conglomeráticos sob a forma de lentes com grânulos e seixos de até 18cm de sílica, arenitos esverdeados e silexitos, arredondados até angulosos e com imbricação de seixos.

Os depósitos mostram estratificações planoparalelas e cruzadas de grande porte e fluxo de grãos. Apresentam intercalações de pelitos

com estruturas de carga e de fluidização (foto 4). De um modo geral, o conjunto apresenta camadas com geometria tabular de baixa lenticularidade, de coloração avermelhada, do tipo *red beds*.

Os litótipos da Formação Corda depositaram-se em ambiente continental desértico, em dunas eólicas que poderiam atingir grandes tamanhos (*draas*). A sua geometria sugere dunas do tipo *zibar*, que ocorrem em regiões interdunas. Os níveis de pelitos com estruturas de carga e de fluidização são atribuídos à deposição em lagos de interdunas.

A 12,5km sul de São Domingos do Maranhão, no contato entre as fácies eólicas das formações Corda e Grajaú, ocorrem estromatólitos, formando um litostroma dômico pseudo-colunar, cujas pseudo-colunas têm 2cm de altura (Grey, 1989).

Lima & Leite (1978), com base na ocorrência do gênero *Macrolimnadopsis*, bem como seu relacionamento concordante com a Formação Pastos Bons, posicionaram a Formação Corda como pertencente ao Jurássico Superior.

2.2.5 Formação Grajaú – Kg

Lisboa (1914) denominou de Série Grajaú, os arenitos amarelos e friáveis, capeados por arenitos silicificados, que constituem o platô do Grajaú.

Gonzaga de Campos (*in* Maury, 1924), estudando os sedimentos cretácicos do vale do Itapecuru, não os separou em unidades, e esses mais tarde foram considerados por Oliveira e Leonardos (1943) como Série Grajaú, com ampla distribuição geográfica, englobando várias unidades que foram posteriormente consideradas como formações.

Lisboa (1935) atribuiu idade cretácica e introduziu a designação Arenito Grajaú à seção sotoposta aos sedimentos da Formação Codó, estabelecendo assim o seu posicionamento.

Diversos autores (*e.g.* Campbell *et al.*, 1949; e Mesner & Wooldridge, 1964) não reconheceram a individualidade desse arenito e consideraram a unidade em questão como um membro da Formação Corda.

Aguiar (1969) usou o termo Formação Grajaú no sentido de Lisboa (1935), posicionando os arenitos discordantemente sobre os basaltos Sardinha ou sobre os arenitos da Formação Corda. Diferenciou destes últimos por serem limpos e sem a fração argilosa, e em superfície apresentarem-se quase sempre silicificados.

Carneiro (1974) admitiu a contemporaneidade deposicional e interdigitação entre as formações Codó e Grajaú, e contatos concordantes com a Formação Itapecuru (superior), e com a Formação Corda (subjacente).

Lima & Leite (1978) utilizaram a definição proposta por Carneiro (1974), admitindo uma correspondência cronoestratigráfica e interdigitação entre as unidades Grajaú e Codó, orientação também seguida neste relatório.

A Formação Grajaú encontra-se exposta na Folha Presidente Dutra em uma extensa faixa alongada, com direção aproximadamente E-W, representando mais ou menos 20% da área mapeada.

Seus estratos constituem chapadas de pequena continuidade lateral e pouca expressão topográfica, com coberturas arenosas, possuindo uma rede de drenagem superficial rarefeita devido à alta porosidade de suas rochas. Os afloramentos são relativamente escassos e também podem mostrar quebras topográficas abruptas no seu relevo, devido ao parcial endurecimento proveniente da silicificação de suas areias, como ocorre a sul de São Domingos do Maranhão.

Esta unidade apresenta uma espessura aflorante variável, com um espessamento maior de

oeste para leste. Lima & Leite (1978) citam que na região de Imperatriz atinge de 7m a 10m, e em Grajaú entre 6,5m a 25m de possança. Na região de Presidente Dutra, a Formação Grajaú alcançou 38m de espessura, em furo realizado pela Petrobrás (1-PD-1-MA).

A Formação Grajaú mostra contemporaneidade deposicional com a Formação Codó, estando os seus sedimentos interdigitados em contato transicional. Pequenos corpos da Formação Grajaú, interdigitados com a Formação Codó, podem ser observados a sul da cidade de Presidente Dutra. A 34,4km dessa cidade, na BR-226, ocorre em contato concordante com a Formação Itapecuru.

A Formação Grajaú é constituída por arenitos finos a médios, creme-amarelados a esbranquiçados, com grãos arredondados a subarredondados, foscos, eventualmente brilhantes, bimodais e bem selecionados, às vezes pintalgados de caulim. Estruturalmente, mostram laminações plano-paralelas, *grain-flow* e *grain-fall*.

Ocasionalmente, ocorrem intercalações de finas lentes de conglomerados imaturos (*wadis*) depositados em regime de enxurradas, com clastos que variam de grânulos a seixos, de sílica e de arenitos eólicos da Formação Corda, com formatos arredondados a bem angulosos.

Podem apresentar intercalações de argilitos (até 2m), de colorações arroxeada, creme a esbranquiçada, com incipientes laminações plano-paralelas. O conjunto apresenta camadas tabulares de baixa lenticularidade e estratificações plano-paralelas bem desenvolvidas ou estratificações cruzadas tabulares e acanaladas de grande porte. Às vezes, mostram estratificações cruzadas, cujos *foresets* têm terminação brusca no encontro a conjuntos com estratificação plano-paralela e estratificações cruzadas transladantes.

Na Formação Grajaú, os arenitos bimodais com estratificação cruzada de grande porte são interpretados como produtos de deposição eólica em um sistema desértico, em cujas regiões interdunas se depositavam os arenitos com estratificações plano-paralelas e cruzadas de pequeno porte. A associação desses arenitos com pelitos (argilitos e siltitos) é interpretada como deposição por rios efêmeros desembocando em áreas lacustres interdunas (fotos 5, 6 e 7).

Os estromatólitos de sua base seriam um diagnóstico de lago tipo *sabka* continental, onde se formou um tapete algal (lama com estromatólitos).

A 10km sul de Presidente Dutra, na rodovia BR-135 (Presidente Dutra-Colinas), foram encontrados icnofósseis associados aos sedimentos de fácies eólica da Formação Grajaú, que fazem parte da icnofácies *Scolithos* (Selley, 1988). Esses icnofósseis, que caracterizam a zona de intermaré, ocorrem na interfácies de retrabalhamento dos sedimentos eólicos por processos marinhos. A ocorrência desses fósseis é diagnóstica da linha de costa, no contato entre sedimentos continentais e marinhos.

A Formação Grajaú é considerada, por sua relação estratigráfica com a Formação Codó, como pertencente ao Cretáceo Inferior (idade do Neo-Aptiano ao Eo-Albiano).

2.2.6 Formação Codó – Kc

Lisboa (1914) descreveu pela primeira vez esta unidade, composta por uma associação de folhelhos betuminosos e calcários que ocorrem no vale do rio Itapecuru, na região de Codó (MA).

Mesner & Wooldridge (1964) indicaram uma idade eo-cretácea, e estimaram uma espessu-

ra de 220m para a Formação Codó, constituída por três unidades: a inferior, mostrando folhelhos pretos e betuminosos, com intercalações de lâminas de calcários altamente fossilíferos; a média, de arenitos, com fósseis marinhos; e a superior, de folhelhos cinza, com fósseis de gastrópodes marinhos. Estabeleceram um ambiente lagunar e de mar residual para esta unidade.

Aguiar (1969) assinalou que o contato da Formação Codó, posicionada entre as formações Grajaú e Itapecuru, é concordante.

Rezende & Pamplona (1970) estudaram o desenvolvimento paleoambiental desta formação, relacionando-o à evolução do Arco Ferrer-Urbano Santos, e a dividiram em três seções, baseados em dados de furos estratigráficos.

Carneiro (1974) concluiu que as formações Codó e Grajaú são interdigitadas e equivalem-se cronoestratigraficamente, admitindo que o contato superior com a Formação Itapecuru é concordante, salvo pequenas discordâncias localizadas. O contato inferior com a Formação Corda é assinalado como concordante, possuindo também discordâncias locais.

Leite *et al.* (1975), baseando-se em dados de sondagens nas regiões de Chapadinha, Afonso Cunha, Buriti e Brejo, no Maranhão, subdividiram a Formação Codó em três seções, com nova definição. A seção inferior formada por conglomerados basais, sobrepostos por folhelhos cinza-esverdeados a pretos, localmente betuminosos, mostrando fraturas preenchidas por pirita, e com intercalações de calcário; encerra este ciclo uma camada de gipsita com 11 metros de espessura. A parte média, iniciada por um conglomerado polimítico com seixos representativos da seção inferior, retrabalhados, e com pirita disseminada, passa para folhelhos cinza-esverdeados, fossilíferos, com ostracodes, e encerra com margas esverdeadas, piritosas, com ostracodes, lamelibrânquios e gastrópodes. A seção superior seria constituída por arenitos finos e siltitos cinza, carbonosos, com restos vegetais carbonizados, calcíferos e piritosos.

Lima & Leite (1978), apesar de adotarem como Formação Codó os conceitos de Lisboa (1935) e Campbell (1949), seguem as subdivisões propostas por Leite *et al.* (1975), confirmando a interdigitação entre Codó e Grajaú proposta por Carneiro (1974).

Fernandes e Piazza (1978) apresentaram um estudo sobre o potencial oleogenético desta formação, subdividindo-a estratigraficamente em três membros: inferior, com folhelhos pirubetuminosos, com leitos de calcário e siltito; médio, predominantemente arenoso; e superior, com um leito de calcário na base, sobreposto por folhelhos escuros.

Lima & Leite (1978), utilizaram os conceitos de Lisboa (1914) e Campbell *et al.* (1949), admitindo, no entanto, as subdivisões propostas por Leite *et al.* (1975), como orientação para os trabalhos de campo. Também confirmaram a proposta de Carneiro (1974), relacionando o interdigitamento entre as formações Codó e Grajaú. Posição semelhante foi adotada neste trabalho.

Os sedimentos da Formação, Codó ocorrem principalmente na porção N-NW da Folha Presidente Dutra, abrangendo as cidades de Presidente Dutra, Tuntum, e mais localmente nas imediações dos lugarejos de Chapadinha e Santa Vitória, representando cerca de 15% da área mapeada.

Suas exposições aflorantes são geralmente restritas e descontínuas, normalmente preenchendo os vales dos principais cursos fluviais. O seu relevo é comumente plano-ondulado, sem destaques topográficos significativos, devido ao caráter essencialmente pelítico de suas litologias.

A espessura desta unidade é de difícil precisão, devido à suavidade do seu relevo, e também a má preservação dos seus afloramentos. Carneiro (1974) estimou, para esta formação, a espessura de 75m a 80m na região de Sítio Novo-Grajaú. Lima & Leite (1978) constataram ao longo do rio Tocantins até a região do povoado de São José do Mearim (norte de Barra do Corda), espessuras em torno de 20m; a norte de Marabá, 15m; e nas regiões de Codó e Esperantina não mais que 12m. Nos poços estratigráficos 1UN-23-PI (Buriti), 1UN-25-PI (Afonso Cunha) e PMst-1-MA (Pindaré-Mirim), os perfis litológicos registram seções completas da Formação Codó, com 85m, 104m e 185m, respectivamente. Na Folha Presidente Dutra, esta formação atingiu 112m de espessura, através do furo de sigla 1-PD-1-MA, executado pela PETROBRÁS.

Em suas áreas de exposições, os sedimentos da Formação Codó apresentam uma interdigitação e uma equivalência cronoestratigráfica com os arenitos da Formação Grajaú.

O contato superior com a Formação Itapecuru é transicional e concordante, através de uma superfície ondulada, marcada por um conglomerado intraformacional (Estação SR-03), conforme mostrado na BR-226, a 12,9km oeste de Presidente Dutra.

Texturalmente, a Formação Codó está constituída por pelitos (siltitos e argilitos) de colorações cinza-esverdeada, avermelhada e bordô. Geralmente, estão intemperizados e apresentam intercalações de camadas e lentes de calcarenitos cinza-claro, finos, maciços ou finamente laminados, caracterizados pela alternância com lâminas de calcilutitos (mais escuros). Em determinados níveis, esses calcarenitos têm caráter fossilífero, com a ocorrência de pequenos fósseis de gastrópodes, ostracodes e de conchostráceos (lamelibrânquios), apresentando estruturas oolíticas, pisolíticas, estilolíticas e de escape.

Ocasionalmente, esses calcarenitos estão associados a lentes de gipsita de cor cinza-esbranquiçada a rosa, aspecto maciço, granulometria fina a média, com minerais de hábito fibroso e lamelar. O conjunto apresenta aleitamento irregular ondulado. Dentro dessa seqüência essencialmente pelítica pode ocorrer uma alternância com arenitos finos a muito finos, cor amarelada, com estratificações cruzadas tangenciais de baixo ângulo, sigmoidais. Nesse caso, as camadas são tabulares de baixa lenticularidade. Menos freqüentemente aparecem finas intercalações de silexitos esbranquiçados a cinza, evidenciados pelos seixos disseminados na superfície do terreno em zonas de predominância de pelitos intemperizados.

A presença de pelitos com intercalações de calcarenitos na Formação Codó leva à interpretação de grandes oscilações do nível do mar. No entanto, as seguintes relações de campo sugerem uma interpretação diversa:

a) Associação com a Formação Grajaú, que apresenta no contato estratificação plano-paralela logo acima de *sets* de estratificação cruzada;

b) Icnofósseis da fácies *scolithos* no contato Grajaú/Codó; e

c) Gipsita, especialmente associada a marcas onduladas.

De acordo com essas relações, a Formação Codó pode ser interpretada como depositada em uma planície de maré superior, em clima hiperárido.

Baseado no conteúdo fossilífero, Lima (1981; *apud* Caputo, 1984) coloca a Formação Codó no Neo-Aptiano a Eo-Albiano. As evidências palinológicas permitem correlacionar a mesma com as formações Barro Duro e Arpoador, da Bacia de Barreirinha; com a Formação Santana, do platô do Araripe; e com a Formação Riachuelo, da Bacia Alagoas-Sergipe.

Foi coletada, a 4km a norte de Presidente Dutra, uma amostra de calcário fossilífero cuja análise pelo Laboratório Central de Análises Minerais (LAMIN/CPRM) detectou macrofósseis dos tipos *mollusca*, *gastropoda*, *turritellidae*, *cerithadae* (?) e *cassiopidae*, e formas indeterminéveis de *lamellibranchiata*. A análise para microfósseis e conteúdo palinológico resultou negativa.

Embora a geocronologia não tenha sido determinada, devido à ausência de dados para datação biocronológica, estas informações confirmam a interpretação ambiental antes referida.

2.2.7 Formação Itapecuru – Ki1/Ki2

A primeira menção bibliográfica à Formação Itapecuru é de Lisboa (1914) que denominou de Camadas Itapecuru, os sedimentos aflorantes nos vales dos rios Itapecuru e Alpercatas, a norte da cidade de Pastos Bons (MA), atribuíndo-lhes possível idade permiana.

Campbell (1947), descrevendo esta unidade, denominou-a de Formação Serra Negra. Posteriormente, passou a usar o termo Itapecuru, atribuindo-lhe idade cretácica e posicionando-a em discordância local sobre a Formação Codó.

Mesner & Wooldridge (1964) consideraram a Formação Itapecuru como de idade albiana, correlacionando-a com a Formação Tutóia da Bacia de Barreirinhas.

Northfleet & Neves (1967), para a região sul da bacia, assim como Barbosa *et al.* (1966), para o flanco oeste, correlacionaram esta unidade com a Formação Urucuia.

Aguiar (1969), citando Molnar & Urdinéa (1966), faz referência na região do baixo Gurupi de sedimentos equivalentes à Formação Itapecuru assentados diretamente sobre o embasamento cristalino.

Lima & Leite (1978) adotaram o exposto por Campbell (1949) para designar um conjunto de arenitos variegados com intercalações de siltitos e folhelhos avermelhados, que recobre concordantemente a Formação Codó.

A Formação Itapecuru ocorre essencialmente nas porções norte e noroeste da folha. Na parte norte, aparece em uma faixa que abrange desde a cidade de Gonçalves Dias, em direção a sul, até as imediações de São Domingos do Maranhão; no noroeste, desde os lugarejos de Santa Vitória e Anapuru, em sentido sul, até as proximidades dos lugarejos de Lagoa Nova e Alagoinha. Representa aproximadamente 20% da área mapeada.

Ocorrem dois tipos distintos de relevo, dependendo da composição litológica de seus sedimentos. Nas regiões em que predominam arenitos finos, observam-se mesetas ou extensos chapadões tabulares, geralmente terminando em escarpas abruptas, quase sempre com expressivo destaque topográfico. Quando a fração argila é dominante, apresenta um relevo dissecado, com drenagem densa, tendendo a formas de padrão dendrítico.

Perfis de furos estratigráficos indicam uma espessura variável para esta formação, indicando 270m, 400m e 600m, respectivamente nos furos VGst-1-MA, PMst-1-MA e PAF-3-MA (Lima & Leite, 1978). Na Folha Presidente Dutra, o furo estratigráfico 1-PD-1-MA, teve seu início na Formação Codó, situada abaixo da Formação Itapecuru. Portanto, não é possível expressar corretamente a espessura desta unidade, que se estima em aproximadamente 60m.

Nas áreas de exposição da Formação Itapecuru, foram distinguidas duas unidades de fácies (Ki1 e Ki2), descritas a seguir.

A Unidade Ki1 compreende a parte centro-norte da folha e consiste da fácies de *sand flat* e *mixed flat*, compreendendo arenitos e pelitos

com camadas de espessuras decimétricas. Tratam-se de arenitos finos, avermelhados com tons amarelados e esbranquiçados, micáceos, algo feldspáticos e com grãos de quartzo subarredondados. As camadas têm baixa lenticularidade e apresentam bases e topos ondulados com estratificações cruzadas, ondulações truncadas e indícios de fluidização. Os pelitos são bordô a amarelados, essencialmente maciços ou mostrando laminações plano-paralelas, onduladas e cruzadas, *wavy* e *linsen, flaser*, freqüentes fluidizações, além de intraclastos de argila.

A Unidade de Fácies Ki2, que abrange o extremo noroeste da folha, está constituída por arenitos róseo-amarelados, finos a médios, feldspáticos, micáceos, com intercalações de pelitos avermelhados a amarelados, com tons esbranquiçados. Associados a essa unidade de fácies, aparecem corpos lenticulares de areia com sigmóides deltaicas, *mud chips* (intraclastos) e ondulações truncadas. O conjunto mostra estratificações sigmoidal e plano-paralela.

Na maior parte das áreas de exposição, os arenitos e pelitos da Formação Itapecuru foram submetidos a processos de laterização, abrangendo principalmente o horizonte mosqueado do perfil laterítico, caracterizado por materiais de alteração intempérica, argilosos (caulínicos) a arenosos, de colorações róseo-avermelhada a avermelhada com tons amarelados e esbranquiçados de aspecto mosqueado - mosqueamento em funções da maior ou menor quantidade de caulim (foto 8).

Às vezes, para o topo, esse perfil evolui para o horizonte concrecionário ou ferruginoso - zona colunar, através da formação de finas cangas limoníticas ou crostas ferruginosas de coloração avermelhada a marrom-avermelhada, com predominância de óxidos de Fe, evidenciadas por matacões e blocos angulosos, dispersos no terreno ou apresentando estruturas concrecionárias colunares, às vezes com feições do tipo tetas de vaca (foto 9). A zona esferulítica está representada pelas estruturas do tipo brechóide e pisolítica. Geralmente, na base das zonas esferulítica e colunar, aparece o horizonte mosqueado.

Segundo dados de campo na Folha Bacabal, onde encontram-se os melhores afloramentos da Formação Itapecuru, foram encontradas evidências de ondulações truncadas (HCS), camadas de topo ondulado, e *mud chips* (intraclastos), que direcionam a uma interpretação de deposição de canais em uma planície deltáica. Os aspectos texturais e estruturais caracterizam para a unidade de fácies Ki1 uma deposição em planície de marés, e à Ki2 em frente deltáica.

Mesner & Wooldridge (1964) consideraram esta formação de idade albiana, correlacionando-a com a Formação Tutóia da Bacia de Barreirinhas.

Miura & Barbosa (1972) localizaram a unidade no Albiano, através de correlação litoestratigráfica da plataforma continental e bacias costeiras adjacentes, dentro dos intervalos cronoestratigráficos marinhos por palinologia e linhas de tempo de extensão regional, incluindo-a na seqüência genética Barro Duro-Arpoador.

Lima & Leite (1978) admitiram idade do Albiano-Cenomaniano para esta unidade, baseados em fósseis encontrados na Bacia de São Luís, em calcários da parte superior da seção Itapecuru (Formação Alcântara).

Colares (1990), através de análise micropaleontológica coletada em sedimentos argilo-arenosos, na localidade de Novo Egito (MA), na BR-316, revelou raros moldes internos de foraminíferos e crustáceos (?) - ostracodes, dentes e escamas de peixe de *chordata*, os quais são posicionados na Era Mesozóica, mais precisamente no Cretáceo.

2.2.8 Formação Barreiras – TQb

Campbell *et al.* (1949) utilizaram o termo Formação Barreiras para designar a parte superior dos depósitos terciários, incluindo areias, siltes, argilas e cascalhos secundários, que constituem depósitos continentais. Esta formação seria composta por material essencialmente local, estando depositada sobre uma superfície irregular, sendo encontrada em diferentes altitudes e repousando sobre formações mais antigas.

Aguiar (1971) afirmou que a Formação Barreiras é encontrada no interior da Bacia do Maranhão, onde recobre as formações paleozóicas, sendo constituída por arenitos mal classificados, finos a grosseiros, brancos a róseo-avermelhados, em geral argilosos, com intercalações de folhelhos róseo-avermelhados.

O Projeto RADAM (1973) considera como pertencentes à Formação Barreiras, de idade terciária, os sedimentos clásticos mal selecionados que variam de siltitos a conglomerados, onde predominam cores amareladas a avermelhadas. Os arenitos são geralmente caulínicos, com lentes de folhelhos, e formam grandes platôs.

Lima e Leite (1978) incluiram no Terciário, os sedimentos imaturos que ocorrem principalmente sob a forma de extensas coberturas arenosas, e também lateríticas, que assentam indistintamente sobre todas as unidades estratigráficas da Bacia do Maranhão.

A espessura da Formação Barreiras não é superior a 18m. O contato inferior com qualquer das unidades estratigráficas mais antigas é discordante, brusco, erosivo, e em regra geral marcado por um nível de conglomerado de seixos e matacões subangulares de canga laterítica ferruginosa e, mais raramente, por seixos subarredondados de sílex branco e acinzentado.

Neste trabalho, foram considerados como pertencentes à Formação Barreiras aqueles depósitos detríticos de remobilização de sedimentos mais antigos, de características areno-argilosa, síltico-argilosa e conglomerática, de cor amarelada e avermelhada, geralmente maciços e localmente com uma grosseira estratificação plano-paralela ou acanalada de grande porte, que sugerem transporte por curtas distâncias. Equivalem aos depósitos da Formação Barreiras de Campbell *et al.* (1949), Aguiar (1971) e RADAM (1973), e com os sedimentos terciários imaturos de Lima & Leite (1978).

A Formação Barreiras ocorre em um amplo *trend* de direção NE-SW em área de domínio de unidade morfoestrutural denominado de Pediplano Central do Maranhão. Seus depósitos, que predominam nas cotas mais altas, caracterizam a porção superior de formas de relevo bastante dissecadas e de evolução complexa, do tipo mesas e tabuleiros de topo plano e de vertentes abruptas, isoladas ou não. Jaz discordantemente e indistintamente sobre todas as unidades estratigráficas mais antigas. Geralmente, apresenta-se laterizada e em alguns locais encontra-se submetida a processos de arenização atuais. Seus limites de ocorrência são muito entrecortados, devido a forte atuação de processos formadores do relevo que vem ocorrendo a partir do Pleistoceno. As áreas de ocorrência têm contornos alongados e irregulares.

Litologicamente, apresenta-se com características peculiares e herdadas das unidades estratigráficas mais antigas que recobre, e das quais se originou a partir da evolução de processos modificadores e formadores de relevo. Os depósitos que ocorrem sobre a Formação Itapecuru estão representados por conglomerados desorganizados, por seixos e matacões de até 20cm, de canga ferruginosa, angulares, de baixa esfe-

ricidade, caoticamente dispersos em matriz síltico-argilosa, amarelo-avermelhada. Esses conglomerados estão sobrepostos por arenitos avermelhados a amarelo-ocre fino a médio, com grãos mal selecionados, quartzosos, de matriz argilosa, com grânulos de quartzo dispersos.

Os depósitos da Formação Barreiras são interpretados como pertencentes à fácies de leques aluviais. Foram gerados por processos de tração, sob condições de regime de fluxo de alta energia, em ambiente continental de clima semi-úmido com períodos de chuvas abundantes e violentas.

Uma base constituída por conglomerados que evidenciam discordância erosional regional, e a ampla distribuição, permite admitir a existência de áreas de alto relevo, adjacentes a outras de baixo relevo.

Sobre a superfície de aplainamento do Ciclo geomorfológico Velhas de King, no Terciário Superior (Mioceno), depositaram-se os sedimentos clásticos terrígenos continentais da Formação Barreiras, considerada de idade plio-pleistocênica. Seus depósitos foram submetidos à processos de denudação e aplainamento, com dissecação de vales, em parte amplos, que atingiram as unidades estratigráficas sotopostas durante a evolução do Ciclo Paraguaçu. Esses processos originaram as feições de tipo plano, características de suas mesas e tabuleiros.

As condições climáticas, associadas às condições paleogeográficas e geomorfológicas, durante e após à deposição da Formação Barreiras, permitiram o desenvolvimento de um perfil laterítico imaturo.

Seu posicionamento estratigráfico, situado acima da Formação Itapecuru, de idade cretácica superior, e as considerações geomorfológicas mencionadas, permitem posicionar a Formação Barreiras na idade tércio-quaternária, entre o Plioceno e o Pleistoceno.

2.2.9 Coberturas de Arenização – QHd

As coberturas resultantes de processos de arenização, cartografadas como QHd, ocorrem na porção nordeste da folha mapeada, em área de domínio da Formação Corda, abrangendo pequena área da sua superfície total.

Litologicamente, é constituída por areias brancas, finas, quartzosas, de seleção regular a boa, limpas, de grãos foscos e hialinos, raramente médios, subarredondados e de esfericidade moderada.

A ocorrência destas areias, que se assemelham às areias de praias, evidencia áreas de desertificação por processos de arenização atual, como conseqüência da destruição da mata nativa e da pobreza do solo da região. Em alguns locais, as areias são quase que totalmente removidas na estação das chuvas, sendo carreadas para as partes mais baixas.

2.9.10 Aluviões – QHa

Na Folha Presidente Dutra, as faixas aluvionares com representação cartográfica compreendem os cursos dos rios Itapecuru e Mearim, e dos riachos São Domingos e Prá Quê. As aluviões compreendem os depósitos quaternários restritos às calhas dos rios, constituídos por areias finas a médias, siltes e argilas.

As aluviões dos rios Itapecuru e Mearim são as mais importantes da área. Geralmente, são corpos de areias de granulometria fina a média, originárias dos bancos marginais a montante, e acumulados por acresção lateral nas zonas de menor velocidade, nos canais de alta sinuosidade ou meandrantes.

3

Geologia Estrutural/Tectônica

Os aspectos tectono-estruturais da Folha Presidente Dutra são descritos a partir de informações da bibliografia, estudos com a utilização de sensores remotos e interpretação de mapas aerogeofísicos.

Segundo Cunha (1986), falhamentos orientados no sentido NE-SW, oriundos de reativações do Lineamento Transbrasiliano, cortam seções paleozóicas e mesozóicas da Bacia do Parnaíba. A morfologia contemporânea revela traços de falhas desse lineamento do embasamento cristalino, que se mantêm ativo até hoje, caracterizando uma fase de neotectônica.

A abertura do Atlântico Norte proporcionou várias fases de esforços compressionais e distensionais no Eo-Cretáceo. Após a sedimentação cretácica, ocorreu um período de estabilidade tectônica, que associada a mudança para um clima quente e úmido, possibilitou o desenvolvimento de processos de laterização sobre a Formação Itapecuru e demais unidades aflorantes (Kotschoubey & Truckenbrodt, 1981; Costa, 1984).

No Terciário, nova manifestação tectônica acarretou modificações na topografia que, aliada à mudança para um clima árido, favoreceu a perda da vegetação e o desmantelamento das crostas lateríticas, formadas no pré-Plioceno, com o estabelecimento da Superfície pré-Barreiras.

Manifestações tectônicas no fim do Terciário e início do Quaternário causaram o soerguimento da cobertura detrítico-laterítica, para os níveis de cotas atuais, provocando novos processos erosivos. Os efeitos desses fenômenos, que se prolongaram até o Pleistoceno, destruiram a superfície aplainada no ciclo anterior, com a fixação da atual rede de drenagem e implantação de uma nova superfície aplainada em cotas mais baixas.

Finalmente, em tempos mais recentes, processou-se uma retomada da erosão, com os principais rios esculpindo os seus vales e seguindo-se a deposição das aluviões recentes.

As interpretações geofísicas foram efetuadas a partir de mapas aeromagnetométrico e gravimétrico (*Bouguer*), na escala 1:1.000.000, confeccionados pela PETROBRÁS. Conforme estes dados, o padrão dominante NW desloca as estruturas NE e N-S. A área caracteriza-se por um escalonamento bem definido de blocos, separados por falhas N-S, resultando em uma seqüência leste-oeste de baixos e altos.

A interpretação da rede de drenagens, dos alinhamentos estruturais visíveis em imagens de radar e a observação do mapa geológico da Folha Presidente, permitiram determinar duas direções principais de alinhamentos estruturais, N40°E ± 15° e N40ºW ± 15°. Secundariamente, foram registradas as direções N70ºE ± 15° e N20ºW ± 15°.

As direções encontradas na folha, assemelham-se às interpretadas por Badgley (1965, p. 117) em rochas sedimentares do Platô do Colorado (USA) como de origem arqueana (lineamentos regmáticos), reativados em eventos posteriores.

A disposição dos estratos aflorantes na folha, com as unidades basais a leste e sudeste, e as mais jovens a noroeste, sugerem um mergulho regional para NW. A configuração dos estratos com contatos lineares e em ângulo, sugerem um regime tectônico rígido, com basculamentos de blocos.

A exposição da Formação Motuca, no extremo-nordeste da folha, sugere um alçamento de blocos, com orientação noroeste, balizada pelo alinhamento estrutural de direção N55°-60°W que se inicia no Riacho Pra Quê, a leste, passando por Chapadinha, no norte da folha.

Na região de Graça Aranha, centro da folha, pode ser inferida uma estrutura do tipo *graben*, com direção nordeste, uma vez que a Formação Itapecuru aflora entre unidades basais representadas pelas formações Grajaú e Codó. Pelo mesmo raciocínio, pode-se inferir um bloco alçado, com uma disposição geral para nordeste, tipo muro ou *horst*, logo a oeste do referido *graben*, região de Presidente Dutra/Tuntum, onde a unidade Codó aflora balizada pela Formação Itapecuru.

Basculamentos importantes, ao longo de direções próximas de EW, são verificadas no centro da folha, ao longo do Rio Picumã e a oeste, região de Baixão Fundo - Alagoinha.

O gradiente regional de drenagem é N-NE; quebras importantes nesta linha normal de fluxo representam encaixes da drenagem em alinhamentos de fraturas. Como exemplo, temos os cotovelos do rio Itapecuru na região de Bom Sucesso, centro-leste da folha, e do rio das Flores, região de Baixão Fundo, oeste da folha.

4

Geologia Econômica

Na Folha Presidente Dutra, as atividades ligadas à extração mineral são de pequena monta, limitando-se exclusivamente à produção de materiais para aplicação na construção civil. Geralmente, a extração é realizada por métodos rudimentares em forma de garimpagem, visando atender o mercado local e atingindo baixa produtividade nos meses chuvosos. Informações diversas sobre as ocorrências minerais da folha constam da Listagem de Recursos Minerais e Carta de Recursos Minerais, encartadas no Mapa Geológico.

As poucas frentes de lavra de argila, para fins cerâmicos, e de areia para utilização em argamassas, são conseqüência direta da pequena demanda. Essas lavras encontram-se em situações irregulares perante o DNPM e organismos estaduais.

A argila constitui o principal bem mineral em exploração na área, tendo sido cadastradas cinco frentes de lavra. Geralmente, essas lavras estão localizadas em pequenas calhas de drenagem, denominadas localmente de barreiros (ocorrências 2, 3, 5, 8 e 9 do Mapa de Recursos Minerais).

As argilas são originárias de camadas ou lentes de pelitos ou do horizonte mosqueado do perfil laterítico da Formação Itapecuru ou Codó. Nas lavras de São Domingos do Maranhão, Dom Pedro e Tuntum, que operam com métodos rudimentares, produzem por lavra, em torno de 800 a 1500 tijolos maciços/dia, com produção menor de telhas.

A cerâmica de Presidente Dutra emprega métodos mecânicos, podendo chegar a uma produção diária de até 7.000 tijolos vazados, de acordo com a demanda local, sendo normal uma produção de 2.000 a 2.500 tijolos/dia. Nessa cerâmica é utilizada uma argila (amostra GP-A4) que, segundo análise tecnológica bá-

sica realizada, se revelou perfeita para a aplicação em cerâmica vermelha.

A areia para argamassas pode ser considerado o segundo bem mineral em exploração na folha. Foram encontrados dois depósitos, onde eventualmente são retiradas areias, principalmente para utilização como componente de argamassa na construção civil. A exploração é feita somente durante os períodos de estiagem, por métodos rudimentares. Geralmente, não existe proprietário dessas ocorrências, sendo a extração realizada pelo interessado na execução de obras.

A análise granulométrica da amostra GP-146 (ocorrência 14 do Mapa de Recursos Mine-rais), de um desses depósitos, revelou uma areia de granulometria média a grossa, com características aceitáveis para a construção civil. Essas areias são exploradas no lugarejo de Santa Rosa, a 68km leste de Presidente Dutra.

As freqüentes zonas com predominância de areiões, nas áreas de abrangência das formações Corda e Grajaú, são constituídas por areias com características impróprias para a construção civil, por serem predominantemente finas, conforme mostra as análises granulométricas das amostras GP-30 e GP-75.

Foram encontrados alguns depósitos de piçarras, sendo os principais aqueles ao longo da BR-135, nos lugarejos de Caraíbas e Farias Castro, a norte de Colinas. Essas piçarras, são cascalhos retirados das coberturas lateríticas imaturas, compreendendo a zona esferulítica do horizonte concrecionário, onde predominam as estruturas do tipo oolíticas (seixos menor que 2mm) e pisolíticas (seixos entre 2mm e 20mm). Trata-se do material freqüentemente usado na região para o revestimento das estradas não-pavimentadas (estradas piçarradas). Como todas as unidades geológicas aflorantes na folha, foram submetidas a processos de laterização, com o desenvolvimento de um perfil laterítico imaturo, toda a região apresenta uma ambiência geológica bastante favorável para esse tipo de material.

Na vila São José dos Basílios, ocorre uma pequena pedreira de arenitos eólicos, silicificados, pertencentes à Formação Grajaú, que emprega métodos rudimentares de exploração (ocorrência 1 do Mapa de Recursos Minerais). O desmonte é feito com a utilização de explosivos e com o uso de picaretas. O arenito é separado em pequenos blocos, que são utilizados como pedra de talhe para a pavimentação de ruas, ou como britas para a construção civil. A produção é comercializada no município e em cidades vizinhas.

5

Hidrogeologia

5.1 Metodologia

Os procedimentos técnicos adotados para a feitura da cartografia hidrogeológica da Folha Presidente Dutra foram os mesmos aplicados em trabalhos anteriores, executados para o Programa Grande Carajás - Subprojeto Recursos Minerais (*e.g.* Araújo, 1989 e 1990).

As atividades tiveram seu início no levantamento e análise bibliográfica, com a elaboração de uma carta geológica compilada e uma agenda das empresas ou entidades voltadas para a pesquisa e explotação de águas subterrâneas na região estudada.

A seguir, foi executado um Catálogo de Inventário Hidrogeológico Básico, contendo os dados disponíveis à caracterização dos pontos de água (tabela 5.1). A confecção deste catálogo envolveu, inicialmente, uma coleta de dados junto as empresas ou entidades agendadas (CAEMA, HIDROAMAZÔNICA, GEOMETA, etc.) e o uso dos informes exibidos pelo inventário acima referido. Com isto, passou-se aos trabalhos de campo, quando foram inventariados 229 pontos de água, sendo 181 (79%) poços tubulares e 48 (21%) poços escavados. Com os dados de campo e os resultados das análises físico-químicas executadas pelo laboratório da Companhia de Água e Esgoto do Ceará - CAGECE, efetuou-se a complementação do catálogo básico.

A última atividade constou da consolidação e integração, numa carta hidrogeológica e em texto, de todos os informes coligidos.

A Carta Hidrogeológica, na escala 1:250.000 encerra os dados geológicos e hidrogeológicos básicos, sendo marcado por uma superposição de símbolos, tramas e cores, com uma classificação dos aqüíferos em zonas (segundo as suas profundidades, produtividades e

Tabela 5.1 - Catálogo de Inventário Hidrogeológico Básico

FONTE	Nº	SIMB.	LOCAL	MUNICÍPIO	PROPRIETÁRIO	COORD.X	COORD.Y	COORD.Z	PERFUR.
PGC	001	T	JATOBA	BARRA DO CORDA	PREFEITURA	504500	9414500		01/01/88
PGC	002	T	ALEGRE	BURITI BRAVO	PREFEITURA	612500	9351200	240,00	01/01/88
PGC	003	T	ALEGRE	BURITI BRAVO	MANELÃO	612500	9351200	240,00	01/01/83
PGC	004	T	BACATUBA	BURITI BRAVO	FERNANDO ALBUQUERQUE	644000	9373800	160,00	01/02/86
PGC	005	T	BACATUBA	BURITI BRAVO	FERNANDO ALBUQUERQUE	644000	9373800	160,00	01/02/86
PGC	006	T	BACATUBA	BURITI BRAVO	FERNANDO ALBUQUERQUE	644000	9373800	160,00	10/10/86
CAEMA	007	A	BRASILINHA	BURITI BRAVO	CAEMA	632500	9361630	170,00	/ /
023.8	008	E	CAGADO	BURITI BRAVO	BENTO PEREIRA	617000	9350196	262,40	/ /
024.8	009	E	CAMPESTRE	BURITI BRAVO	AMÉRICO COSTA	631500	9348171	217,18	/ /
025.8	010	E	CANA BRAVA	BURITI BRAVO	A. PEREIRA DE SOUZA	627559	9364913	163,90	/ /
026.8	011	E	CANA BRAVA	BURITI BRAVO	A. VIEIRA DE SOUZA	627559	9364913		/ /
CAEMA	012	T	CAVERNA	BURITI BRAVO	CAEMA	683687	9361274		/ /
PGC	013	T	CIPÓ	BURITI BRAVO	WELLITON	635500	9364000		01/10/88
PGC	014	T	FAZENDA PAU D'ARCO	BURITI BRAVO	FREDERICO AZEVEDO	645500	9368000		02/12/85
PGC	015	T	FAZENDA PAU D'ARCO	BURITI BRAVO	FREDERICO AZEVEDO	645500	9368000		01/01/89
PGC	016	T	FAZENDA PAVESA	BURITI BRAVO	PAULO MARANHÃO	638500	9372000		/ /
PGC	017	T	FAZENDA PAVESA	BURITI BRAVO	PAULO MARANHÃO	638500	9372000		/ /
PGC	018	T	FAZENDA PAVESA	BURITI BRAVO	PAULO MARANHÃO	638500	9372000		/ /
CAEMA	019	T	JUÇARA	BURITI BRAVO		661000	9383000		/ /
027.8	020	E	MATA VERDE (KM 7)	BURITI BRAVO	ALBERTO COSTA	623592	9338509	205,24	/ /
028.8	021	E	MOITA DE COCO	BURITI BRAVO	F. PEREIRA CHAVES	617486	9361555	136,19	/ /
029.8	022	E	SANTA CRUZ	BURITI BRAVO	MILTON BARBOSA	633428	9341000	200,75	/ /
CAEMA	023	A	SANTO ANTÔNIO	BURITI BRAVO	CAEMA	635000	9355000		/ /
CAEMA	024	A	SEDE	BURITI BRAVO	CAEMA	629160	9355000		/ /
CAEMA	025	T	SEDE	BURITI BRAVO	CAEMA	629160	9355000		/ /
CAEMA	026	T	SEDE	BURITI BRAVO	CAEMA	629160	9355000		/ /
CAEMA	027	A	SEDE	BURITI BRAVO	CAEMA	619160	9355000		/ /
CAEMA	028	T	SEDE	BURITI BRAVO	CAEMA	629160	9355000		/ /
030.8	029	T	SEDE (GRUPO ESCOLAR)	BURITI BRAVO	PREFEITURA	629160	9355000	214,00	03/02/67
031.8	030	T	SEDE (HOSPITAL)	BURITI BRAVO	HOSP. GUIMARÃES	629160	9355000		03/09/66
032.8	031	T	SEDE (P.E. CEL. RDO.)	BURITI BRAVO	PREFEITURA	629160	9355000		13/12/66
033.8	032	T	SEDE (R. DE AREIA)	BURITI BRAVO	PREFEITURA	629160	9355000		18/03/67
034.8	033	T	SEDE (R. RIO BRANCO)	BURITI BRAVO	PREFEITURA	629160	9355000	104,21	27/02/67
035.8	034	E	SÍTIO SECO	BURITI BRAVO	JOSÉ M. DE BORGES	607309	9345911		/ /
036.8	035	E	SÍTIO SECO	BURITI BRAVO	JOSÉ M. DE BORGES	607309	9345911		/ /
PGC	036	T	MARIA PRETA	CAXIAS	PREFEITURA	650800	9431000		10/10/96
067.8	037	E	S. JOÃO DOS POLEIROS	CAXIAS	SOTAN DE SOUSA	632000	9435000	105,71	/ /
PGC	038	E	S. JOÃO DOS POLEIROS	CAXIAS	FSESP	632000	9435000		10/08/54
087.8	039	E	CAJAZEIRAS	CODÓ	CÍCERO P. DA SILVA	621500	9446175		/ /

COLETA	PROF.	PROF.NE	COTA NE	BOCA	BOCA. H	PROF. ND	REBAIX.	VAZÃO	CAP. ESP.	UNID.BOMB.	RESERV.	R. SECO	C.ELET.	EXECUTOR	AQÜÍF. CAP.	Nº
/ /	0.00							0.00							TRs	001
28/11/91	196.00	20.00	220.00	8	0.70			0.00		MOTO-BOMBA		547			TRs	002
28/11/91	220.00							0.00		MOTO-BOMBA		239			TRs	003
29/11/91	180.00			6	1.00			0.00		MOTO-BOMBA		305			TRs	004
29/11/91	185.00			6	0.80			0.00		MOTO-BOMBA					TRs	005
29/11/91	180.00			6	0.80			0.00		MOTO-BOMBA					TRs	006
14/12/87	65.00	23.00		6	0.50	32.00	9.00	12.60	1.400					CAEMA	Jc	007
13/04/72	9.20	8.40	254.00	37	0.15			0.00						SUDENE	Jc	008
18/09/72	26.20	25.40	129.08	71	0.40			0.00						SUDENE	Jc	009
19/04/72	8.70	8.70	115.80	31	0.60			0.00						SUDENE	Jc	010
19/04/72	11.00	9.90		59	0.10			0.00						SUDENE	Jc	011
/ /	93.00	32.00		6	0.50	51.17	19.17	9.60	0.500					CAEMA	Jc	012
29/11/91	65.00			6	0.70			0.00		MOTO-BOMBA					Jc	013
29/11/91	180.00			6	1.00			0.00		MOTO-BOMBA					TRs	014
29/11/91	140.00			6	0.60			0.00							TRs	015
29/11/91	120.00	20.00		6	1.00			0.00		MOTO-BOMBA	20.00				TRs	016
29/11/91	130.00			6	0.60			0.00		MOTO-BOMBA					TRs	017
29/11/91	150.00			6	0.60			0.00		MOTO-BOMBA					TRs	018
/ /	81.00	31.00				40.89	9.89	5.37	0.540						Jc	019
18/04/72	22.35	18.80	186.44	59	0.60			0.00						SUDENE	Jpb	020
13/04/72	9.60	0.40	135.69	35	0.50			0.00						SUDENE	Jc	021
18/04/72	19.50	16.85	183.90	75	0.60			0.00						SUDENE	TRJm	022
/ /	55.00	22.00		6		42.00	20.00	1.70	0.085					CAEMA	Jc	023
06/12/85	132.00	11.40		6		23.20	11.80	20.00	1.694			208		CAEMA	TRs	024
/ /	103.00	20.30		6		26.40	6.10	12.00	1.967					CAEMA	TRs	025
/ /	96.31	19.80		6		20.22	0.42	20.57	48.970					CAEMA	TRs	026
/ /	163.00	38.30		6		73.00	34.70	5.00	0.144					CAEMA	TRs	027
/ /	153.50	30.80		6		35.82	5.02	144.00	28.680			412		CAEMA	TRs	028
16/07/71	166.00	12.10	201.90	6		13.10	1.00	0.46	0.460	CAÇAMBA		83		SUDENE	TRs	029
16/07/71	153.00	33.00		6		37.00	4.00	9.00	2.250	B. ITUANA		341		SUDENE	TRs	030
16/07/71	180,00	30.00		6	0.30	31.75	1.75	4.68	2.670	CAÇAMBA		465		SUDENE	TRs	031
16/07/71	101.00	22.90		6		25,10	2.20	4.24	1.930	CAÇAMBA				SUDENE	TRs	032
16/07/71	100.00	21.90		6	0.35	22.40	0.50	5.79	11.580	CAÇAMBA				SUDENE	TRs	033
24/01/72	6.80	3.80		35	0.50			0.00						SUDENE	Jpb	034
24/01/72	9.65	9.05		35	0.70			0.00						SUDENE	Jpb	035
21/11/91	150.00	70.00		6	0.25			0.00		MOTO-BOMBA	5.00			CONESP	TRs	036
21/07/71	4.50	2.10	103.61	43	0.40			0.00						SUDENE	Jc	037
21/11/91	5.00	3.20		54	0.50	3.50	0.30	2.00	6.666	MOTO-BOMBA	57.00	111		INCRA	Jc	038
08/02/72	14.65	12.00		59	0.34			0.00						SUDENE	Kc	039
10/02/72	21.70	20.80	90.51	51	0.60			0.00						SUDENE	Ki	040
/ /	22.60	22.00	160.83	41	0.50			0.00						SUDENE	Jc	041

SB.23-X-C (Presidente Dutra)

FONTE	Nº	SIMB.	LOCAL	MUNICÍPIO	PROPRIETÁRIO	COORD.X	COORD.Y	COORD.Z	PERFUR.
094.8	040	E	GAVIÃO	CODÓ	R. N. DOS SANTOS	608545	9443567	111,34	/ /
095.8	041	E	ALTAMIRA	COLINAS	GEREMIAS	594111	9362516	182,83	/ /
CPRM	042	T	ALTO DO JATOBA	COLINAS		585000	9358000		01/02/89
PGC	043	T	CACHIMBO	COLINAS	PREFEITURA	578000	9346000	200,00	01/01/86
CAEMA	044	T	CEDRO GROSSO	COLINAS	CAEMA	598000	9339905		04/01/90
PGC	045	T	CENTRÃO	COLINAS	PREFEITURA	564500	9346800	250,00	12/12/89
132.8	046	E	JATOBA	COLINAS	R.M. DE OLIVEIRA	586000	9357000	186,44	/ /
CAEMA	047	T	JATOBA	COLINAS	CAEMA	586000	9357000		/ /
CAEMA	048	T	JATOBA	COLINAS	CAEMA	586000	9357000		28/11/89
CAEMA	049	T	JATOBA	COLINAS	CAEMA	586000	9357000		/ /
CPRM	050	T	JATOBA	COLINAS		586000	9357000		01/02/89
CPRM	051	T	JATOBA	COLINAS		586000	9357000		01/02/89
PGC	052	T	LAGOA DA SERRA	COLINAS	PREFEITURA	560000	9356000	300,00	01/04/82
134.8	053	E	LAGOA GRANDE	COLINAS	S. MOREIRA NUNES	599618	9344081		/ /
CAEMA	054	T	MEMÓRIA DE J. CELINO	COLINAS	CAEMA	602391	9347178		/ /
PGC	055	T	OLHO D'ÁGUA DA SERRA	COLINAS	PREFEITURA	552600	9356000	370,00	02/02/89
CAEMA	056	T	PULGA	COLINAS	CAEMA	588000	9357240		11/12/89
PGC	057	T	TABOCA DA ONÇA	COLINAS	PREFEITURA	571000	9346500	250,00	10/01/86
CAEMA	058	T	ALTO DO PACOTE	DOM PEDRO	CAEMA	560659	9443101		/ /
161.8	059	E	CENTRO DA NOITE	DOM PEDRO	JOSÉ RIBEIRO	564663	9443500		/ /
PGC	060	T	CENTRO DO PRIMO	DOM PEDRO		566600	9439000	130,00	10/11/86
164.8	061	E	PACA	DOM PEDRO	PREFEITURA	571500	9439500	152,20	/ /
CAEMA	062	T	SEDE	DOM PEDRO	CAEMA	560659	9443101		/ /
CAEMA	063	A	SEDE	DOM PEDRO	CAEMA	560659	9443101		01/04/69
CAEMA	064	T	SEDE	DOM PEDRO	CAEMA	560659	9443101		30/09/73
CAEMA	065	A	SEDE	DOM PEDRO	CAEMA	560659	9443101		15/08/74
CAEMA	066	T	SEDE	DOM PEDRO	CAEMA	560659	9443101		/ ./
CAEMA	067	T	SEDE	DOM PEDRO	CAEMA	560659	9443101		/ /
CAEMA	068	T	SEDE	DOM PEDRO	CAEMA	560659	9443101		/ /
PGC	069	T	SERRA DA BOA VISTA	DOM PEDRO	PREFEITURA	560000	9440000	130,00	12/06/88
PGC	070	E	TABOCAS	DOM PEDRO		571000	9426500	120,00	/ /
PGC	071	T	ALTO ALEGRE	EUGENIO BARROS	PREFEITURA	622200	9413500		12/11/90
PGC	072	T	BAIXÃO DO COCO	EUGENIO BARROS	PREFEITURA	600300	9414500	120,00	26/01/91
PGC	073	T	BULANDEIRA	EUGENIO BARROS	PREFEITURA	600300	9403600	120,00	12/12/86
PGC	074	T	CACIMBÕES	EUGENIO BARROS	PREFEITURA	604800	9403600	130,00	02/03/89
PGC	075	T	CENTRO MEARIM	EUGENIO BARROS	PREFEITURA	617700	9424000		12/11/90
PGC	076	T	COIVARAS	EUGENIO BARROS	PREFEITURA	608500	9409000	80,00	16/11/89
PGC	077	T	ENTRONC. BR-226/MA-256	EUGENIO BARROS	PREFEITURA	587200	9407100	100,00	01/01/85
PGC	078	T	FAZENDA CANAAN (POSTO)	EUGENIO BARROS	ELIAS ARAUJO	587000	9407100	80,00	01/01/86

COLETA	PROF.	PROF. NE	COTA NE	BOCA	BOCA H	PROF. ND.	REBAIX.	VAZÃO	CAP. ESP.	UNID. BOMB.	RESERV.	R. SECO	C. ELET.	EXECUTOR	AQÜÍF. CAP.	Nº
/ /	200.00							46.60							TRs	042
25/11/91	150.00	23.60	176.40	8	0.70			10.00		MOTO-BOMBA	12.00	131			TRs	043
/ /	150.00	64.25		6		103.68	39.43	2.40	0.060					CAEMA	TRs	044
26/11/91	132.00	40.00	210.00	6	0.20			7.00		MOTO-BOMBA	5.00				Jc	045
11/04/72	22.10	21.00	165.44	45	0.40			0.00						SUDENE	Jc	046
/ /	195.00	40.24		6		75.74	35.50	46.58	1.319		111.00	111		CAEMA	TRs	047
/ /	195.00	53.23		6		100.57	47.34	20.84	0.442					CAEMA	TRs	048
/ /	195.00	22.60		6		80.89	58.29	7.20	0.123					CAEMA	TRs	049
/ /	200.00							20.80						CAEMA	TRs	050
/ /	200.00							7.20						CAEMA	TRs	051
26/11/91	203.00	80.00	220.00	6	0.25			12.00		MOTO-BOMBA	5.00				TRs	052
24/01/72	5.10	4.70		31	0.45			0.00						SUDENE	Jpb	053
13/11/89	92.00	40.05				57.00	16.95	6.00	0.353			371		CAEMA	Jc	054
26/11/91	260.00			6	0.90			0.00		MOTO-BOMBA	5.00	215			TRs	055
/ /	180.00	28.45				69.92	41.47	52.80	1.253					CAEMA	TRs	056
26/11/91	180.00	54.00	196.00	8	1.00			0.00		MOTO-BOMBA	30.00				TRs	057
/ /	350.00	67.10		8		98.08	30.98	72.00	2.324		4.80	529		CAEMA	TRs	058
17/11/71	9.50	4.80		47	0.50			0.00						SUDENE	Ki	059
15/11/91	90.00	13.00	117.00	4	0.10	35.00	22.00	6.00	0.272	MOTO-BOMBA	2.00				Ki	060
17/11/71	9.70	5.45	146.85	90	0.30			0.00						SUDENE	Ki	061
/ /	306.00			8				0.00						CPRM	TRs	062
/ /	50.00	8.00		6		25.50	17.50	7.85	0.445						Ki	063
/ /	302.00	54.00		6		59.15	5.15	12.41	2.410		480.00				TRs	064
14/08/74	306.00	56.60		6		71.00	14.40	9.60	0.666			579			TRs	065
20/06/84	304.00	60.00				65.18	5.18	14.40	2.779			273			TRs	066
20/06/84	201.00	45.75				54.50	8.75	14.69	1.678			273			TRs	067
/ /	350.00	75.00				97.50	22.50	36.00	1.600						TRs	068
15/11/91	80.00	51.00	79.00	6	0.10			3.00		MOTO-BOMBA	6.00			ATALAIA	Ki	069
15/11/91	11.20	5.40	114.60	50				0.00							Ki	070
21/11/91	100.00	63.50		4	0.25			0.30		MOTO-BOMBA	5.00				Jc	071
23/11/91	90.00			4	0.45			0.00		MOTO-BOMBA	5.00				Jc	072
23/11/91	125.00	100.00	20.00	6	0.30			20.00		MOTO-BOMBA	6.00				TRs	073
23/11/91	120.00			8	0.40			60.00		MOTO-BOMBA	11.00				TRs	074
21/11/91	102.00			4	0.50			0.00		MOTO-BOMBA	5.00				Jc	075
23/11/91	117.00	7.00	73.00	8	0.30			0.00		MOTO-BOMBA	15.00				Jc	076
16/11/91	96.00	35.10	64.90	6	0.80	38.00		9.00		MOTO-BOMBA	5.00				Jc	077
16/11/91	125.00	38.50	41.50	6	0.15			18.00		MOTO-BOMBA	5.00				Jc	078
23/11/91	120.00			8	0.30			0.00		MOTO-BOMBA	7.00				Jc	079
21/11/91	77.00			4	0.40			0.00		MOTO-BOMBA	5.00	273			Jc	080
21/11/91	111.00			8	0.15			0.00		MOTO-BOMBA	5.00				Jc	081
21/11/91	0.00			4	0.30			0.00		MOTO-BOMBA	7.00				Jc	082

FONTE	Nº	SIMB.	LOCAL	MUNICÍPIO	PROPRIETÁRIO	COORD.X	COORD.Y	COORD.Z	PERFUR.
PGC	079	T	BR-226 KM 125	EUGENIO BARROS	PREFEITURA	626000	9416700	120.00	01/02/87
PGC	080	T	PE DE SAPUCAIA	EUGENIO BARROS	PREFEITURA	615000	9411000		18/12/90
PGC	081	T	SÃO PAULO	EUGENIO BARROS	PREFEITURA	625000	9421200		10/10/79
PGC	082	T	SÃO RAIMUNDO	EUGENIO BARROS	PREFEITURA				08/09/91
CAEMA	083	T	SEDE	EUGENIO BARROS	CAEMA	583840	9412200		/ /
CAEMA	084	T	SEDE	EUGENIO BARROS	CAEMA	583840	9412200		01/01/89
CAEMA	085	A	SEDE	EUGENIO BARROS	CAEMA	583840	9412200		/ /
194.8	086	T	SEDE	EUGENIO BARROS	CAEMA	583840	9412200		08/08/69
PGC	087	T	SOCORRO	EUGENIO BARROS	PREFEITURA	594200	9409100		10/03/90
PGC	088	T	TAMBORIL	EUGENIO BARROS	PREFEITURA	594000	9416600		12/12/84
PGC	089	E	TAMBORIL	EUGENIO BARROS	PREFEITURA	594000	9417100		23/11/76
174.8	090	E	ÁGUA BRANCA	FORTUNA	JOSÉ R. DA SILVA	616000	9375000	110,53	/ /
175.8	091	E	ÁGUA BRANCA	FORTUNA	ARMANDO TEMPERO	616000	9375000		/ /
176.8	092	E	BARRO PRETO	FORTUNA	JOAQUIM A. NASCIMENTO	615000	9374500		/ /
177.8	093	E	BARRO PRETO	FORTUNA	JOSÉ ISIDRO	615000	9374500		/ /
181.8	094	E	CENTRO DA DOCA	FORTUNA	R. ALVES DA SILVA	601525	9382466		/ /
178.8	095	E	CENTRO DO APRIGIO	FORTUNA	JOSÉ RIBAMAR	598299	9385541	143,68	/ /
180.8	096	E	CENTRO DO APRIGIO	FORTUNA	ANTÔNIO R. PEREIRA	598299	9385541		/ /
182.8	097	E	CENTRO DO IRAJÁ	FORTUNA	CLÓVIS F. SOUZA	618144	9384587		/ /
183.8	098	E	CENTRO DO IRAJÁ	FORTUNA	R. GONÇALVES VIEIRA	618144	9384587		/ /
184.8	099	E	CENTRO DO ISIDÃO	FORTUNA	FRANCISCO SANDOVAL	602447	9381543	154,66	/ /
PGC	100	T	MORADA NOVA	FORTUNA	PREFEITURA	585000	9370200		12/12/82
PGC	101	T	S. ANTÔNIO DO APRIGIO	FORTUNA	PREFEITURA	597400	9382400		/ /
PGC	102	T	SÃO JOSÉ (INVEJA)	FORTUNA	PREFEITURA	602200	9370500		/ /
CAEMA	103	A	SEDE	FORTUNA	CAEMA	593500	9366000		/ /
185.8	104	E	SEDE	FORTUNA	PREFEITURA	593500	9366000	114,87	/ /
186.8	105	E	SEDE	FORTUNA	PREFEITURA	593500	9366000		/ /
187.8	106	T	SEDE	FORTUNA	CAEMA	593500	9366000		/ /
CAEMA	107	T	SEDE	FORTUNA	CAEMA	593500	9366000		/ /
CAEMA	108	T	SEDE	FORTUNA	CAEMA	593500	9366000		25/02/73
CAEMA	109	T	SEDE	FORTUNA	CAEMA	593500	9366000		/ /
CAEMA	110	T	SEDE	FORTUNA	CAEMA	593500	9366000		/ /
CAEMA	111	T	SEDE	FORTUNA	CAEMA	593500	9366000		/ /
CAEMA	112	T	SEDE	FORTUNA	CAEMA	593500	9366000		/ /
CAEMA	113	T	SEDE (R. 21 DE ABRIL)	FORTUNA	CAEMA	593500	9366000		/ /
CAEMA	114	T	SEDE (R. S. DOMINGOS)	FORTUNA	CAEMA	593500	9366000		/ /
188.8	115	E	VARJÃO	FORTUNA	JOSÉ ALVES FERREIRA	604200	9372000	143,27	/ /
PGC	116	T	VARJÃO	FORTUNA	PREFEITURA	604200	9372000		09/09/89
CPRM	117	A	JAPÃOZINHO	GONÇALVES DIAS		576586	9420000		01/05/84

COLETA	PROF.	PROF. NE	COTA NE	BOCA	BOCA H	PROF. ND.	REBAIX.	VAZÃO	CAP. ESP.	UNID. BOMB.	RESERV.	R.SECO	C. ELET.	EXECUTOR	AQÜÍF. CAP.	Nº
15/11/91	106.00	15.90				28.52	12.62	18.00	1.426		100.00	422			Jc	083
15/11/91	98.50	22.64		6		44.98	22.34	18.00	0.805		100.00	242		CAEMA	Jc	084
17/08/67	76.00	32.00		6		52.50	20.50	2.70	0.131					CAEMA	Jc	085
19/11/71	106.00	19.00		6		22.00	3.00	11.52	3.290		100.00	206		SUDENE	Jc	086
20/11/91	82.00			4	0.35			5.00			10.00			GEOMETA	Jc	087
20/11/91	122.00			8	0.45			0.00			5.00				Jc	088
20/11/91	20.50	19.50		59	0.50			0.00		SARRILHO					Ki	089
15/04/72	3.10	2.30	108.23	28				0.00						SUDENE	Jc	090
15/04/72	4.30	3.10		43				0.00						SUDENE	Jc	091
15/04/72	4.00	3.00		43				0.00						SUDENE	Jc	092
15/04/72	6.00	5.50		39				0.00						SUDENE	Jc	093
12/04/72	22.00	21.30		43				0.00						SUDENE	Jc	094
12/04/72	20.50	19.80	123.28	63				0.00						SUDENE	Kg	095
12/04/72	24.00	23.30		55				0.00						SUDENE	Kg	096
15/04/72	5.10	4.20		32				0.00						SUDENE	Jc	097
15/04/72	8.40	7.30		32				0.00						SUDENE	Jc	098
12/04/72	23.20	22.10	131.96	47				0.00						SUDENE	Jc	099
27/11/91	150.00	60.00		6	0.20			12.00		MOTO-BOMBA	5.00				TRs	100
27/11/91	180.00			6	0.50			10.00		MOTO-BOMBA	5.00				TRs	101
27/11/91	120.00			6	0.30			0.00		MOTO-BOMBA	5.00			CONESP	TRs	102
26/07/83	203.00	69.40				119.71	50.31	3.17	0.060			269			TRs	103
25/01/72	16.10	14.00	100.87	55	0.45			0.00						SUDENE	Jc	104
25/01/72	18.30	14.80		73	0.60			0.00						SUDENE	Jc	105
11/04/72	105.00	45.00		6	0.25			0.00				115		SUDENE	Jc	106
23/07/88	160.00	53.40		6		55.59	2.19	7.76	3.543						TRs	107
25/05/82	155.00	26.70		6		49.30	22.60	6.80	0.300						TRs	108
/ /	86.00	26.90		6		47.79	20.89	5.53	0.264						Jc	109
/ /	242.00	37.52		6		60.86	23.34	12.00	0.514						TRs	110
/ /	191.00	27.36		6		46.10	18.74	12.60	0.672						TRs	111
/ /	201.00	37.69		6		56.20	18.50	11.08	0.598						TRs	112
20/12/81	156.00	34.40				66.70	32.30	8.37	0.259			131			TRs	113
19/03/83	156.00	44.00				53.00	9.00	9.00	1.000			325			TRs	114
11/04/72	19.00	18.40	124.87	59				0.00						SUDENE	Jc	115
27/11/91	132.00	30.00		6	0.40			50.00		MOTO-BOMBA	5.00				Jc	116
/ /	158.00							6.30						CAEMA	Jc	117
29/11/76	28.00	5.00		6		9.05	4.50	6.00	1.335		100.00	1000			Ki	118
/ /	57.00	5.00		6		17.60	12.60	8.00	0.634			160			Ki	119
/ /	184.00	42.80		8		51.35	8.55	1.26	0.147			334			TRs	120
/ /	246.00	51.30		8		79.00	27.70	79.02	2.859						TRs	121
/ /	160.00							5.20						CPRM	TRs	122
/ /	320.00							0.00						CPRM	TRs	123

SB.23-X-C (Presidente Dutra)

FONTE	Nº	SIMB.	LOCAL	MUNICÍPIO	PROPRIETÁRIO	COORD.X	COORD.Y	COORD.Z	PERFUR.
CAEMA	118	A	SEDE	GONÇALVES DIAS	CAEMA	577500	9430500		16/07/68
CAEMA	119	A	SEDE	GONÇALVES DIAS	CAEMA	577500	9430500		16/01/71
CAEMA	120	T	SEDE	GONÇALVES DIAS	CAEMA	577500	9430500		/ /
CAEMA	121	T	SEDE	GONÇALVES DIAS	CAEMA	577500	9430500		/ /
CPRM	122	T	SEDE	GONÇALVES DIAS		577500	9430500		10/10/84
CPRM	123	T	SEDE	GONÇALVES DIAS		577500	9430500		12/10/74
CAEMA	124	T	SEDE (FAZENDINHA)	GONÇALVES DIAS	CAEMA	577500	9430500		/ /
PGC	125	E	CENTRO DOS CANANS	GOV. ARCHER	JOSÉ DE OLIVEIRA	590200	9440800	130,00	10/10/60
CAEMA	126	A	SEDE	GOV. ARCHER	CAEMA	580677	9444479		08/08/69
CAEMA	127	T	SEDE	GOV. ARCHER	CAEMA	580677	9444479		16/04/76
CAEMA	128	T	SEDE	GOV. ARCHER	CAEMA	580677	9444479		/ /
CAEMA	129	T	SEDE	GOV. ARCHER	CAEMA	580677	9444479		/ /
195.8	130	A	SEDE	GRAÇA ARANHA	CAEMA	574000	9402200	176,20	17/08/63
CAEMA	131	A	SEDE	GRAÇA ARANHA	CAEMA	574000	9402200		/ /
CAEMA	132	A	SEDE	GRAÇA ARANHA	CAEMA	574000	9402200		/ /
CAEMA	133	T	SEDE	GRAÇA ARANHA	CAEMA	574000	9402200		/ /
CAEMA	134	T	SEDE	GRAÇA ARANHA	CAEMA	574000	9402200		/ /
CAEMA	135	T	NOVA VIDA	JOSELÂNDIA	CAEMA	517503	9442902		/ /
CAEMA	136	T	NOVA VIDA I	JOSELÂNDIA		517503	9442902		/ /
PGC	137	T	FAZENDA SANTA CRUZ	MATÕES	RICARDO FIUZA	646800	9419400		/ /
PGC	138	T	FLORESTA	MATÕES	SEBASTIÃO FARINHA	649000	9411500	80,00	05/06/88
PGC	139	T	FLORESTA	MATÕES	SEBASTIÃO FARINHA	649000	9411500	80,00	06/04/88
PGC	140	T	QUILOMBO	MATÕES	PREFEITURA	662000	9420000		02/03/88
221.8	141	E	COCAL	PARNARAMA	BONIFÁCIO F. DA COSTA	658795	9397709		/ /
PGC	142	T	FAZENDA CRIMÉRIA	PARNARAMA	ALEXANDRE MARANHÃO	937900	6655000		/ /
231.8	143	E	PAIOL	PARNARAMA	JOÃO SILVEIRA	664342	9400153		/ /
232.8	144	E	PAQUETÁ	PARNARAMA	DJALMA R. RIBEIRO	641400	9387200	125,83	/ /
242.8	145	E	NOVO SÍTIO	PASSAGEM FRANCA	ALTA LEITE	645000	9336700		/ /
PGC	146	T	SÃO BENTO	PASSAGEM FRANCA	BEGNINO DAS CHAGAS B.	647700	9344800		01/07/91
263.8	147	E	ANGICAL	PRESIDENTE DUTRA	DNER	608319	9397933	145,47	/ /
CAEMA	148	T	ANGICAL	PRESIDENTE DUTRA		608319	9397933		/ /
CAEMA	149	T	ANGICAL II	PRESIDENTE DUTRA	CAEMA	608319	9397933		/ /
CAEMA	150	T	CALUMBI	PRESIDENTE DUTRA	ARDEC	560200	9429000		01/10/74
265.8	151	E	CAMPO DANTAS	PRESIDENTE DUTRA	ADRIANO TRINDADE	551694	9395728		/ /
PGC	152	T	CANAFÍSTULA DOS MORA	PRESIDENTE DUTRA		568000	9417200		10/08/87
264.8	153	E	CALUMBI	PRESIDENTE DUTRA	JOANA CRUS	560200	9428000	101,48	/ /
PGC	154	T	CRIOLI DO JOVINIANO	PRESIDENTE DUTRA	PREFEITURA	566800	9422800		01/05/88
CPRM	155	T	CRIOLI DO JOVINIANO	PRESIDENTE DUTRA		566800	9422800		01/10/83
CAEMA	156	T	CRIOLI DO JOVINIANO I	PRESIDENTE DUTRA	CAEMA	566800	9422800		11/01/71

COLETA	PROF.	PROF. NE	COTA.NE	BOCA	BOCA H	PROF. ND.	REBAIX.	VAZÃO	CAP. ESP.	UNID. BOMB.	RESERV.	R. SECO	C. ELET	EXECUTOR	AQÜÍF. CAP.	Nº
/ /	243.00	56.15		8		78.47	22.32	72.00	3.220		100.00				TRs	124
16/11/91	7.20	1.72	51.00					0.00				97			Ki	125
/ /	101.00	13.70		6		21.60	7.90	11.08	1.402						Ki	126
17/08/74	320.00	50.15				81.89	31.74	8.47	0.264			362			TRs	127
11/07/84	157.00	38.50		6		46.20	7.70	14.40	1.870			365			Jc	128
10/07/84	162.00	38.75				45.35	6.60	14.69	2.220			341			Jc	129
19/11/71	76.00	32.00	144.20	6	0.25	52.50	20.50	0.67	0.032					SUDENE	Jc	130
/ /	303.00			8				0.00						CPRM	TRs	131
/ /	220.00	73.00	4.00			94.30	21.30	11.81	0.554						TRs	132
/ /	216.00	73.00		8		94.30	21.30	11.81	0.554						TRs	133
13/05/87	270.00	61.30		8		90.00	28.70	10.56	0.367			145			TRs	134
/ /	320.00	19.00		6		25.00	6.00	10.00	1.660			537		CPRM	TRs	135
/ /	70.00	25.00				56.50	31.50	1.55	0.049						Ki	136
22/11/91	200.00			10	0.50			8.00		MOTO-BOMBA	80.00				TRs	137
23/11/91	175.00	9.00	71.00	6	0.80	20.00	11.00	40.00	3.630	MOTO-BOMBA		361			TRs	138
23/11/91	168.00	29.00		6	0.80	50.00	21.00	20.00	0.952	MOTO-BOMBA	75.00				TRs	139
22/11/91	181.00			8	0.40			14.00		MOTO-BOMBA	2.00				TRs	140
22/04/72	32.50	30.50		55	0.45			0.00						SUDENE	Jc	141
28/11/91	126.00	42.00		6	1.00			15.00			15.00	276			TRs	142
20/04/72	5.40	4.50		43				0.00						SUDENE	Jc	143
20/04/72	28.00	27.10	98.73	55	0.20			0.00						SUDENE	Jc	144
/ /	36.80	35.80		67				0.00						SUDENE	Jpb	145
29/11/91	150.00	60.00		6	0.60			0.00		MOTO-BOMBA	5.00	1645			TRs	146
26/10/72	12.25	10.95	135.07	39	0.20			0.00						SUDENE	Kg	147
/ /	130.00		12.30	8		17.60	5.30	20.55	3.870					CAEMA	TRs	148
12/03/81	84.50	12.85		6		19.55	6.70	21.17	3.150			71		CAEMA	Jc	149
11/11/74	120.00	6.20		6		18.71	12.51	20.57	1.644			367			Jc	150
26/01/72	16.90	14.70		37	0.40			0.00						SUDENE	Kc	151
18/11/91	115.00	31.50		6		33.00	1.50	6.70	4.460					TEC-MAR	Jc	152
11/01/71	5.05	3.50	97.98	45	0.45			0.00						SUDENE	Ki	153
18/11/91	208.00	36.00		6		40.00	4.00	25.70	6.430					TEC-MAR	Jc	154
/ /	150.00							2.30						CAEMA	Jc	155
/ /	99.00	31.50		6		51.00	19.50	6.73	0.345						Jc	156
18/11/91	101.00	13.00		6		14.50	1.50	30.00	20.000					TEC-MAR	Jc	157
18/11/91	101.00	29.30		6		38.30	9.00	8.80	0.970	MOTO-BOMBA				TEC-MAR	Jc	157A
18/11/91	113.00	12.00		6		12.50	0.50	20.00	40.000	MOTO-BOMBA				TEC-MAR	Jc	158
18/11/91	150.00	33.00		6		34.00	1.00	10.00	10.000					TEC-MAR	Jc	159
18/11/91	162.00	8.00		6		11.00	3.00	20.00	6.660					TEC-MAR	Jc	160
15/11/91	125.00	30.21	89.79	6	0.55	34.46	4.25	2.00	0.470	MOTO-BOMBA	4.00	255		ADEBAL	Jc	161
20/11/71	6.85	4.45	68.25	43	0.35			0.00						SUDENE	Kc	162
/ /	72.00					13.15	13.15	16.00	1.210			287			Jc	163

FONTE	Nº	SIMB.	LOCAL	MUNICÍPIO	PROPRIETÁRIO	COORD.X	COORD.Y	COORD.Z	PERFUR.
PGC	157	T	FAZENDA MARISTELA	PRESIDENTE DUTRA	ORLANDO PINTO				10/09/87
PGC	157A	T	FAZENDA NEVADA - 01	PRESIDENTE DUTRA	JOAQUIM FIGUEIREDO				01/08/87
PGC	158	T	FAZENDA SAPUCAIA - 03	PRESIDENTE DUTRA	JEAN CARVALHO	555500	9421800		01/09/87
PGC	159	T	MARIA PRETA	PRESIDENTE DUTRA	PREFEITURA	564400	9431200		10/10/87
PGC	160	T	MUCUNA	PRESIDENTE DUTRA	PREFEITURA	544500	9438000		01/11/87
PGC	161	T	PALMA	PRESIDENTE DUTRA	PREFEITURA	558600	9426800	120,00	03/03/81
266.8	162	E	S. JOSÉ DOS BASILIOS	PRESIDENTE DUTRA	J. MARTINS REIS	546182	9441795	72,60	/ /
CAEMA	163	T	S. JOSÉ DOS BASILIOS 1	PRESIDENTE DUTRA		546182	9441795		/ /
CPRM	164	T	SANTA LUZIA	PRESIDENTE DUTRA		549000	9435000		10/05/84
PGC	165	T	SANTA LUZIA	PRESIDENTE DUTRA	PREFEITURA	549000	9435000		/ /
PGC	166	T	SANTA MARIA	PRESIDENTE DUTRA	PREFEITURA	545300	9444500		08/05/88
CPRM	167	T	SÃO JOÃO	PRESIDENTE DUTRA		583375	9409300		/ /
267.8	168	T	SEDE	PRESIDENTE DUTRA	CAEMA	556500	9415000	105,86	21/06/67
268.8	169	T	SEDE	PRESIDENTE DUTRA	CAEMA	556500	9415000		19/05/69
CAEMA	170	T	SEDE	PRESIDENTE DUTRA	CAEMA	556500	9415000		/ /
CAEMA	171	T	SEDE	PRESIDENTE DUTRA	CAEMA	556500	9415000		/ /
CAEMA	172	T	SEDE	PRESIDENTE DUTRA	CAEMA	556500	9415000		/ /
CAEMA	173	T	SEDE	PRESIDENTE DUTRA	CAEMA	556500	9415000		/ /
CAEMA	174	T	SEDE	PRESIDENTE DUTRA		556500	9415000		/ /
PGC	175	T	SEDE	PRESIDENTE DUTRA	SALOMÃO SOARES	556500	9415000		10/10/87
PGC	176	T	SERRA DA BOA VISTA	PRESIDENTE DUTRA	CAEMA	560000	9437000	120,00	01/01/88
PGC	177	T	SERRA DA BOA VISTA	PRESIDENTE DUTRA	CAEMA	560000	9437000	120,00	05/12/87
269.8	178	E	VARJÃO	PRESIDENTE DUTRA	G. MOREIRA LIMA	557261	9430115		/ /
PGC	179	T	BACUPARI	S. DOMINGOS DO MA.	PREFEITURA	554000	9362500	300,00	10/01/83
277.8	180	E	BAIXÃO GRANDE	S. DOMINGOS DO MA.	J. FERREIRA DE SOUSA	572800	9369800	187,51	/ /
CAEMA	181	T	BAIXÃO GRANDE	S. DOMINGOS DO MA.	CAEMA	572800	9469800		/ /
CAEMA	182	T	BAIXÃO GRANDE PC-2	S. DOMINGOS DO MA.	CAEMA	572800	9469800		/ /
PGC	183	T	BANCOS	S. DOMINGOS DO MA.	PREFEITURA	546000	9349500	230,00	20/11/91
CAEMA	184	T	CAJUEIRO	S. DOMINGOS DO MA.	CAEMA	566400	9372400		/ /
PGC	185	T	CONDURU	S. DOMINGOS DO MA.	PREFEITURA	574000	9396000		25/12/89
PGC	186	T	FAZENDA STA. MARIA	S. DOMINGOS DO MA.	ZÉ CANELA	553800	9357300	280,00	10/10/86
CAEMA	187	T	MARIA DA EVA	S. DOMINGOS DO MA.	CAEMA	563804	9370902		12/12/89
CAEMA	188	T	PÉ DO MORRO	S. DOMINGOS DO MA.	CAEMA	603229	9396000		/ /
CAEMA	189	T	PÉ DO MORRO	S. DOMINGOS DO MA.	CAEMA	603229	9396000		/ /
CAEMA	190	T	PÉ DO MORRO	S. DOMINGOS DO MA.	CAEMA	603229	9396000		/ /
CAEMA	191	T	PUCUMA	S. DOMINGOS DO MA.	CAEMA	569500	9386500		/ /
CAEMA	192	A	REST. FAMILIAR (SEDE)	S. DOMINGOS DO MA.	CAEMA	568300	9383000	175,00	/ /
CAEMA	193	T	RUA DA ALEGRIA (SEDE)	S. DOMINGOS DO MA.	CAEMA	568300	9383000	175,00	/ /
PGC	194	T	SABONETE	S.DOMINGOS DO MA.	PREFEITURA	555800	9356000		10/05/89

COLETA	PROF.	PROF. NE	COTA NE	BOCA	BOCA H	PROF. ND.	REBAIX.	VAZÃO	CAP. ESP.	UNID. BOMB.	RESERV.	R. SECO	C. ELET	EXECUTOR	AQÜÍF. CAP.	Nº
/ /	170.00							9.60						CPRM	Jc	164
23/11/91	200.00	100.00		8	0.25			0.00		MOTO-BOMBA	5.00				Jc	165
18/11/91	180.00	1.50		6				10.00						TEC-MAR	Jc	166
/ /	170.00							2.88						CAEMA	Jc	167
16/11/71	130.00	13.00	92.86	6		26.00	13.00	27.54	2.110	B. ELÉTRICA	750.00	184		SUDENE	Jc	168
15/11/71	85.00	12.90		6		26.00	12.10	37.08	9.006	B. ELÉTRICA	750.00	118		SUDENE	Jc	169
/ /	148.00	16.00		8		30.20	14.20	16.65	1.170		750.00	25			Jc	170
03/06/81	112.00	8.40		6		54.00	4.40	16.00	3.636		750.00	153			Jc	171
/ /	111.00	14.30		8		34.00	5.02	16.70	3.326		750,00	88			Jc	172
/ /	124.00	19.95		8		52.00	9.20	23.22	2.520		750.00	320			Jc	173
/ /	130.00		12.30	8		17.60	5.30	20.55	3.870						Jc	174
18/11/91	122.00	22.00		6		23.00	1.00	36.00	36.000					TEC-MAR	Jc	175
15/11/91	0.00							0.00		MOTO-BOMBA	3.00				Jc	176
15/11/91	165.00	33.00	87.00	6	0.10	40.00	7.00	30.00	4.280	MOTO-BOMBA	3.00			TEC-MAR	Jc	177
16/11/71	13.00	12.50		51				0.00						SUDENE	Kc	178
26/11/91	147.00	99.00		6	1.00	116.00	17.00	7.00	0.411	MOTO-BOMBA					Jc	179
25/01/72	15.90	14.00	173.51	31	0.30			0.00						SUDENE	Jc	180
/ /	73.00	13.84				16.38	2.54	17.20	6.771						Jc	181
/ /	152.00	18.73		6		52.95	34.22	12.00	0.350				144		TRs	182
26/11/91	132.00	46.00	184.00	6	0.50			8.00		MOTO-BOMBA	5.00				Jc	183
/ /	86.00	32.60		6		37.40	4.80	9.57	1.993						Jc	184
02/12/91	101.00	70.00		6	0.50			25.00		MOTO-BOMBA	5.00				Jc	185
26/11/91	180.00	80.00	200.00	6	0.45			0.00		MOTO-BOMBA	5.00				TRs	186
/ /	148.00	57.00		12		67.10	10.10	7.20	0.712						Jc	187
/ /	80.00	8.55		6		13.93	5.38	18.90	3.550						Jc	188
/ /	125.00	8.52		6		41.06	32.54	10.59	0.325						Jc	189
/ /	125.00	55.00		6		35.00	20.00	0.00					701		Jc	190
/ /	121.00							0.00					310		Jc	191
16/05/79	96.00							0.00					83		Jc	192
/ /	201.68	55.20		8		77.23	22.03	46.58	2.114				153		TRs	193
26/11/91	150.00	120.00		6	0.65			10.00		MOTO-BOMBA	5.00				Jc	194
27/11/91	140.00	30.00		6	0.35			0.00		MOTO-BOMBA	5.00		308		Jc	195
08/06/82	78.00							0.00							Jc	196
/ /	24.00					34.82	10.82	9.60	0.887				55		Jc	197
/ /	72.00	16.50	160.50			22.34	5.84	15.84	2.710						Jc	198
/ /	78.00	18.00	158.00	6		34.80	15.80	10.28	0.650				76		Jc	199
/ /	74.53	30.00	146.00	12		33.00	3.00	6.26	2.086						Jc	200
/ /	204.00	57.00	119.00	8		100.45	43.45	60.99	1.403						TRs	201
/ /	127.00	63.00	113.00			65.71	2.71	6.80	2.500				55		Jc	202
27/01/72	85.00	42.50	134.68	6				0.00					145	SUDENE	Jc	203
/ /	67.00	22.13	154.87	6		23.69	1.56	13.20	8.461						Jc	204

SB.23-X-C (Presidente Dutra)

FONTE	Nº	SIMB.	LOCAL	MUNICÍPIO	PROPRIETÁRIO	COORD.X	COORD.Y	COORD.Z	PERFUR.
PGC	195	T	SÃO JOÃO DA MATA	S. DOMINGOS DO MA.	PREFEITURA	594800	9390000		/ /
CAEMA	196	T	SEDE	S. DOMINGOS DO MA.	CAEMA	568300	9383000	177,00	/ /
CAEMA	197	A	SEDE	S. DOMINGOS DO MA.	CAEMA	567300	9383000	177,00	/ /
CAEMA	198	T	SEDE	S. DOMINGOS DO MA.	CAEMA	567300	9383000	177,00	/ /
CAEMA	199	A	SEDE	S. DOMINGOS DO MA.	CAEMA	567300	9383000	176,00	/ /
CAEMA	200	A	SEDE	S. DOMINGOS DO MA.	CAEMA	567300	9383000	176,00	/ /
CAEMA	201	T	SEDE	S. DOMINGOS DO MA.	CAEMA	567300	9383000	176,00	/ /
CAEMA	202	A	SEDE	S. DOMINGOS DO MA.	CAEMA	567300	9383000	176,00	/ /
278.8	203	T	SEDE (PÇA. 1o. MAIO)	S. DOMINGOS DO MA.	CAEMA	567300	9383000	177,18	31/01/67
CAEMA	204	T	SEDE (R. G. DE SOUSA)	S. DOMINGOS DO MA.	CAEMA	567300	9383000	177,00	/ /
279.8	205	T	SEDE (R. P. JUNIOR)	S. DOMINGOS DO MA.	CAEMA	567300	9383000	177,00	15/11/65
280.8	206	A	SEDE (TRAV. 1o. MAIO)	S. DOMINGOS DO MA.	CAEMA	567300	9383000	177,00	/ /
PGC	207	T	VIOLA	S. DOMINGOS DO MA.	PREFEITURA	587700	9385200		01/01/89
PGC	208	A	VIOLA	S. DOMINGOS DO MA.	PREFEITURA	587700	9385200		02/03/88
PGC	209	T	ALTO DO COCO	TUNTUM	PREFEITURA	535000	9428200		01/11/81
PGC	210	T	ARARAS	TUNTUM	PREFEITURA	544200	9412000		07/08/87
309.8	211	E	BAIXÃO DOS MAGROS	TUNTUM	ONOFRE LAURINDO	537839	9381920	181,25	/ /
310.8	212	E	BARRIGUDA	TUNTUM	JOSÉ DE S. LIMA	536450	9372707	177,51	/ /
PGC	213	T	CRIOLI DO BINA	TUNTUM	PREFEITURA	546000	9407800		01/06/82
CAEMA	214	T	EST. NOVA VIDA P-7	TUNTUM	CAEMA	539000	9419000		/ /
PGC	215	T	FAVEIRA	TUNTUM	PREFEITURA				20/01/85
PGC	216	T	IPUIRU	TUNTUM	PREFEITURA	515400	9391800		05/06/79
311.8	217	E	NAZARÉ	TUNTUM	OSÓRIO C. DE SOUSA	552163	9404940	204,80	/ /
PGC	218	T	NOLETA	TUNTUM	PREFEITURA	548000	9423000		02/05/88
312.8	219	E	POÇOS	TUNTUM	JOÃO ANISIO	548922	9390685		/ /
CAEMA	220	T	RUA V. FREIRE 143	TUNTUM	CAEMA	539000	9419000		/ /
CAEMA	221	T	SANTA FILOMENA	TUNTUM	CAEMA	547922	9391585		28/02/76
313.8	222	T	SEDE	TUNTUM	CAEMA	539000	9419000	109,88	30/11/70
314.8	223	T	SEDE - P-3	TUNTUM	CAEMA	539000	9419000		18/12/66
CAEMA	224	A	SEDE	TUNTUM	CAEMA	539000	9419000		11/08/75
CAEMA	225	A	SEDE	TUNTUM	CAEMA	539000	9419000		/ /
CAEMA	226	T	SEDE	TUNTUM	CAEMA	539000	9419000		/ /
CAEMA	227	T	SEDE - P-9	TUNTUM	CAEMA	539000	9419000		/ /
PGC	228	T	SERRA GRANDE	TUNTUM	PREFEITURA				/ /
CAEMA	229	T	VILA CEARENSE (SEDE)	TUNTUM	CAEMA	539000	9419000		/ /

COLETA	PROF.	PROF. NE	COTA NE	BOCA	BOCA H	PROF. ND.	REBAIX.	VAZÃO	CAP. ESP.	UNID. BOMB.	RESERV.	R. SECO	C. ELET	EXECUTOR	AQÜÍF. CAP.	Nº
27/01/72	69.00	28.95	148.05	6		31.05	2.00	6.69	3.340	B.ROTATIVA		164		SUDENE	Jc	205
27/01/72	59.00	32.40	144.60	6		34.40	2.00	5.97	2.980					SUDENE	Jc	206
27/11/91	150.00			6	0.60			0.00		MOTO-BOMBA	5.00				TRs	207
27/11/91	150.00			4	0.50			0.00							TRs	208
19/11/91	94.00	4.27		6		40.70	36.43	5.10	0.139					ZÉ MELO	Ki	209
19/11/91	136.00	17.00		6	0.80	21.00	4.00	12.00	3.000	MOTO-BOMBA	4.00			H. ARAÚJO	TRs	210
28/01/72	27.10	26.80	154.45	47	0.50			0.00						SUDENE	Kg	211
28/01/72	9.70	9.00	168.51	67				0.00						SUDENE	Kg	212
19/11/91	91.00	31.00		6		34.65	3.65	10.20	2.790					ZÉ MELO	Jc	213
/ /	116.00	11.60		6		23.52	11.92	36.80	3.080						Jc	214
29/11/91	80.00	30.00		6		36.80	6.80	2.85	0.419	MOTO-BOMBA	5.00	78		DNOCS	Jc	215
19/11/91	205.00	37.00		6	0.10			20.00		MOTO-BOMBA	25.00	415		H. ARAÚJO	TRs	216
27/01/72	14.90	12.90	191.90	68	0.40			0.00						SUDENE	Kc	217
18/11/91	152.00	16.00		6		20.00	4.00	18.00	4.500					TEC-MAR	Jc	218
27/01/72	6.90	2.10		35	0.10			0.00						SUDENE	Kg	219
28/04/81	105.00							0.00				109			Jc	220
29/10/79	48.00	26.20		6		26.84	0.64	6.05	9.450			50			Kg	221
18/11/71	110.00	2.70	107.18	6	0.50	12.40	9.70	18.86	1.940			130		SUDENE	Jc	222
18/11/71	100.00	4.05		6	0.30	15.00	14.95	24.73	1.650	MOTO-BOMBA		161		SUDENE	Jc	223
/ /	98.00	3.53				13.00	9.47	18.00	1.900			114			Jc	224
/ /	54.00	7.50				16.55	9.50	20.00	2.209			116			Ki	225
18/09/82	155.00	2.80				17.40	14.60	21.00	1.430			154			Jc	226
/ /	112.00	11.00		6		15.00	4.00	14.00	3.500						Jc	227
19/11/91	260.00	13.00				17.00	4.00	80.00	2.000						TRs	228
/ /	90.00	9.00		6		17.60	8.60	15.00	1.744						Jc	229

ABREVIATURAS:

0327.08 = Inventário Hidrogeológico Básico do Nordeste; PGC = Programa Grande Carajás; CAEMA = Companhia de Água e Esgoto do Maranhão; CPRM = Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais; SIMB. = Símbolo; T = Poço Tubular; A = Poço Tubular Abandonado; E = Poço Tubular Escavado; COORD. = Coordenada; PERFUR. = Perfuração; PROF. = Profundidade; PROF. NE = Profundidade do Nível Estático; COTA NE; Cota do Nível Estático; PROF. ND = Profundidade do Nível Dinâmico; REBAIX. = Rebaixamento; CAP. ESP. = Capacidade Específica; UNID. BOMB. = Unidade de Bombeamento; RESERV. = Reservatório; R. SECO = Resíduo Seco; C. ELET. = Condutividade Elétrica; AQÜÍF. CAP. = Aqüífero Captado

características físicas). Dois cartogramas complementam as informações, exibindo elementos relativos à qualidade das águas e às condições de exposição e vulnerabilidade dos aqüíferos à poluição.

A produtividade dos aqüíferos é representada por zonas, sendo baseada nas vazões e profundidades. Na representação pontual, o tamanho do símbolo oscila de acordo com a vazão, definida para um rebaixamento de nível de água de 25m.

Os tipos químicos das águas foram determinados por intermédio de diagramas específicos, onde foram plotados os valores das análises químicas. Nos cartogramas marginais, os dados químicos são indicados pontualmente e em isolinhas (TDS).

Por seu turno, a avaliação da vulnerabilidade dos aqüíferos foi executada levando-se em consideração: tipologia das ocorrências das águas subterrâneas (aqüíferos confinados, semiconfinados e não-confinados, além das águas surgentes); tamanhos dos grãos de consolidação; litologias; e profundidades. Foi atribuído, a cada parâmetro, um fator numérico variando de 0 (zero) a 1 (um), de acordo com o Sistema DIOS para a avaliação do índice de vulnerabilidade de aqüíferos (Foster, 1987).

5.2 Características Hidrogeológicas

A Folha Presidente Dutra está localizada sobre terrenos sedimentares da Bacia do Parnaíba, oferecendo ótimas perspectivas de reservas de água subterrânea, bem como acesso fácil aos aqüíferos de superfície. No quadrante sudeste da área, ocorrem alguns derrames basálticos com baixa perspectiva regional de armazenamento de água.

As informações sobre o comportamento hidrogeológico da área foram baseadas nas litologias, no cadastro de pontos de água e em trabalhos anteriores, os quais apontam esta região como favorável para a explotação de água subterrânea que exija grandes demandas, buscando-se entretanto aqüíferos de subsuperfície, como por exemplo o Sambaíba.

Com base na tabela 5.1, elaborou-se a tabela 5.2, contendo os valores médios, máximos e mínimos das principais características hidráu-

***Tabela 5.2** – Características dos poços tubulares e escavados. Abreviaturas: PROF. = Profundidade; NE = Nível Estático; ND = Nível Dinâmico; Reb = Rebaixamento; Capac. Especif. = Capacidade Específica; Cond. Elétrica = Condutividade Elétrica.*

Característica / Manancial		Prof. (m)	NE (m)	ND (m)	Reb (m^3/h)	Vazão (m^3/h)	Capac. especif. (m^3/h/m)	Resíduo Seco (mg/l)	Cond. Elétrica ohms/cm	pH
Poço Tubular	Média	141	25	26	9	13	15,85	241	475	6,68
	Máximo	350	120	120	59	144	48,970	1.645	3.190	8,90
	Mínimo	54	1,50	9	0,42	0,46	0,060	25	40	3,66
Poço Manual	Média	14	12	–	–	–	–	104		6,90
	Máximo	36	35	0,30	6	–		111	109	7,00
	Mínimo	3	0,40	0,30	6	–		97	97	6,00

licas e químicas, com vista à conceituação imediata da avaliação do manancial subterrâneo. As vazões de teste de 150 poços tubulares, indicam que 40% apresentam volumes entre 10 e 40m^3/h; 30,7% entre 0 e 3m^3/h; 21,3% entre 3 e 10m^3/h e 8% maior que 40m^3/h. Deve-se salientar que os melhores resultados encontram-se nos poços com profundidade da ordem de 100m e 150m (tabela 5.1).

A análise dos perfis de poços perfurados na área, de furos estratigráficos da PETROBRÁS e dos mapas de isópacas de Caputo (1984), permitiu a elaboração da tabela 5.3(a,b), onde se encontram representadas, respectivamente, as espessuras para as diversas unidades da Bacia do Parnaíba e as profundidades para os aqüíferos representativos na folha.

Os dados acima expostos permitiram a elaboração da tabela 5.4, onde constam as características hidrogeológicas das formações aflorantes e de subsuperfície, as quais constituem os aqüíferos descritos adiante.

Tabela 5.3a – ***Espessura dos aqüíferos da Bacia do Parnaíba, segundo mapas de isópacas de Caputo (1984).***

FURO / AQÜÍFERO	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
Itapecuru	139	90	0	0	37	0	0	0	0	0	0	0
Codó	38	35	33	24	14	10	8	0	0	0	0	0
Grajaú	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Corda	75	57	45	5	95	80	75	80	125	120	115	85
Mosquito	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sambaíba	380	300	200	0	350	275	100	0	300	150	50	0
Motuca	220	205	135	0	215	200	105	0	200	150	60	0
Pedra de Fogo	215	200	160	130	216	190	157	125	200	175	140	110
Piauí	320	280	230	190	330	295	240	200	.320	295	245	200
Poti	280	280	270	260	285	295	290	280	330	280	320	285
Longá	85	70	85	110	120	110	120	100	150	130	120	105
Cabeças	138	165	188	250	150	182	220	283	155	187	225	295
Pimenteiras	505	420	390	380	540	450	390	380	510	450	390	350
Serra Grande	165	160	155	160	170	150	145	145	165	140	120	100
Topo Embasamento	2.551	2.262	1.891	1.509	2.522	2.189	1.850	1.593	2.405	2.127	1.785	1.530

Tabela 5.3b – ***Profundidade dos principais aqüíferos na folha (m)***

FURO / AQÜÍFERO	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
Corda	168	125	33	24	51	10	8	0	0	0	0	0
Sambaíba	243	182	78	29	146	90	83	80	125	120	115	85
Poti-Piauí	1058	887	573	159	927	707	445	205	825	595	365	195
Cabeças	1.743	1.517	1.158	719	1.662	1.407	1.095	785	1.575	1.350	1.050	785

***Tabela 5.4** – Características hidrogeológicas dos aqüíferos. Abreviaturas: SD = Sem denominação; m = metros*

Período	Formação	Espessura Média (m)	Rocha	Características hidrogeológicas
Quaternário	Aluviões (sd)	8	Siltes, areias e cascalhos	Boas perspectivas hidrogeológicas para baterias de poços rasos, visto altas as condições de recargas provenientes dos cursos d'água que as drenam.
Cretáceo	Itapecuru	130	Arenitos, siltitos e argilitos	Potencialidade hidrogeológica fraca, devido principalmente a sua constituição litológica.
	Codó	25	Siltitos e folhelhos predominantes, intercalações de arenitos e calcários	Baixa potencialidade hídrica. Ocorre descontinuamente em superfície. Água de potabilidade passável.
	Grajaú	30	Arenito médio, folhelho e sílex	Ocorre em superfície, em zonas restritas com boa favorabilidade como complemento para o Sistema Itapecuru.
Jurássico	Corda	80	Arenitos finos a médios, argilosos, níveis de siltitos e folhelhos	De potencialidade média, satisfatória para vazões inferiores a $50m^3$. Ocorrência em subsuperfície.
Triássico	Mosquito e/ou Sardinha	40	Basalto	Permeabilidade ocasional de fraturas, não recomendado para captação de água subterrânea. Unidade não aflorante.
	Sambaíba	230	Arenitos finos a médios, com películas de argilas	É considerada apenas em subsuperfície. Potencialidade mais promissora dentre as unida- des mesozóicas. Água de boa qualidade.
Carbonífero	Piauí / Poti	260 / 290	Arenitos finos a médios, intercalações de siltitos e folhelhos, conglomerados	Ocorrem apenas em subsuperfície. Formam um sistema de potencialidade elevada no âmbito da Bacia do Parnaíba. Opção para captação profunda (>900m).
Devoniano	Cabeças	200	Arenitos médios a grosseiros, micáceos, conglome- ráticos, mal classificados.	Ocorre em subsuperfície. Aqüífero de permeabilidade elevada e alta potencialidade hídrica para armazenamento de água subterrânea.

Com a finalidade de determinar as espessuras e profundidades das camadas, bem como o topo do embasamento, foram elaborados os blocos diagramas da figura 5.1(a,b,c,d) usando-se os valores das espessuras e profundidades das camadas dos aqüíferos de subsuperfície: Cabeças, Poti-Piauí, Sambaíba e Corda, contidos nas tabelas 5.3a e b.

Com a utilização de parâmetros hidrogeológicos e topográficos elaborou-se a carta de zoneamento hidrogeológico, a qual exibe três zonas de características distintas para a captação de água subterrânea:

Zona 1 - área de captação profunda para poços entre 150 e 1.300 m, onde poderão ser explotados os aqüíferos Sambaíba e Poti-Piauí, com possível vazão acima de $100m^3/h$, obtendo-se água de boa qualidade.

Zona 2 - área delimitada para captação por poços de até 220m direcionados para os aqüíferos Itapecuru, Grajaú, Corda e de captação rasa nas aluviões, podendo ser explotadas vazões da ordem de $40m^3/h$, com água de boa qualidade.

Zona 3 - área formada por platôs, não recomendada para captação de água subterrânea devido as elevadas profundidades dos níveis estáticos.

Com o respaldo dos conhecimentos da geologia aflorante, de subsuperfície e das princi-

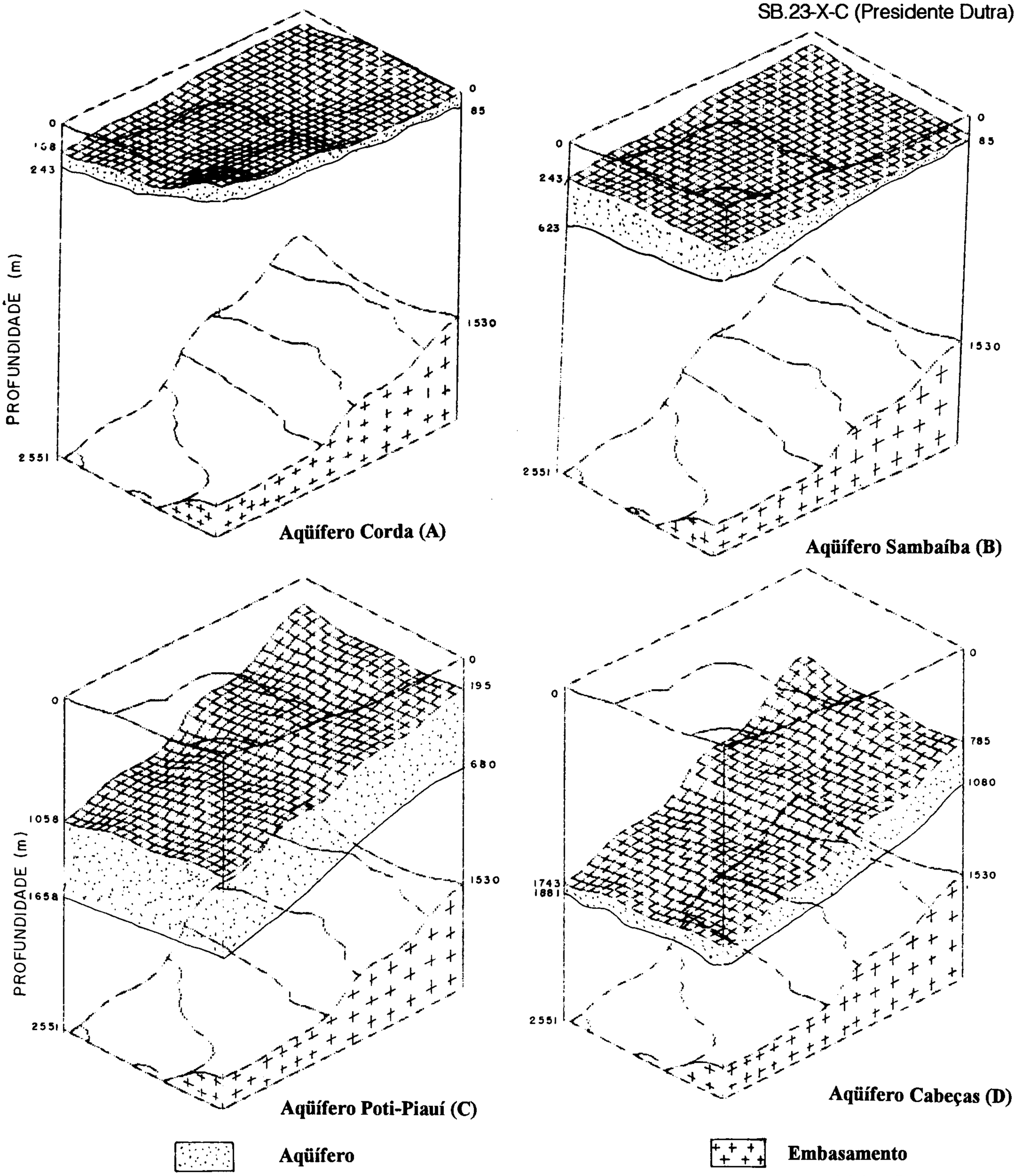


Figura 5.1a,b,c,d – *Distribuição especial dos aqüíferos Corda (a), Sambaíba (b), Poti-Piauí (c) e Cabeças (d) elaborada a partir das tabelas 5.3a e b.*

pais características hidrogeológicas, foi possível elaborar a Carta das Condições de Exposição e Vulnerabilidade dos Aqüíferos, apresentada como encarte da Carta Hidrogeológica. Com este conceito, definiu-se cinco áreas para as condições de exposição dos aqüíferos:

– área de recarga em aqüífero de elevada a média permeabilidade;

– área de recarga em Coberturas Detrítico-Lateríticas inconsolidadas sobre aqüífero de baixa permeabilidade;

– área de recarga em aqüífero de baixa permeabilidade;

– área de rochas básicas impermeáveis que constituem soleiras aos aqüíferos subjacentes;

– área de superfície de rochas pelíticas semi-impermeáveis a impermeáveis.

A vulnerabilidade dos aqüíferos à poluição é caracterizada pela maior ou menor facilidade dos mesmos serem contaminados por agentes externos. Neste trabalho, adotou-se o explicitado no Sistema DIOS para a avaliação do índice de vulnerabilidade de aqüíferos de Foster (1987), sendo definidas quatro classes de vulnerabilidade: negligenciável, baixa, moderada e alta.

a) Vulnerabilidade negligenciável - foi definida para as áreas onde ocorrem os sedimentos pelíticos da Formação Codó e rochas básicas da Formação Mosquito.

b) Vulnerabilidade baixa - corresponde as coberturas detríticas resultantes de processos de arenização e coberturas detrítico-lateríticas que ocorrem formando elevações de destaque topográfico, bem como as áreas dos sedimentos pelíticos-psamíticos das formações Pastos Bons e Motuca.

c) Vulnerabilidade moderada - definida nas áreas de ocorrência das formações superficiais (arenitos e conglomerados) e das unidades Itapecuru e Corda.

d) Vulnerabilidade alta - reservada as aluviões e a formação Grajaú. Nessa área, a facilidade da contaminação está ligada diretamente a baixa profundidade da superfície do lençol freático, que é reduzido durante o período chuvoso, quando o sistema está em constante renovação de suas águas.

Os aqüíferos que atualmente são explotados ou que poderão vir a contribuir no suprimento da demanda de água subterrânea serão sumariamente descritos abaixo:

5.2.1 Aqüífero Cabeças

Ocorre em subsuperfície sob toda a extensão da área, com profundidade variável entre 780m e 1.740m, aumentando de leste para oeste (figura 5.2).

Litologicamente, é representado por arenitos porosos, permeáveis, de granulometria média a grosseira, micáceos, conglomeráticos e mal classificados. Por essa razão, é considerado um excelente aqüífero, constituindo um grande depósito de água subterrânea e representando uma boa opção para a captação, quando os aqüíferos sobrepostos não suprirem a demanda desejada.

Como referência, serão expressas, a seguir, as características hidrodinâmicas relacionadas por Pessoa (1979) para a região do vale do Gurguéia, visto a ausência de poços que explotem esse aqüífero nessa região: $K = 6,89 \times 10^{-5}$ m^2/s; $T = 1,81 \times 10^{-2}$ m/s; e $S = 1,99 \times 10^{-5}$.

5.2.2 Sistema Aqüífero Poti-Piauí

As formações que constituem esse sistema aqüífero ocorrem apenas em subsuperfície, por toda a área, com espessuras médias,

respectivamente, de 290m e 260m. A sua ocorrência verifica-se a profundidades que variam de 200m a 1.000m (figuras 5.1c e 5.3).

Esse sistema aqüífero é tratado no âmbito da Bacia do Parnaíba como de características hidrogeológicas boas, com potencialidade elevada, representando assim uma opção de captação de água subterrânea quando houver a necessidade de altas vazões.

Suas características hidrodinâmicas foram determinadas pela SERET S/A Engenharia na região de Balsas, sendo aqui apresentadas como referência, face a ausência de determinações na área:
$K = 3{,}5x10^{-3}$ m²/s; $T = 6{,}3x10^{-6}$ m/s; e $S = 9{,}2x10^{-4}$.

5.2.3 Aqüífero Sambaíba

É constituído por arenitos finos a médios, porosos, homogêneos e limpos, geralmente expondo fraturas verticais, o que lhe confere condição hidrogeológica altamente promis-

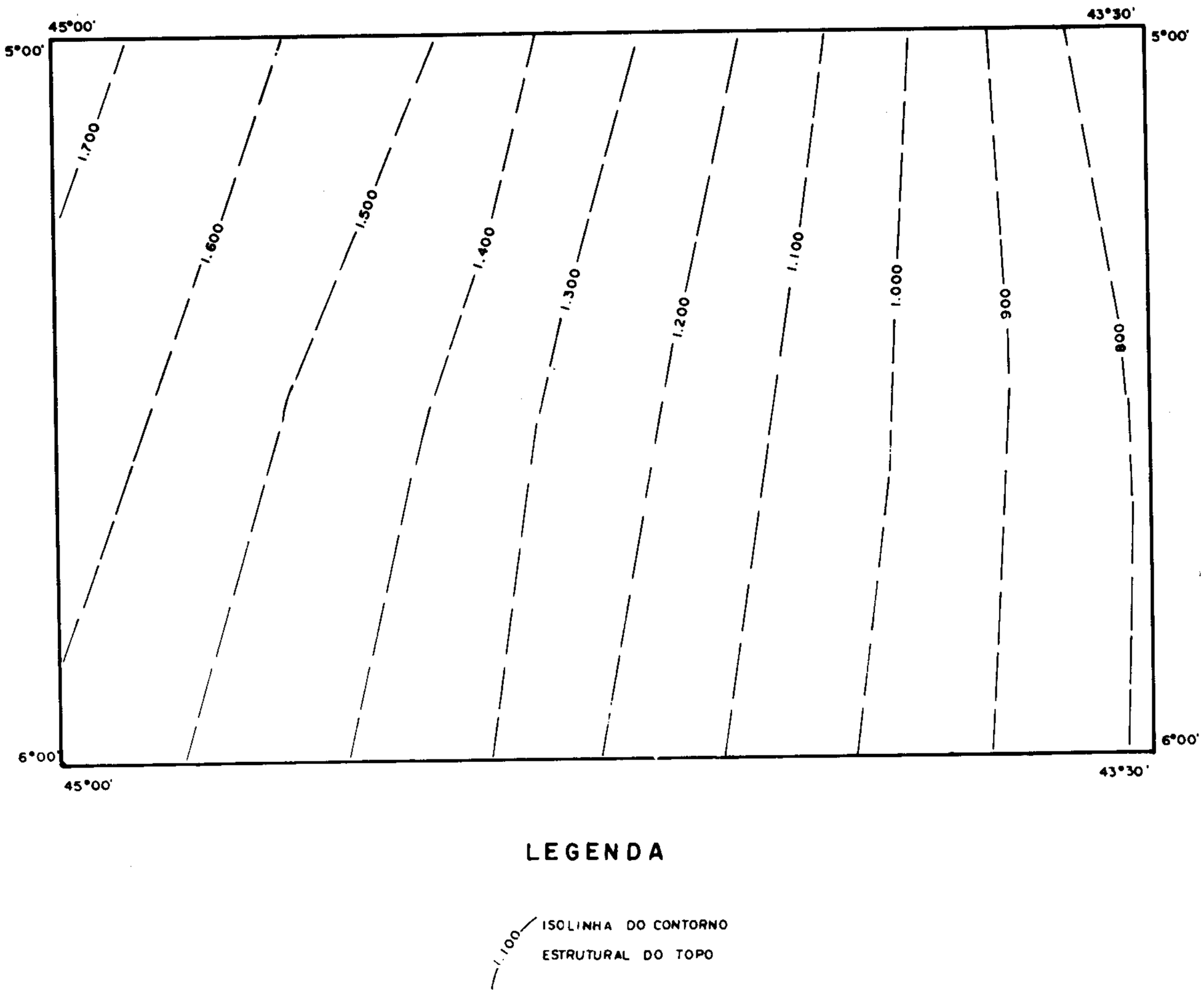


Figura 5.2 – *Contorno estrutural do topo do Aqüífero Cabeças.*

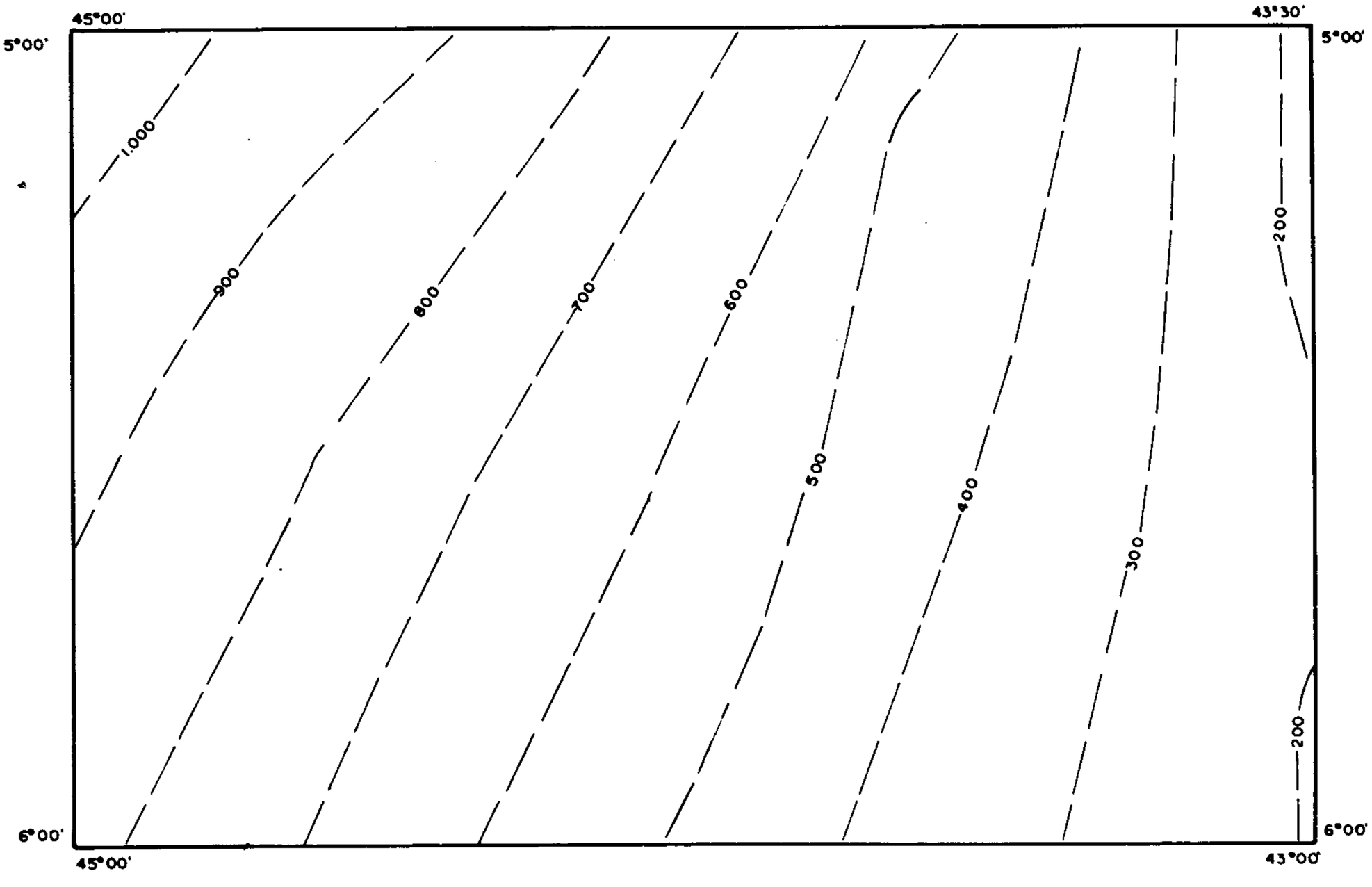


Figura 5.3 – *Contorno estrutural do topo do aQüífero Poti-Piauí.*

sora ao armazenamento de água subterrânea. Por suas características, apresenta-se como o mais promitente aqüífero em potencialidade hídrica do Mesozóico da Bacia do Parnaíba.

Embora não aflore no âmbito da folha, é explotado por aproximadamente 34% dos poços perfurados na área, com profundidades de captação variando de 100m a 350m, conforme as figuras 5.1b e 5.4. Esses poços apresentam as seguintes características:

	MÉDIO	MÁXIMO	MÍNIMO
Profundidade (m)	191	350	96
Nível Estático (m)	42	100	9
Nível Dinâmico (m)	57	103	13
Rebaixamento (m)	18	58	0,42
Vazão (m^3/h)	24	144	0,46
Captação Específica ($m^3/h/m$)	3,64	48,97	0,06

5.2.4 Aqüífero Corda

É constituído por arenitos quartzosos, bimodais, com grãos arredondados a subarredondados e bem selecionados (tabela 5.4), nos quais ocorrem intercalações de pelitos arroxeados, maciços e bastantes fraturados.

Hidrologicamente, trata-se de um aqüífero de potencialidade média, em virtude da presença de arenitos de granulometria média a conglomerática em sua composição litológica. Sua ocorrência não aflorante (figura 5.5) apresenta características de confinamento na porção noroeste da folha, sendo marcado pela presença do poço tubular jorrante de nº 166, na localidade de Santa Maria, município de Presidente Dutra.

A bateria de poços que vêm captando água desse aqüífero representa 46% dos poços tubulares da área. Verifica-se para o aqüífero as seguintes características:

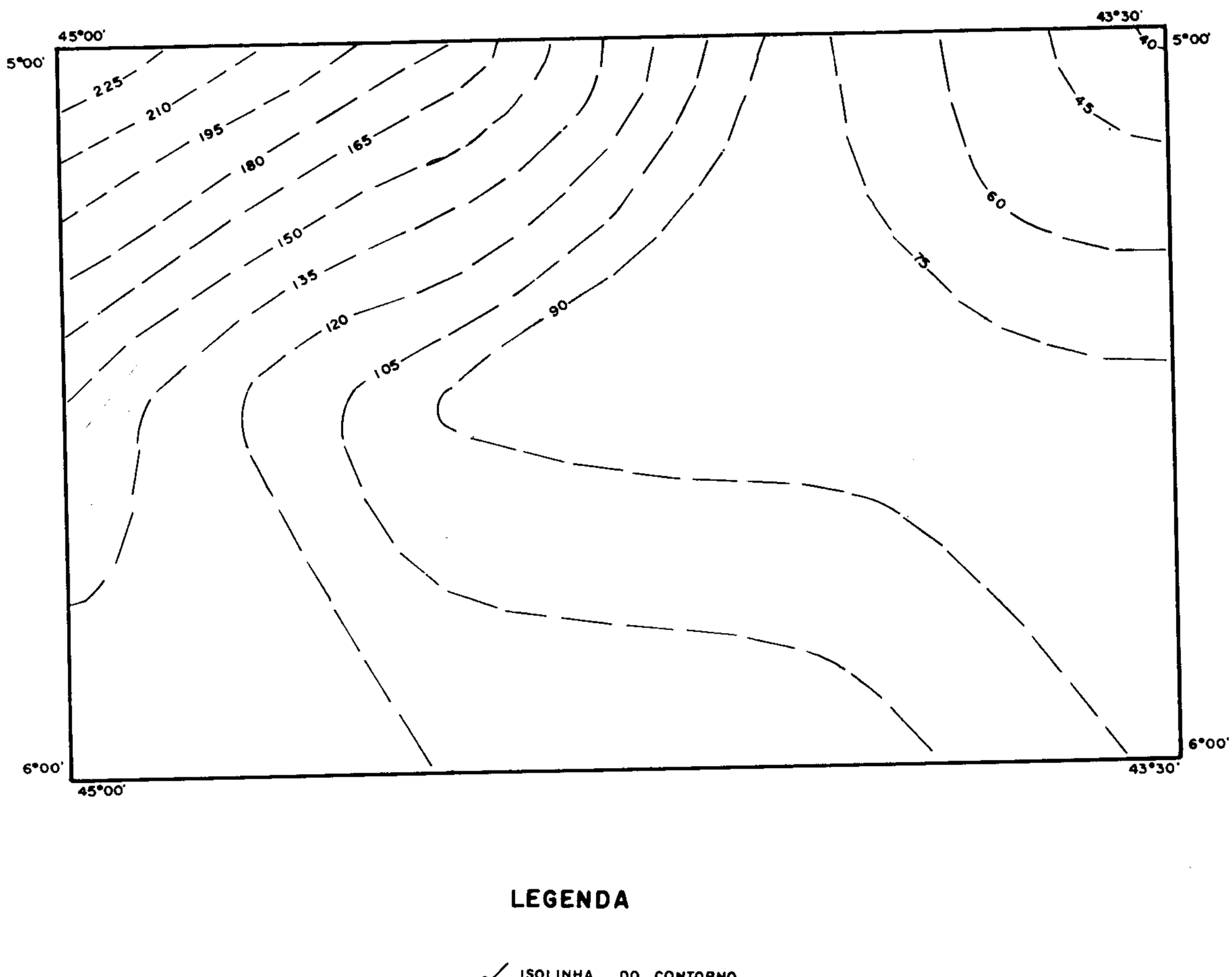


Figura 5.4 – *Contorno estrutural do topo do Aqüífero Sambaíba.*

	MÉDIO	MÁXIMO	MÍNIMO
Profundidade (m)	108	208	65
Nível Estático (m)	29	120	1
Nível Dinâmico (m)	32	116	11
Rebaixamento (m)	9	32	1
Vazão (m^3/h)	19	50	2
Captação Específica ($m^3/h/m$)	4,62	40,00	0,26

5.2.5 Aqüífero Itapecuru

A Formação Itapecuru não é, reconhecidamente, um bom aqüífero, mesmo fornecendo água para pequenas vazões, por não reunir condições para definição de uma potencialidade hídrica satisfatória; é tratado, em certos casos, como aquitardo. Apresenta-se parcialmente laterizado, sendo constituído por arenitos muito finos e pelitos.

Os poços tubulares que explotam esse aqüífero, apresentam as seguintes características:

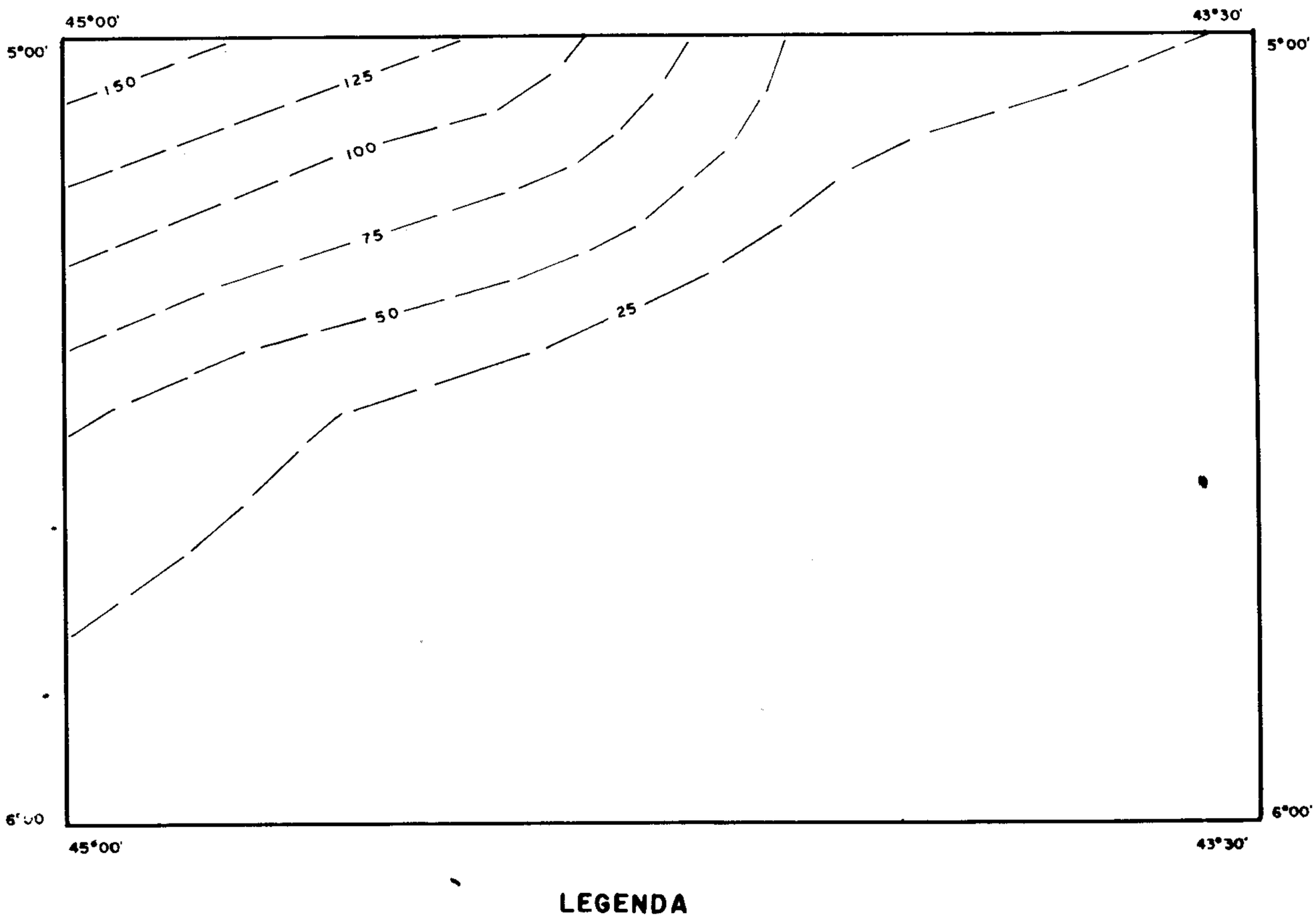


Figura 5.5 – *Contorno estrutural do topo do Aqüífero Corda.*

	MÉDIO	MÁXIMO	MÍNIMO
Profundidade (m)	84	94	70
Nível Estático (m)	23	51	4
Nível Dinâmico (m)	44	56	35
Rebaixamento (m)	30	36	22
Vazão (m^3/h)	4	6	1
Captação Específica ($m^3/h/m$)	0,15	0,27	0,05

5.3 Poços Escavados

O sistema de captação de água subterrânea rasa se distribui sobre os estratos sedimentares das formações Motuca, Pastos Bons, Grajaú, Codó e Corda. Para uma avaliação de suas características hidrogeológicas, foram cadastrados, a título de amostragem, 48 poços, verificando-se a seguinte distribuição: 50% explotam água subterrânea rasa do Aqüífero Corda a uma profundidade média de 13 m; 17% do Itapecuru com profundidade média de 10m; 13% do Grajaú com uma média de 16m de profundidade. Complementam este quadro, com 10% cada, as formações Codó e Pastos Bons/Motuca e tendo, respectivamente profundidades de 10m e 16m.

5.4 Reservas de Água Subterrânea

São aqui consideradas, nas reservas de água subterrânea, as unidades hidrogeológicas de superfície e subsuperfície que contribuam ou possam vir a suprir a demanda de água subterrânea dessa área. Os aqüíferos não aflorantes são, na realidade, de maior importância do que os aflorantes. São calculadas: a vazão de escoamento natural; as reservas permanentes; e as reservas explotáveis, fazendo-se as ressalvas devidas a extrapolação de alguns parâmetros de áreas vizinhas.

5.4.1 Reservas Permanentes

Na estimativa das reservas permanentes dos aqüíferos aflorantes e de subsuperfície foram considerados os volumes de água de saturação e as acumuladas sob pressão (confinamento). Os volumes de água de saturação (Vs) e de água sob pressão (Vp) foram obtidos pelas fórmulas Vs = A x E x u e Vp = Ap x h x S, onde:

A = Área do aqüífero (km^2); E = Espessura média saturada (m); u = Coeficiente de restituição; Ap = Área do aqüífero sobre pressão (km^2); h = Carga hidráulica média (m); e S = Coeficiente de armazenamento.

Os coeficientes de restituição e de armazenamento foram utilizados de trabalhos anteriores realizados na área (*e.g.* Soares Filho, 1979) e em suas proximidades. Os resultados obtidos com a utilização das expressões retromencionadas são apresentados na tabela 5.5.

5.4.2 Vazão de Escoamento Natural

Devido a ausência de determinações das características hidrodinâmicas e das curvas isopiezométricas para a aplicação da equação de Darcy, foi adotada, apenas sobre as áreas aflorantes dos aqüíferos, a fórmula que segue e que indica uma ordem de grandeza do volume de escoamento natural: Qen = Ien x Pm x A, onde: Qen = Vazão de escoamento natural (m^3/ano); Ien = Taxa de infiltração em % (adotada de Soares Filho, 1979); Pm = Pluviometria média anual em mm (tabela 2.1); e A = Área de escoamento natural (km^2)

Os resultados obtidos a partir da expressão acima, para as unidades aflorantes Corda, Grajaú, Codó,Itapecuru e coberturas encontram-se sintetizados na tabela 5.6.

5.4.3 Reservas Exploráveis

Para a obtenção dessas reservas foi considerada a vazão de escoamento natural mais uma parte das reservas permanentes. A vazão de escoamento natural representa o volume de água que é renovado anualmente, podendo ser, desta forma, teoricamente utilizado integralmente sem que haja desequilíbrio dos aqüíferos.

Para efeito dos cálculos das reservas exploráveis, foi considerado um período de 50 anos, levando-se em conta que os programas de viabilidade de água subterrânea, para atendimento a pequenas, médias ou grandes comunidades, devem apresentar um volume que possa suprir a demanda pelo maior espaço de tempo possível.

No cálculo destas reservas foram consideradas, para os volumes de saturação, apenas as áreas livres e seu rebaixamento, enquanto para os volumes sob pressão, consideraram-se as áreas confinadas e a perda de carga hidráulica estimada para o período.

A tabela 5.6 mostra ser a reserva subterrânea explorável constituída pelo somatório das águas de saturação e sob pressão. Tem-se também os recursos totais exploráveis, que são representados pela reserva de água subterrânea explorável acrescido do escoamento natural.

A síntese da reserva dos recursos hídricos subterrâneos atesta o Aqüífero Sambaíba como o de maior recurso total explorável para a área, seguido pelo Corda, neste caso devido a contribuição da vazão de escoamento natural (tabela 5.6).

5.5 Qualidade das Águas Subterrâneas

O estudo hidroquímico das águas subterrâneas da Folha Presidente Dutra foi baseado em análises químicas de 60 amostras de águas, das quais 13 coletadas durante a etapa de campo (12 em poços tubulares e 1 em poço escavado), e 47 pesquisadas junto a empresa de abastecimento e perfuração de poços do estado do Maranhão.

Com base nas determinações químicas, foi elaborada a Carta Hidroquímica apresentada como encarte da Carta Hidrogeológica, onde constam para cada ponto os dados de: dureza total (mg/l $CaCO_3$); índice de troca de base (itb); taxa de adsorção do sódio (SAR); relação Mg/Ca (meq/l); cloreto (mg/l); relação SO_4/Cl (meq/l); resíduo seco (mg/l); e pH, bem como as isolinhas de resíduo seco para os poços tubulares.

O resultado analítico permitiu as seguintes considerações:

Dureza - a tabela 5.7 retrata o grau de dureza para as águas subterrâneas dessa área, com 53% das mesmas enquadrando-se como muito moles a moles (águas de baixo teor de $CaCO_3$).

***Tabela 5.7** – Classificação dos aqüíferos quanto a dureza. Abreviaturas: TRs = Aqüífero Sambaíba; Jc = Aqüífero Corda; Ki = Aqüífero Itapecuru; Relat. = Relativa; e Acum. = Acumulada.*

Dureza ppm mg/1 $CaCO_3$	Classificação de Dureza	Nº de Amostras				Freqüência (%)	
		TRs	Jc	Ki	Total	Relat.	Acum.
0 – 70	Muito Mole	6	10	2	18	30,0	30,0
70 – 120	Mole	6	7	1	14	23,3	53,3
120 – 200	Dura	11	6	–	17	28,4	81,7
> 200	Muito Dura	3	6	2	11	18,3	100,0
TOTAL		26	29	5	60	100,0	–

Tabela 5.5 – Reserva permanente de água subterrânea. Abreviatura: Espes. = espessura

Aqüífero	Área (Km_2)		Coeficiente		Água de Saturação			Água sob Pressão		Reserva Permanente (3)=(1)+(2)	% Sobre o Total
	Água de Saturação	Água sob Pressão	Restituição (u)	Armaze-namento (S)	Espes. Saturada (m)	Volume de rocha Saturada $x10^{-11}m^3$	Volume de Água de Saturação $(x10^{-6}m^3)(1)$	Carga Hidráulica Média (m)	Volume de Água sob Pressão $(x10^{-6}m^3)(2)$		
Itapecuru	4.811	–	$2x10^{-3}$	$2,8x10^{-2}$	40	1.924	385	–	–	385	0,08
Grajaú	4.042	–	$2,8x10^{-2}$	$2,8x10^{-2}$	20	808	2.263	–	–	2.263	0,45
Corda	7.083	10.600	$2,8x10^{-2}$	$2,8x10^{-2}$	50	3.541	9.916	50	14.840	24.756	4,90
Sambaíba	14.800	14.800	$2,8x10^{-2}$	$2,8x10^{-2}$	150	22.200	62.160	110	45.584	107.744	21,33
Piauí	18.400	18.400	$2,5x10^{-2}$	$1,44x10^{-3}$	210	38.640	96.600	560	14.837	11.437	22,05
Poti	18.400	18.400	$2,8x10^{-2}$	$1,44x10^{-3}$	230	42.320	118.496	830	21.991	140.487	27,80
Cabeças	18.400	18.400	$3,2x10^{-2}$	$1,99x10^{-5}$	200	36.800	117.760	1.200	439	118.199	23,39
Total	–	–	–	–	–	146.233	407.580	–	97.691	505.271	100

Tabela 5.6 – Reservas subterrâneas e recursos totais explotáveis. Abreviaturas: Rebx. = Rebaixamento; Vol. = Volume; Res. = Reserva; Sub. = Subterrânea; Rec. = Recursos; Tot. = Total; Explotáv. = Explotável

Aqüífero	Água de Saturação			Água sob Pressão			Res. Sub. Explotável		Escoamento Natural		Rec. Tot. Explotáv.	
	Rebx. Médio Nível 50 anos (m)	Vol. Explotável 6 (x10 m^3) 1 ano	Vol. Explotável 6 (x10 m^3) 50 anos	Perda de Carga Média 50 anos (m)	Vol. Explotável 6 x10 m^3 1 ano	Vol. Explotável 6 x10 m^3 50 anos	6 (x10 m^3) 1 ano	6 (x10 m^3) 50 anos	6 (x10 m^3) 1 ano	6 (x10 m^3) 50 anos	6 (x10 m^3) 1 ano	6 (x10 m^3) 50 anos
Itapecuru	20	3,8	192	–	–	–	3,8	192	16,2	810	20	1.002
Codó	–	–	–	–	–	–	–	–	4,8	240	4,8	240
Grajaú	10	22,6	1.131	–	–	–	22,6	1.131	21,7	1.085	44,3	2.216
Corda	20	79,3	3.966	15	89	4.452	168,3	8.418	91,3	4.565	259,6	12.983
Sambaíba	–	–	–	40	332	16.576	332	16.576	–	–	332	16.576
Piauí	–	–	–	80	42	2.119	42	2.119	–	–	42	2.119
Poti	–	–	–	100	53	2.649	53	2.649	–	–	53	2.649
Cabeças	–	–	–	120	0,88	44	0,88	44	–	–	0,88	44
Total	–	105,7	5.289	–	516,88	25.840	470,58	30.937	134	6.700	756,58	37.829

SB.23-X-C (Presidente Dutra)

Individualmente, o Aqüífero Sambaíba (TRs) apresenta valores mais elevados de dureza, embora não chegue a extrapolar os limites de sua potabilidade.

Resíduo Seco - os resultados apontam um valor médio de 241mg/l, o que indica tratar-se de águas de potabilidade boa. Valores extremos de 25 e 1.645mg/l, caracterizando baixa e elevada concentrações pontuais de sal, provavelmente caracterizam influências localizadas.

Condutividade Elétrica (CE) - os valores determinados em laboratório apresentaram um valor médio de 475 micro-ohms/cm, o que vem confirmar o grau médio de concentração de sais dissolvidos. Entretanto, foram determinados índices extremos de 40 e 3.190 micro-ohms/cm; esta anomalia de maior valor não compromete, porém, o caráter regional de baixa salinidade.

pH - aproximadamente 58% das águas estão enquadradas numa classificação ácida a ligeiramente alcalina, com um pH máximo de 8,9 e médio de 6,8. Cerca de 37% tem pH abaixo de 7 e 4,8% igual a 7.

5.5.1 Fácies Químicas

No Nordeste do Brasil, há uma ligeira predominância das águas cloretadas, seguida das bicarbonatadas (Leal, 1977). Contudo, no âmbito da Folha Presidente Dutra, predominam as águas bicarbonatadas seguida das cloretadas.

Na determinação das fácies químicas, baseada nos resultados analíticos de apenas 38 amostras, foi utilizado o diagrama de Piper-Hill-Langelier, que define as diferentes classes e tipos predominantes de águas existentes nos aqüíferos estudados (figura 5.6). A tabela 5.8 mostra os tipos químicos de cada aqüífero e as freqüências relativa e acumulada.

Águas Bicarbonatadas

As águas bicarbonatadas, onde os íons CO_3+HCO_3 são iguais ou superiores a 60% dos ânions, são predominantes nos aqüíferos estudados, com maioria (63,2%) das amostras analisadas. Trata-se de águas captadas através de poços tubulares provenientes dos aqüíferos Sambaíba, Corda e Itapecuru, com resíduo seco médio de 180mg/l, e dureza em 90% das amostras mole a æ dura. O pH médio é de 7,2. Nesta classe, predominam os tipos cálcicas (37,5%), seguida das mistas (29,1%), sódicas (25%) e magnesianas (apenas 8,4%).

Águas Cloretadas

As águas com predominância igual ou superior a 60% do ânion cloreto sobre os demais, representa 31,5% das classes de águas da área, o que juntamente com as bicarbonatadas (63,2%) compõem praticamente o quadro da folha.

Ocorrem nos aqüíferos Sambaíba, Corda e Itapecuru onde são explotadas através de poços tubulares, apresentando resíduo seco médio de 230mg/l e pH médio de 6,9. Quanto a dureza, 33% são classificadas como muito dura, 33% mole e o restante æ dura. Neste tipo, existe o domínio das águas cloretadas de sódio (50,2%) sobre cloretadas de magnésio (33,3%). Essas águas também pertencem aos aqüíferos Sambaíba e Corda.

Águas Mistas

São águas posicionadas na parte central dos diagramas triangulares, visto não apresenta-

***Tabela 5.8** – Tipos químicos das águas subterrâneas.*

Tipos Químicos	Aqüífero Sambaíba	Aqüífero Corda	Aqüífero Itapecuru	Total	Freqüência (%)	
					Relat.	Acumul.
Águas Bicarbonatadas						
de cálcio	02	05	02	09	23,7	63,2
de magnésio	02	–	–	02	5,3	
de sódio	04	02	–	06	15,8	
mista	03	04	–	07	18,4	
Águas Cloretadas						
de cálcio	–	–	01	01	2,6	31,5
de magnésio	03	01	–	04	10,5	
de sódio	02	03	01	06	15,8	
mista	01	–	–	01	2,6	
Águas Mistas						
mista	02	–	–	02	5,3	5,3
Total	19	15	04	38	100,0	100,00

rem predominância igual ou superior a 60% de um determinado ânion sobre os demais. Essa classe de água ocorre em apenas duas amostras procedentes do Aqüífero Sambaíba.

5.5.2 Potabilidade das Águas

A qualidade das águas para o consumo humano é determinada através do conhecimento de suas propriedades físicas, químicas e bacteriológicas. No caso em questão, foram determinadas apenas as características físico-químicas que permitem determinar a potabilidade, indicando a adequação química ou não da água para o consumo humano.

Utilizando-se a classificação de Schoeller (1955), foi elaborada a tabela 5.9, onde se verifica que mais de 89% das águas da área classificam-se como de potabilidade permanente boa. Ressalvam-se pequenas restrições localizadas, onde o grau de salinidade é um pouco elevado, conferindo um sabor ligeiramente salobro.

***Tabela 5.9** – Distribuição da freqüência da potabilidade com base no resíduo seco (Schoeller, 1955).*

Potabilidade		Resíduo Seco (mg/l)	Nº de Amostras	Freqüência (%)	
				Relativa	Acumulada
Permanente	Boa	50	52	89,65	89,65
	Passável	501 – 1000	05	8,63	98,28
	Medíocre	1001 – 2000	02	17	100
	Má	2001 – 4000	–	–	–
	Momentânea	4001 – 8000	–	–	–

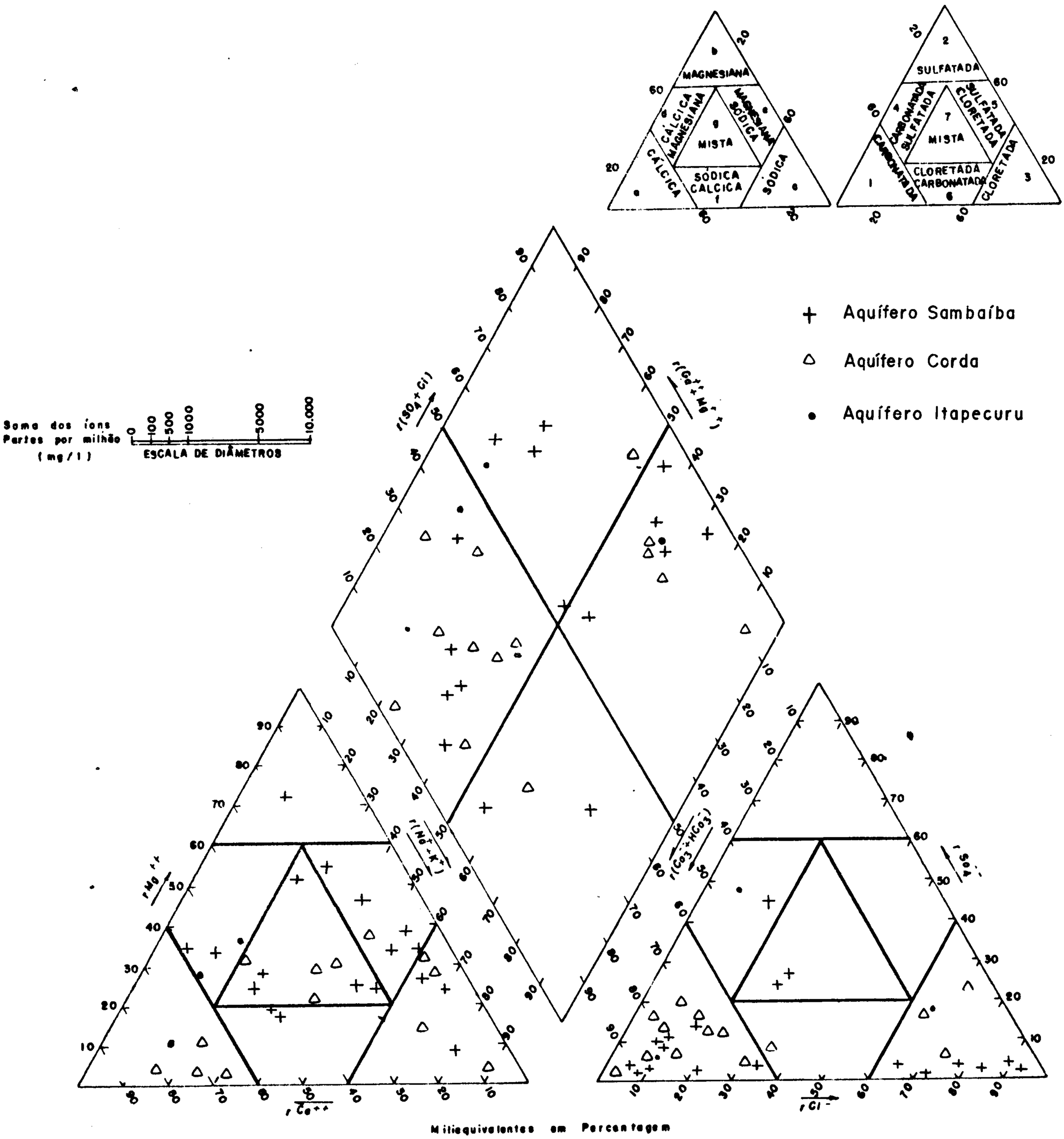


Figura 5.6 – *Fácies hidroquímicas em diagrama de Piper-Hill-Langelier. Aqüíferos Sambaíba, Corda e Itapecuru.*

Através do diagrama logarítmico de Schoeller (modificado por Berkaleff, 1955), foi determinada a potabilidade das águas dos diferentes aqüíferos (figura 5.7). Além de Ca, Mg, Na, K, Cl, SO_4 e CO_3, foram utilizados também dureza (°F) e o pH.

Aqüífero Sambaíba

O diagrama de análise química indica tratar-se de águas, em sua maioria, de potabilidade boa. Ocorrem apenas alguns pontos anômalos, como o de nº 02, com água muito dura, e o 146, com valores elevados de Ca, Mg, dureza, Na e K. Mesmo assim, não ocorre comprometimento do caráter de potabilidade desse aqüífero.

Aqüífero Corda

O resultado das amostras analisadas retrata em sua totalidade águas de potabilidade boa, com algumas ressalvas apenas ao pH. Em certos casos, pode ser recomendável a sua correção, para o completo restabelecimento da potabilidade.

Aqüífero Itapecuru

Embora para um número reduzido de amostras, os valores dos elementos do diagrama de análise de água, encontram-se dentro dos padrões de potabilidade boa. Faz-se pequena ressalva apenas aos valores de pH, que atingem a faixa de potabilidade passável a medíocre, recomendando em certos casos sua correção.

5.5.3 Qualidade das Águas para Irrigação e Consumo Animal

Para a utilização da água subterrânea na irrigação é preciso considerar vários fatores, tais como a salinidade da água e os tipos de solo, clima, culturas e drenagem. O método utilizado para classificação das águas foi o do United States Salinity Laboratory, conforme exposto em Pessoa (1979). Consta de um gráfico semi-logarítmico (figura 5.8), onde na abcissa localiza-se a condutividade elétrica da água e na ordenada o SAR - *Sodium Adsortion Ration.*

Com base no diagrama da figura 5.8, plotados os valores da condutividade elétrica e de SAR, elaborou-se a tabela 5.10, definindo-se os seguintes tipos de água:

Tabela 5.10 – ***Classificação das águas para irrigação.***

Amostra	SAR	Condutiviade Elétrica	Classe	Freqüência Relativa (%)
03	1,46	378	C2-S1	51,6
30	2,45	571		
31	2,40	714		
55	2,77	330		
80	5,05	447		
83	1,00	500		
103	0,32	500		
108	0,23	500		
113	0,44	500		
127	5,71	500		
149	0,42	375		
171	0,16	375		
216	1,31	730		
221	0,03	250		
225	0,26	500		
226	0,71	500		
29	0,74	100	C1-S1	119,4
38	1,42	122		
43	1,60	162		
193	0,40	153		
202	1,01	200		
215	0,47	107		
2	1,10	995	C3-S1	22,6
66	1,16	1.000		
67	1,16	1.000		
114	0,45	1.250		
118	0,45	1.250		
128	1,50	2.000		
129	1,04	2.000		
146	6,03	3.190	C4-S2	3,2
195	8,85	516	C2-S2	3,2

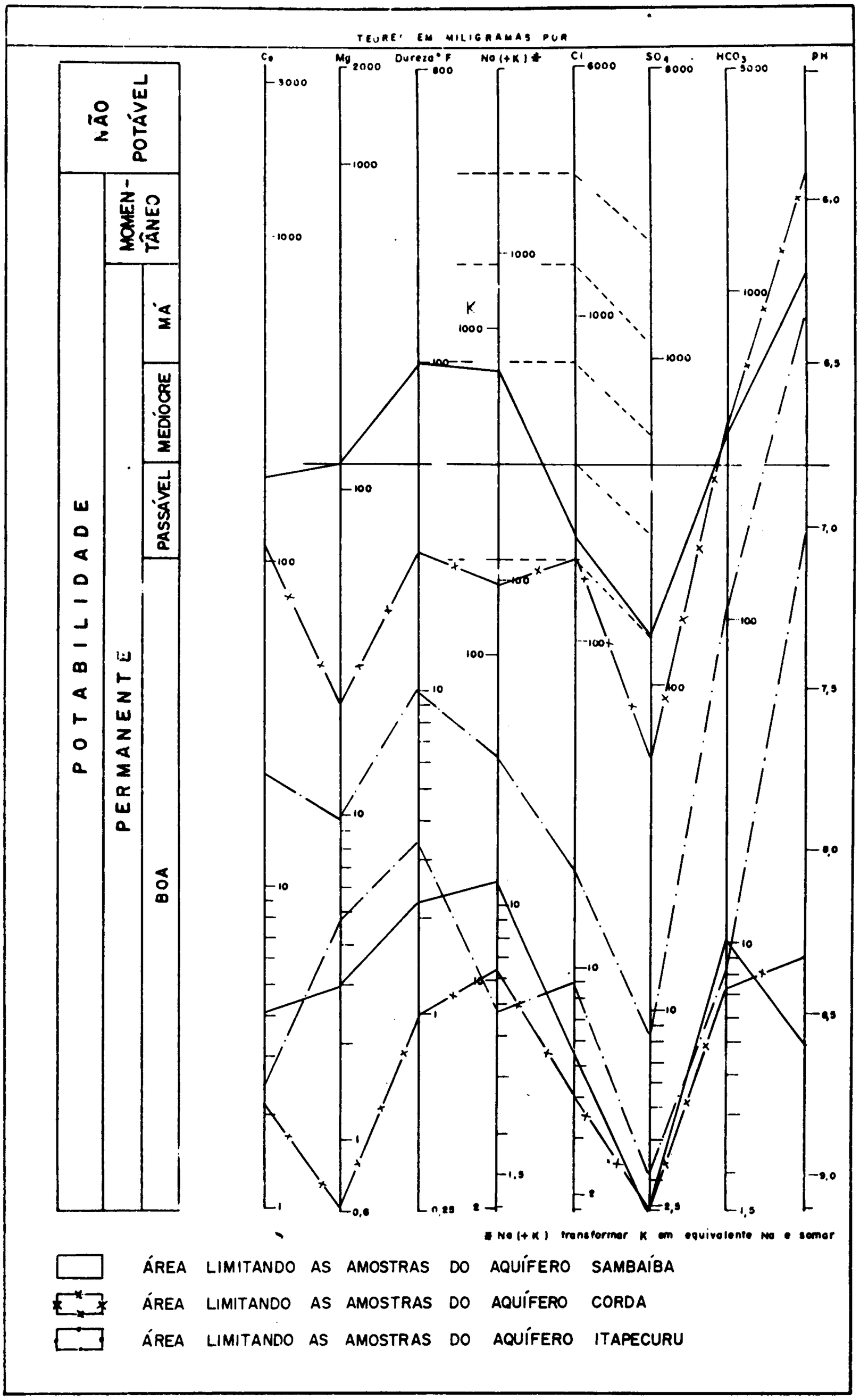


Figura 5.7 – *Análise d'água dos aqüíferos Sambaíba, Corda e Itapecuru em diagrama de Scholler & Berkaleff (1955, modificado).*

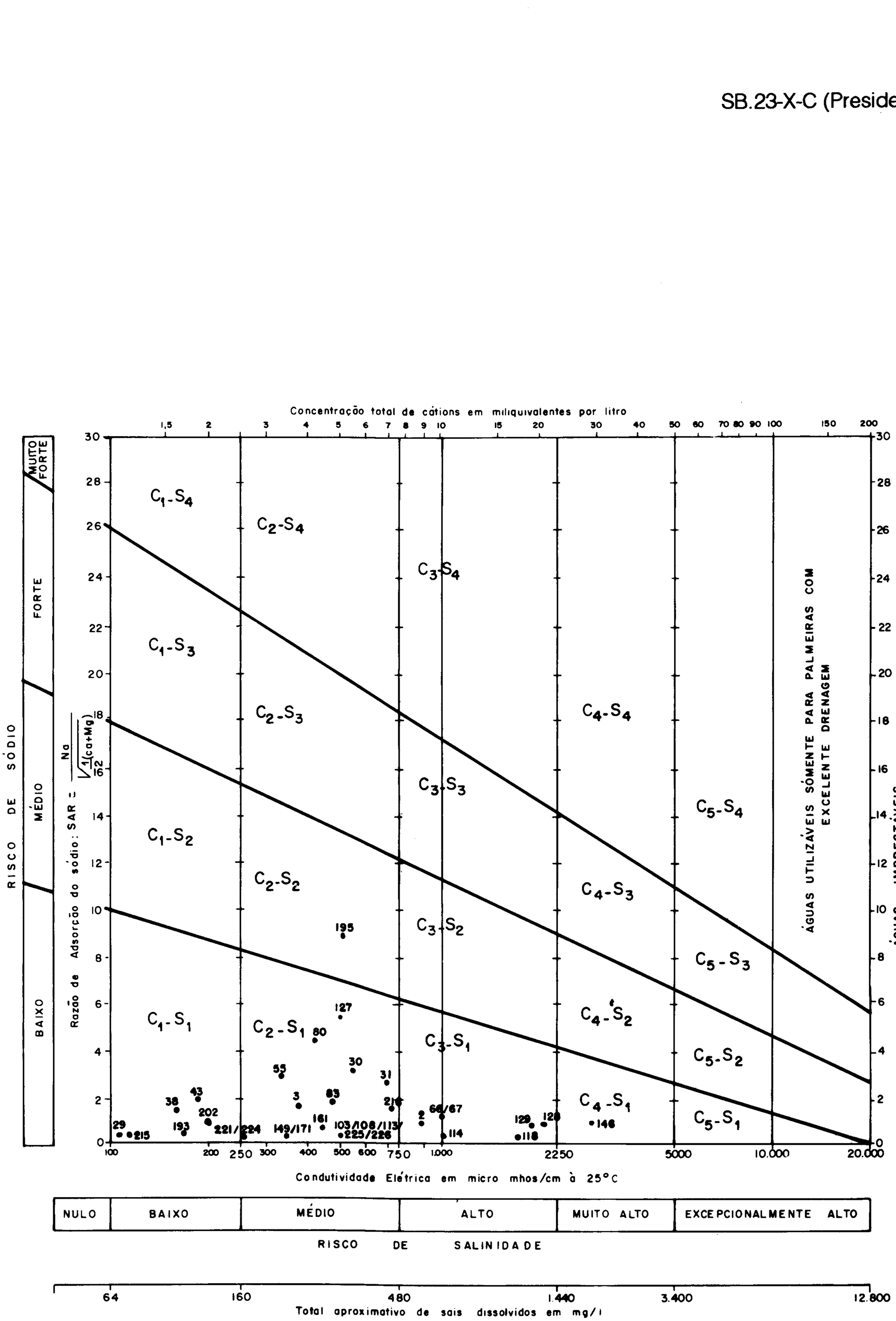


Figura 5.8 – ***Classificação das águas para irrigação.***

a) C2-S1 - Compreende água de salinidade média, baixo risco de sódio, podendo ser utilizada na irrigação, dependendo da lixiviação moderada do solo, mesmo em caso de plantas de fraca tolerância salina.

b) C1-S1 - Abrange as águas de baixa salinidade e baixo risco de sódio, com condutividade elétrica entre 100 e 250 micro-ohms/cm a 25° (resíduo seco entre 64 e 160mg/l). Pode ser usada na irrigação da maioria das culturas, em quase todo o tipo de solo, apresentando poucas possibilidades de ocorrência de salinização, exceto no caso de solos com permeabilidade muito fraca. São mínimos os riscos de aparição de teores nocivos de sódio susceptíveis de troca iônica.

c) C3-S1 - Identifica as águas de alta salinidade e baixo teor de sódio, apresentando condutividade elétrica entre 250 e 2250 micro-ohms/cm a 25° (resíduo seco entre 480 ohms e 1.440mg/l). Este tipo de água, de modo geral, não é satisfatório para a irrigação. Algumas plantas, como é o caso da tâmara, espinafre e aspargo, toleram esta classe de água. O solo necessita de uma ótima drenagem e volume de água em excesso para suportar a alta salinidade na água.

d) C4-S2 - Abrange as águas de salinidade muito forte, condutividade entre 2.250 e 5.000 micro-omhos/cm a 25° (resíduo seco entre 1.440 e 3.200mg/l) e médio risco de sódio. Não se prestam à irrigação; no entanto, podem ser excepcionalmente usadas em solos bastantes permeáveis, bem drenados e muito irrigados. Apenas as plantas de altíssima resistência a salinidade podem ser cultivadas. É mínima a presença de teores nocivos de sódio susceptíveis de troca. Nesta classe, estão 3,12% do total das amostras procedentes dos arenitos finos a médios, siltitos, folhelhos e conglomerados da Formação Sambaíba.

e) C2-S2 - Define as águas de salinidade média, condutividade entre 250 e 750 micro-ohms/cm a 25° (resíduo seco entre 160 e 480mg/l) e medianamente sódicas. Neste caso, é necessário uma drenagem moderada do solo e uma certa cautela quando empregada na irrigação, haja vista a susceptibilidade de haver troca de bases se o solo for muito fino.

Em termos gerais, todas as águas dessa área podem ser ministradas aos animais, conforme os limites de Loggan (1965), que define as quantidades máximas de sólidos dissolvidos (RS) que podem ser toleradas por: aves (2.800); porcos (4.290); cavalos (6.435); gado leiteiro (7.150); gado de corte (10.000); e carneiros (12.900).

6

Conclusões e Recomendações

6.1 Conclusões

Os trabalhos de levantamentos geológico e hidrogeológico da Folha Presidente Dutra permitiram a obtenção de dados suficientes para um melhor conhecimento da geologia da região. As informações alcançadas foram bastante satisfatórias e compatíveis com a escala 1:250.000, tendo sido atingidos os objetivos a que se propunha o Projeto Grande Carajás.

Foram identificadas e cartografadas dez unidades estratigráficas, da base para o topo: formações Motuca, Mosquito, Pastos Bons, Corda, Grajaú, Codó, Itapecuru e Barreiras, além de coberturas por arenização e aluviões.

Na região, o destaque maior é dado a potencialidade de minerais não metálicos, como argilas para cerâmicas vermelhas, usadas na fabricação de telhas e tijolos, associadas principalmente às formações Itapecuru e Codó; pedra de talhe e lajes para calçamento, da Formação Grajaú; e areias para a construção civil, das formações Grajaú, Corda e depósitos aluviais. Foram constatadas também, ocorrências localizadas de caulim na Formação Itapecuru; lentes de calcário para corretivo de solos e gipsita na Formação Codó; material potencial para brita na Formação Mosquito; e piçarras utilizáveis na pavimentação de estradas, oriundas de lateritos de praticamente todas as unidades.

Do ponto de vista hidrogeológico, pode-se concluir que a Folha Presidente Dutra, por englobar terrenos sedimentares da Bacia do Parnaíba, tem ótimas perspectivas para águas subterrâneas, com base nos poços estudados. A profundidade média dos poços tubulares analisados atinge 141m, com um total de 229 poços, sendo 181 poços tubulares e 48 poços

escavados. A vazão desses poços ficam entre 10 e 40m^3/h.

As intrusões basálticas que ocorrem no quadrante sudeste da área apresenta capacidade de armazenamento de água subterrânea nula.

Na porção noroeste da área, o Aqüífero Corda tem características de confinamento, denunciadas pelo poço tubular jorrante de nº 166 (vide Catálogo de Inventário Hidrogeológico Básico).

A Formação Sambaíba (não aflorante em superfície) encerra condições hidrogeológicas altamente promissoras, sendo considerada como a mais promitente unidade hidrogeológica em potencialidade armazenadora de área subterrânea do Mesozóico da Bacia do Parnaíba.

O Aqüífero Itapecuru não apresenta, reconhecidamente, um bom potencial para água, levando-se em conta a sua composição litológica e sua baixa permeabilidade.

Os aqüíferos Codó, Pastos Bons e Motuca, no âmbito da folha, explotam água somente de poços escavados, com profundidades variando de 3,1m a 36,8m.

Conforme aponta o zoneamento hidrogeológico da Zona 1, de captação profunda para poços superiores a 150m e até 1.300m, são explotados os aqüíferos Sambaíba e Poti-Piauí (todos não aflorantes em superfície), com possíveis vazões acima de 100m^3/h.

A Zona 2 tem condições de captação em poços de até 220m, explotando os aqüíferos Itapecuru, Grajaú, Corda e captação rasa nas aluviões, com vazões da ordem de 40m^3/h.

A Zona 3, como áreas predominantemente de platôs, não é recomendada para captação de água subterrânea.

O Sistema Aqüífero Poti-Piauí e o Aqüífero Sambaíba são responsáveis por aproximadamente 70% das reservas permanentes de águas subterrâneas da região.

Na área, as águas são classificadas como muito mole a mais ou menos dura e representadas, em quase sua totalidade, como de potabilidade boa com excelente qualidade para a irrigação, com baixo a médio grau de salinidade.

A classe de água C4-S1, representando 3,12% do total da área, é absolutamente imprópria para irrigação, podendo ser usada somente em casos excepcionais.

6.2 Recomendações

O uso adequado das matérias-primas básicas para a construção civil é de grande utilidade, principalmente na fabricação de casas para a população mais carente, em especial aqueles que habitam os pequenos vilarejos do interior da região. Uma atuação maior das prefeituras locais, em associação com entidades privadas ou estimulando sistemas cooperativos, poderia ativar a mineração de areias e argilas, com produção maior de tijolos e telhas, redução de preços e conseqüente melhoria das precárias construções existentes.

Deve ser efetuada uma melhor avaliação da ocorrência de caulim localizada junto à BR-226, distante 56km a oeste de Presidente Dutra, em direção a Barra do Corda.

Para recuperar as condições de trafegabilidade das várias estradas e acessos entre os povoados, aconselhamos a utilização de material laterizado *in natura*, que ocorre em grande quantidade na área.

Visando o futuro asfaltamento da MA-034, porção sudeste da folha, que liga as cidade de Colinas/Buriti Bravo a Caxias, recomendamos o uso de basaltos da Formação Mosquito como brita, na dependência de análises específicas.

Considerando que as bacias hidrográficas do Mearim, Grajaú e Itapecuru cobrem regiões

altamente especulativas, com regimes especiais de incentivos fiscais para empreendimentos agropecuários e de reflorestamento, propomos estudos de zoneamento agrícola para fins de diagnósticos fundiários e aptidões agrícolas.

O progressivo grau de poluição dos principais cursos d'água que drenam o estado do Maranhão, representados pelos rios Mearim, Grajaú e Itapecuru, detectado pela CPRM através de determinações de parâmetros de qualidade das águas, sugere o desenvolvimento de programas para o diagnóstico e mapeamento das fontes poluidoras desses mananciais.

Deve ser efetuada a regionalização de vazões para essas bacias, constituídas de rios caudalosos, perenes e que mantém durante todo o ano razoável volume d'água.

Poços perfurados para pequenas demandas devem ser dirigidos para as formações Itapecuru, Grajaú e Corda. É notório suas limitações como reservatórios de água subterrânea, porém, alguns níveis arenosos justificam as perfurações de poços tubulares, buscando vazões da ordem de $40m^3/h$.

No caso de demandas expressivas, recomenda-se que sejam captados aqüíferos ou sistemas de aqüíferos com profundidades mais elevadas, como o Sambaíba e Poti-Piauí, onde poderão ser explotadas vazões de até $100m^3/h$, numa profundidade de 150m até 1.300m.

REFERÊNCIAS BIBLIOGÁFICAS

AGUIAR, G. A. de 1969. *Bacia do Maranhão:* Geologia e Possibilidades de Petróleo. Belém: PETROBRÁS, 55 p. (PETROBRÁS, Relatório Interno 371).

AGUIAR, G. A. 1971. Revisão Geológica da Bacia Paleozóica do Maranhão. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 25, São Paulo, 1971. *Anais*. São Paulo: SBG: 113-122.

ALMEIDA, F.F.M. de 1967. *Origem e evolução da Plataforma Brasileira*. Rio de Janeiro. DNPM/DGM, 36 p. (Boletim 241).

ARAÚJO, C.C. de. 1979. *Projeto Estudo Global da Bacia Sedimentar do Parnaíba:* Subprojeto Hidrogeologia; Relatório Final - Folha 12 - Teresina, Recife: DNPM/CPRM. 2 v.

BADGLEY, P. C. 1965. *Structural and Tectonic Principles*. New York: Harper & Row. 521 p.

BARBOSA, O. et al. 1966. Geologia estratigráfica, estrutural e econômica da área do projeto Araguaia. *Div. Geol. Mineral., Dep. Nac. Prod. Min., Monogr. nº 19*, 94 p.

BEURLEN, K. 1971. Bacias sedimentares no Bloco Brasileiro. *Estudos Sedimentológicos*. 1 (2): 7-32.

BRASIL. DNPM/CPRM. 1986. *Mapa Geológico do Estado do Maranhão*, escala 1:1.000.000. Brasília.

BRASIL. RADAM. 1973. *Levantamento de Recursos Naturais da Folha SB.23 - Teresina e parte da Folha SB.24 - Jaguaribe*. Geologia, geomorfologia, solos, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro, v.2, 1v., mapas.

BRASIL. SUDENE. 1990. *Dados pluviométricos do nordeste; Maranhão*. Recife, 103 p., il. (Série Pluviometria, 1).

CAMARGO, A. P. de 1960. *Balanço hídrico do estado de São Paulo*. Campinas, Inst. Agronômico (Boletim, 116).

CAMPBELL, D. F.; ALMEIDA, L. A. de & SILVA, S. de O. 1949. Relatório Preliminar sobre a Geologia da Bacia do Maranhão. *Boletim do Conselho Nacional do Petróleo*, nº 01.

CAPUTO. M. V. 1984. *Stratigraphy, Tectonics, Paleoclimatology and Paleogeography of Northern Basin of Brazil*. University of California, Santa Barbara. Tese de Doutorado, 593 p., il.

CARNEIRO, R. G. 1974. *Mapeamento estrutural da área de Grajaú - Imperatriz*. Belém, PETROBRÁS, Relatório Técnico 358, 45 p.

CAROZZI, A. V.; FALKENHEIN, F.U.H.; CARNEIRO, R.G.; ESTEVES, F.R. & CONTEIRAS, C.F.A. 1975. Análise Ambiental e Evolução Tectono-sedimentar da Seção Siluro-Eo-Carbonífera da

Bacia do Maranhão. *Ciência, Técnica, Petróleo*. Seção Exploração de Petróleo, nº 7. 89 p.

CEDERSTROM, D. J. 1964. *Água Subterrânea:* uma introdução. Rio de Janeiro: Aliança para o Progresso. 280 p. il.

COLARES, J. Q. dos S. & ARAÚJO, C. C. 1990. *Projeto Especial Mapas de Recursos Minerais, de Solos e de Vegetação para a Área do Programa Grande Carajás*: Subprojeto Recursos Minerais; Folha SA.23-Y-D, Santa Inês, Estado do Maranhão. Brasília: CPRM/DNPM. 1 v.

COLARES, J. Q. dos S.; ARAÚJO, C. C. & PARENTE FILHO, J. 1990. *Projeto Especial Mapas de Recursos Minerais, de Solos e de Vegetação para a Área do Programa Grande Carajás*: Subprojeto Recursos Minerais; Folha SB.23-V-B, Vitorino Freire, Estado do Maranhão. Brasília: CPRM/DNPM. 1 v.

CORDANI, U. G.; BRITO NEVES, B. B.; FUCK, R. A.; PORTO, R.; THOMAZ FILHO, A. & CUNHA, F. M. B. 1984. *Estudo preliminar da integração do Pré-Cambriano com os eventos tectônicos das bacias sedimentares brasileiras*. Rio de Janeiro, Petrobrás, 70 p. (Ciência, Técnica, Petróleo.-15).

COSTA, J. B. S. BORGES, M. da S.; IGREJA, H. L. S. da & HASUI, Y. 1991. Aspectos da Evolução Tectônica da Bacia do Parnaíba e sua Relação com o Arcabouço Pré-Cambriano. In: Simpósio de Estudos Tectônicos, 3, Rio Claro, SP, 1991. *Boletim...* p. 96-97.

COSTA, M. L. da. 1984. A Dinâmica de Formação de Lateritos: o Exemplo do NE do Pará e do NW do Maranhão. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 33. Rio de Janeiro, 1984. *Anais...* Rio de Janeiro: SBG. v.4. p. 4823-4837.

CUNHA, F. M. B. 1986. *A Gênese da Bacia do Parnaíba e sua Evolução no Paleozóico*. Rio de Janeiro: UFRJ. 1 v.

CUSTÓDIO, E. & LLAMAS, M. R. 1976. Hidrogeologia Subterrânea. Barcelona: Omega. 2 v. il.

FERNANDES, G. & PIAZZA, H. D. 1978. Estratégia para a investigação da faixa de folhelho pirobetuminoso do Codó. *Min. Metal.* Rio de Janeiro, *42*(400): 32-34.

FOSTER, S. S. D. 1987. *Fundamental concepts in aquifer vulnerability polluition risk and protection strategy*. Proc. Int. Conf., "Vulnerability of Soil and Groundwater to Pollutants".

FORTES, F. P. 1992. Os grábens sigmoidais da Bacia do Parnaíba e a matriz brasiliana. In: Cong. Bras. Geol., 37, São Paulo, 1992. *Boletim de Resumos Expandidos*, v. 1, Simpósios, p. 552-554.

GÓES, A.M. de O.; SOUZA, J.M.P. de & TEIXEIRA, L.B. 1990. Explorátorio e perspectivas petrolífera da Bacia do Parnaíba. Boletim de Geociências da Petrobrás. Rio de Janeiro, 4 (1): 55-64.

GREY, K. 1989. Handbook for the study of stromatolites and as sociated structures. *Stromatolite Newsletter*, (14):82-171.

HASUI, Y,; COSTA, J. B. S.; BORGES, M. da S.; ASSIS, J. F. P.; PINHEIRO, R. V. L.; BARTORELLI, A.; PIRES NETO, A. G. & MIOTO, J. A. 1991. A borda sul da Bacia do Parnaíba no Mesozóico. In: Simpósio de Estudos Tectônicos, 3, Rio Claro, SP, 1991. *Boletim...* p. 93-95.

LEAL, A. de S. 1993. *Mapas hidrogeológicos* - Definição e legenda. CPRM (relatório interno).

LEAL, J. de M. 1977. *Inventário hidrogeológico básico do nordeste; folha nº 8 - Teresina - NE*. Recife, SUDENE, Hidrogeologia, 52, 169 p., il.

LEITE, J. F. et al. 1975. *Projeto carvão da Bacia do Parnaíba; Relatório Final das etapas II e III*. Recife, Convênio DNPM/CPRM, 16 v.

LIMA, E. de A. & LEITE, J. F. 1978. *Projeto Estudo Global dos Recursos Minerais da Ba-*

cia Sedimentar do Parnaíba: Integração Geológico-Metalogenética. Recife: DNPM/CPRM. 16 v.

LISBOA, M. A. R. 1914. The Permian Geology of Northern Brazil. *Am. J. Sci.*, New Haven, *37*(211): 423-443.

LISBOA, M. A. R. 1935. A Bacia do Gurupy e a suas minas de ouro. *B. Serviço de Fomento da Produção Mineral*. Rio de Janeiro, nº 7, 61 p.

LOGAN, J. 1965. *The Interpretation of Chemical Analyses of Water*. Recife: USAID. 65 p.

LUZ, A. A. da 1959. *Estudo especial da Bacia do Maranhão*. Rio de Janeiro, Petrobrás, RENOR, Relatório Técnico Interno 1141.

MESNER, J. C. & WOOLDRIDGE, L.C. P. 1962. Estratigrafia das Bacias Paleozóica e Cretácea do Maranhão. *Boletim Técnico da PETROBRÁS*, Rio de Janeiro, *7* (2): 137-164.

MIURA, K. & BARBOSA, J. C. 1972. Geologia da plataforma continental do Maranhão, Piauí, Ceará e Rio Grande do Norte. *In*: Congresso Brasileiro de Geologia, 26, Belém, 1972. *Anais*. Belém, SBG. v.2: 57-66.

MOORE, B. 1961. *South Central Maranhão 1961 Field Project*. Belém, PETROBRÁS.

NIMER, E. & BRANDÃO, A. M. P. M. (coords) 1989. *Balanço hídrico e clima da região dos cerrados*. Rio de Janeiro, IBGE, 166 p., il.

NORTHFLEET, A. A. & MELO, M. T. 1967. *Geologia da região norte de Balsas - Maranhão*. PETROBRÁS, Relatório Técnico 268, 55 p.

OLIVEIRA, A. I. de & LEONARDOS, O. H. 1943. *Geologia do Brasil*. Ministério da Agricultura, Serviço de Informação Agrícola, Rio de Janeiro. Série Didática, 2, 813 p.

OLIVEIRA, M. A. M. 1961. *Reconhecimento geológico no flanco oeste da Bacia do Maranhão*. Belém. Petrobrás, 171.

PESSOA, M. D. 1979. *Inventário Hidrogeológico Básico do Nordeste;* Folha nº 18 - São Francisco - NE. Recife: SUDENE, 237 p. (Hidrogeologia, 59).

PLUMMER, F. B. et al. 1948. *Estados do Maranhão e Piauí (geologia). In*: Conselho Nacional do Petróleo. Relatório 1946. Rio de Janeiro, p. 87-134.

REZENDE, W. M. & PAMPLONA, H. R. P. 1970. Estudo do desenvolvimento do Arco Ferrer - Urbano Santos. *B. Técn. Petrobrás*, Rio de Janeiro, *13*(1/2): 5-14.

SCHOBBENHAUS, C.; CAMPOS, D. A.; DERZE, R. G. & ASMUZ, H. E. (Coords). 1984. *Geologia do Brasil*. Brasília, DNPM. 501 p.

SELLEY, R. C. 1988. *Aplied Sedimentology*, London, Academic Press, 446 p.

SOARES FILHO, A. R. 1979. *Projeto estudo global dos recursos minerais da bacia sedimentar do Parnaíba* - Subprojeto Hidrogeologia; relatório final - folha 7 - Teresina NO. Recife, DNPM/CPRM, 2 v.

SOARES, P. C.; LANDIM, P.M.B. & FÚLFARO, V.J. 1974. Avaliação preliminar da Evolução Geotectônica das Bacias Intracratônicas Brasileiras. *In*: Congresso Brasileiro de Geologia, 28, Porto Alegre, 1974. *Anais*. Porto Alegre, SBG. v.4: 61-83.

SOUZA, A. S. de; ARAÚJO, C. C. de & VERÍSSIMO, L. S. 1990. *Projeto Especial Mapas de Recursos Minerais de Solos e de Vegetação para a Área do Programa Grande Carajás:* Subprojeto Recursos Minerais, Folha SB.23-V-C, Imperatriz, Estado do Maranhão. Brasília: CPRM/DNPM. 1 v.

SZATMARI, P.; FRANÇOLIN, J.B.L.; ZANOTTO, O. & WOLFF, S. 1987. Evolução tectônica da margem equatorial brasileira. *Revista Brasileira de Geociências*, 17 (2): 180-188.

TODD, D. K. 1967. *Hidrologia de Águas Subterrâneas.* Rio de Janeiro: Aliança para o Progresso. 319 p., il.

WILSON, J. P. 1966. *Dip the Atlantic closed and then reopen? Nature*, v. 211, nº 5050, p. 676-681.

ZEMBRUSCKI, S. G. & CAMPOS, J. N. dos P. 1988. Comportamento geotérmico regional e provável movimentação de fluídos na Bacia do Parnaíba, Maranhão. PETROBRÁS. *Boletim Geociências*, 2(24): 133-145.

SÚMULA DE DADOS DE PRODUÇÃO

1 - LEVANTAMENTO GEOLÓGICO

Caminhamento geológico (km)	4.600
Afloramentos estudados	406
Amostras coletadas	61
Cadastramento mineral	31
Análises petrográficas	18
Análises químicas tecnológicas	05
Análises químicas quantitativas	02
Micropaleontologia completa	01

2 - LEVANTAMENTO HIDROGEOLÓGICO

Estações pluviométricas analisadas	08
Estações fluviométricas analisadas	03
Poços tubulares cadastrados	181
Poços escavados cadastrados	48
Análises físico-químicas em amostras de poços tubulares	12
Análises físico-químicas em amostras de poços escavados	01

Ilustrações Fotográficas

Foto 1
Paisagem de degradação do meio ambiente, com desmatamento e queimadas, a 22,5km noroeste do lugarejo de Cigana (BR-226).

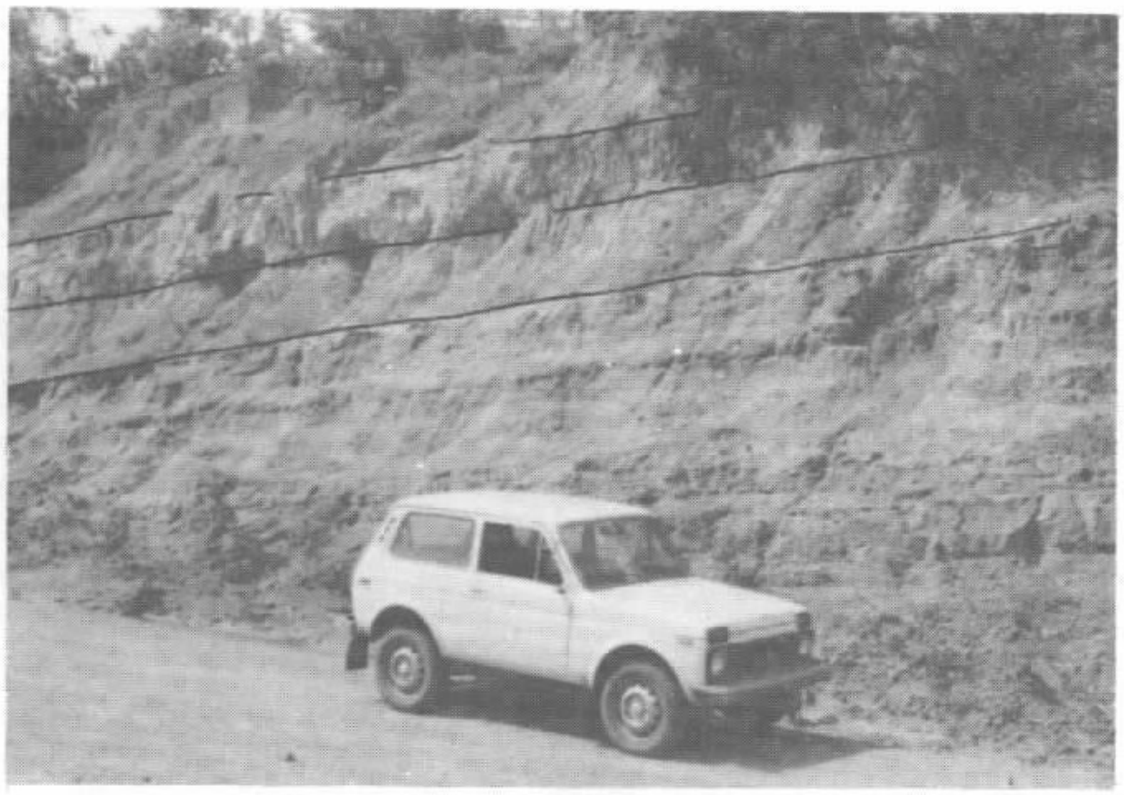


Foto 2
Intercalações de arenitos finos e pelitos, pertencentes à Formação Pastos Bons, mostrando uma geometria tabular das camadas. Local: MA-132; 2km a oeste de Buriti Bravo (Estação GP-178).

F oto 3
Ritmitos arenosos da Formação Pastos Bons caracterizados pela alternância de camadas tabulares de arenitos finos, argilosos, e arenitos médios. Local: rio Correntes; 30km a norte de Buriti Bravo (Estação GP-213).

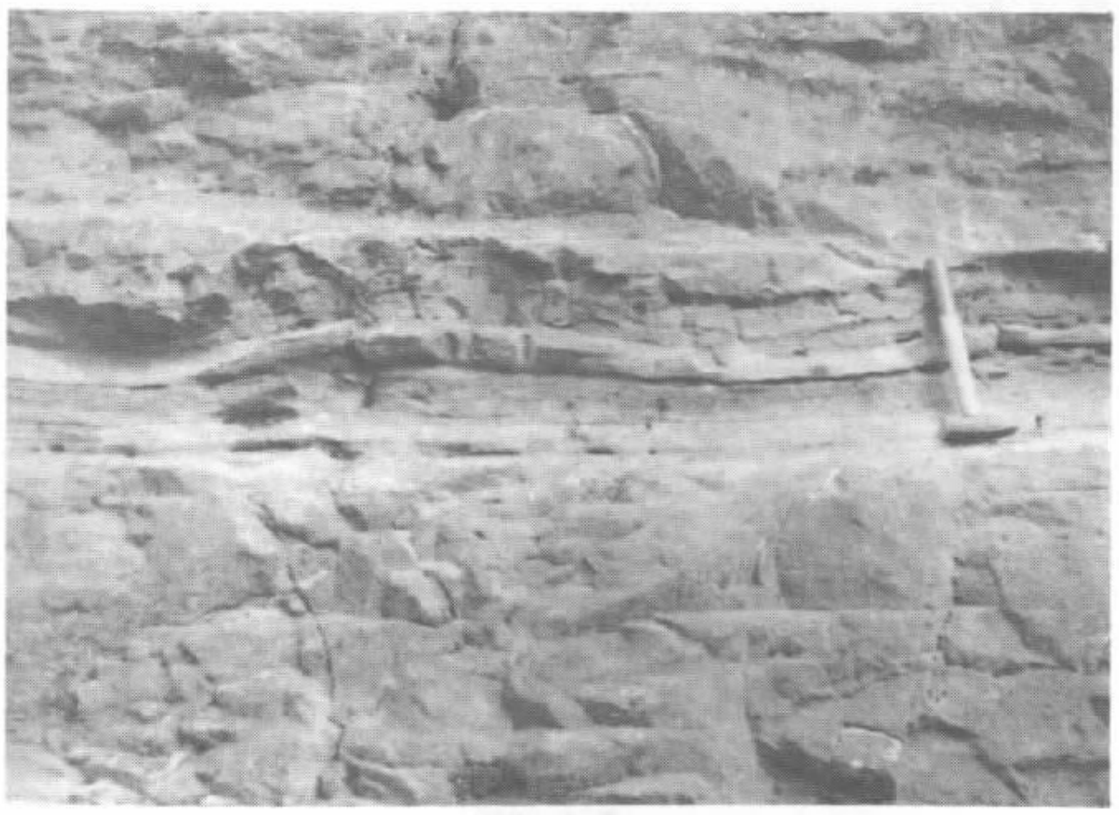


Foto 04
Estruturas de carga (load cast), provocadas pelo afundamento de camadas de arenitos, de geometria tabular, em camadas de pelitos, também tabulares. Pertencentes à fácies desértica da Formação Corda. Local: MA-132; 11km a sudoeste de Buriti Bravo (Estação GP-175).

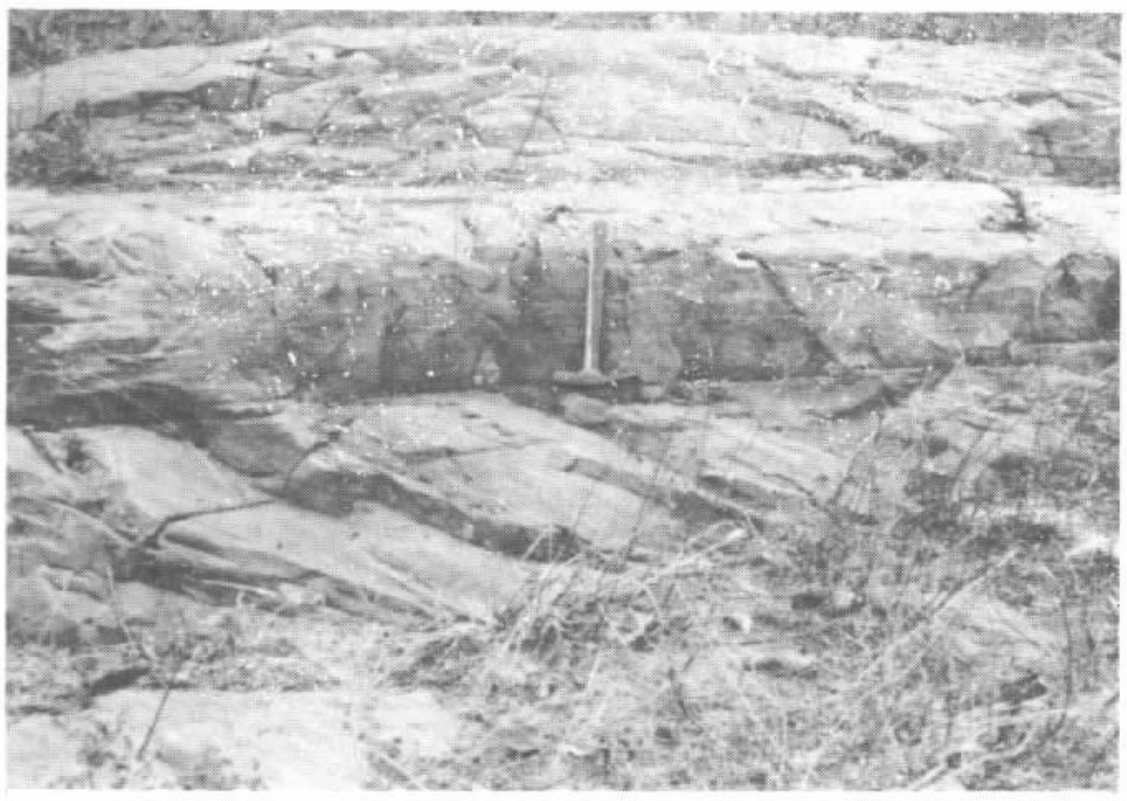


Foto 05
Depósitos eólicos da Formação Grajaú, tendo no topo camadas com estratificação plano-paralela, pertencentes à fácies de interdunas. Na base, aparecem grandes estratificações cruzadas acanaladas desenvolvidas em dunas eólicas de grande porte. Local: BR-135; 6,5km a sul de Presidente Dutra (Estação SR-13).

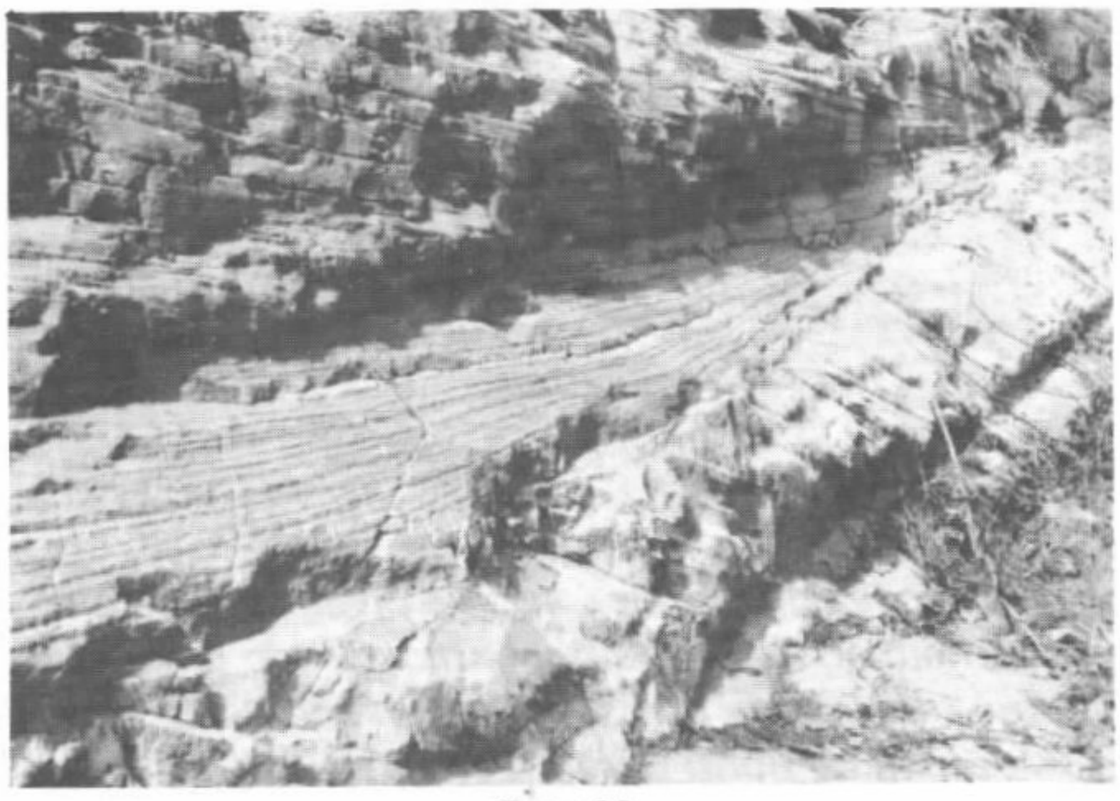


Foto 06

Arenitos finos, eólicos, da Formação Grajaú, caracterizados por grandes cruzadas assintóticas, desenvolvidas em dunas eólicas de grande porte. Local: BR-226; 42km a oeste de Presidente Dutra.

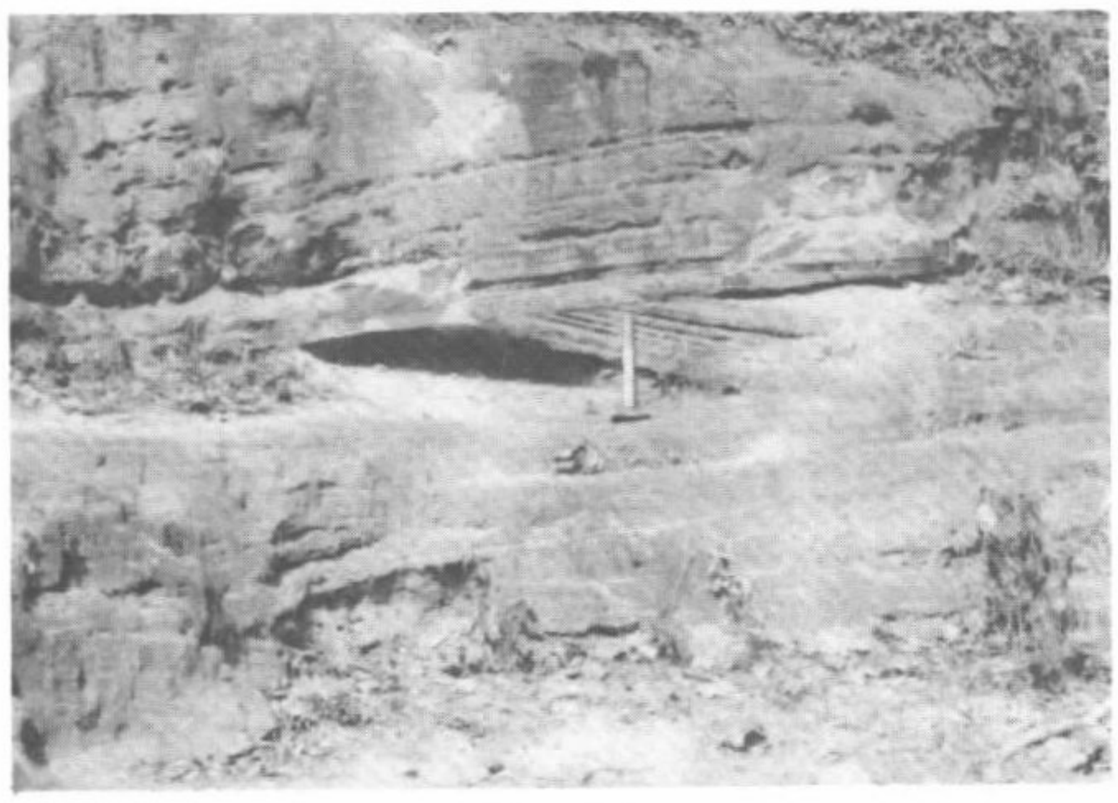


Foto 07

Aspecto do truncamento de sets de arenitos eólicos, formando feições tipo hering bone, em duna do tipo seif. Arenitos pertencentes à Formação Grajaú. Local: BR-135; 19,8km a sul de Presidente Dutra (Estação SR-16).

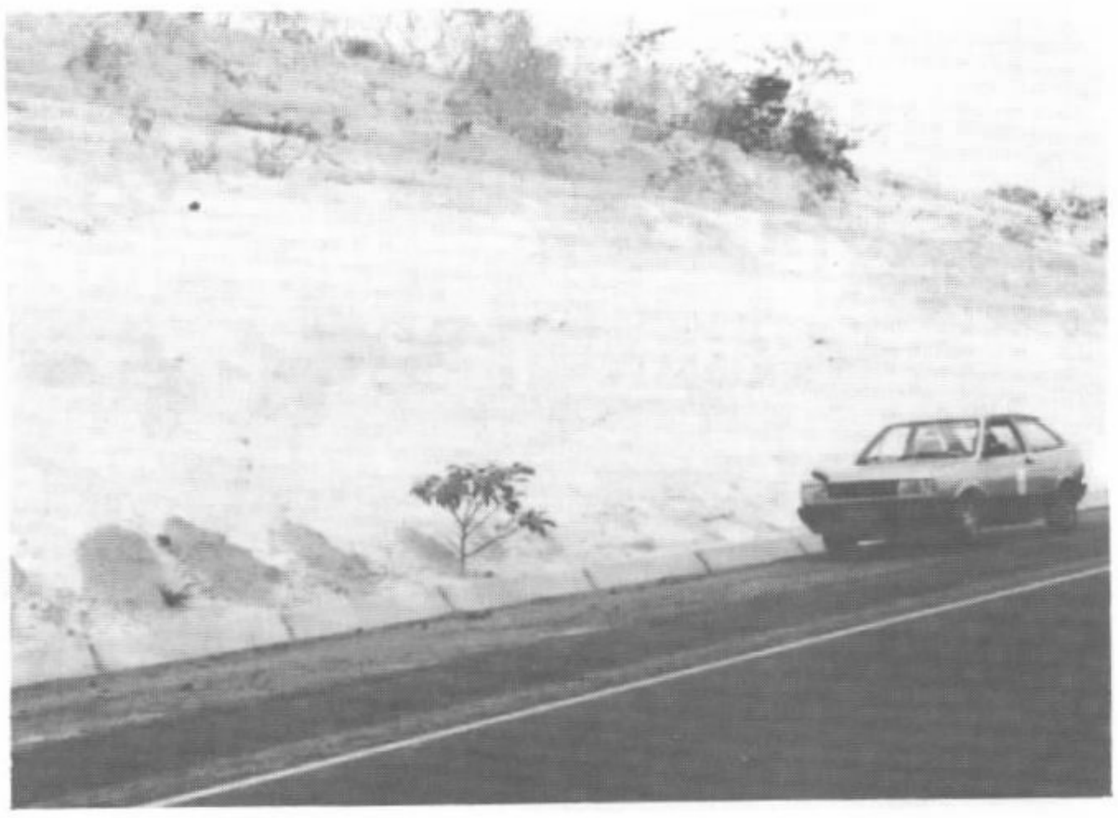


Foto 08

Corte na rodovia 226, mostrando a ocorrência de caulim dentro do horizonte mosqueado de perfil laterítico da Formação Itapecuru (Estação SR-40 na BR-226; ocorrência 22 do mapa de Recursos Minerais).

Foto 09

Zona colunar do horizonte concrecionário de Perfil Laterítico, com feições tipo "têtas de vaca", desenvolvida sobre os arenitos finos, argilosos, caulinizados, pertencentes à Formação Itapecuru. Local: BR-226; 31,5km a este de Presidente Dutra (Estação SR-11).

Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil

Folhas em Execução

NA.19-Z/20-Y	Alto Rio Negro/Serra do Imeri[9]
NA.20	Boa Vista[8]
NA.20-X	Roraima Central[9]
NA.20-Z	Caracaraí[9]
SA.22-X-D	Belém[4]
SA.23	São Luís[8]
SA.23-V-C	Castanhal[4]
SA.24-Y-D-V	Irauçuba[3]
SB.22-X-B	Rondon do Pará[4]
SB.23-X-B	Caxias[4]
SB.24	Jaguaribe[8]
SB.24-Z-C	Serra Talhada[1]
SB.24-Z-D-V	Sumé[1]
SC.20	Porto Velho[8]
SC.21-Z-A	Ilha 24 de Maio[1]
SC.22-X-A	Redenção[4]
SC.23-X-D-IV	Campo Alegre de Lourdes[1]
SC.23-Z-A/Y-B	Curimatã/Corrente[1]
SC.24	Aracaju[8]
SC.24-V-A-I	Riacho Queimadas[1]
SC.24-X-A	Floresta[1]
SC.24-Y-C	Jacobina[1]
SD.22-Z-A	Itapaci[1]
SD.22-Z-B	Uruaçu[1]
SD.22-Z-C-V	Sanclerlândia[1]
SD.23-X-C-V	Coribe[1]
SD.24-V-A	Seabra[1]
SD.24-V-A-I	Seabra[1]
SD.24-Y-B	Ilhéus[1]
SE.21-Y-D	Corumbá[1]
SE.22	Goiânia[8]
SE.22-V-A	Guiratinga[1]
SE.22-V-B	Iporá[1]
SE.22-X-B	Goiânia[1] (rev.)
SE.23-Z-B-IV	Serro[1]
SE.23-Z-C-VI	Belo Horizonte[1]
SE.23-Z-D-I	Conceição do Mato Dentro[1]
SE.23-Z-D-IV	Itabira[1]
SE.24-V-A	Almenara[1]
SF.21	Apa[8]
SF.21-V-B	Aldeia Tomázia[1]
SF.21-V-D	Porto Murtinho[1]
SF.21-X-A	Aquidauana[1]
SF.23	Rio de Janeiro[8]
SF.24-V-A	Cachoeiro de Itapemirim[1]
SG.22-X-B	Itararé[1]
SH.22	Porto Alegre[8]
SH.22-X-B-IV	Criciúma[1]
SH.22-Y-A	Cachoeiro do Sul[1]
SH.22-Y-C	Pedro Osório[1]

Folhas Impressas

NB.20-Z-B-V	Monte Roraima[1]
NB.20-Z-B-VI	Monte Caburaí[1]
NB.20-Z-D-II	Rio Quinô[1]
NB.20-Z-D-III	Rio Cotingo[1]
NB.20-Z-D-V	Vila Pereira[1]
NB.20-Z-D-VI	Rio Viruquim[1]
NB.21-Y-A-IV	Sem denominação
NB.21-Y-C-I	Sem denominação
SA.22-Y-D	Altamira[4]
SA.23-Y-D	Santa Inês[4]
SB.22-X-C	Serra Pelada[4]
SB 20-Z-B-VI	Mutum[1]
SB.22-Z-A	Serra dos Carajás[4]
SB.22-Z-D	Araguaína[4]
SB.23-V-B	Vitorino Freire[4]
SB.23-V-C	Imperatriz[4]
SB.23-V-D	Barra do Corda[4]
SB.23-X-A	Bacabal[4]
SB.23-X-C	Presidente Dutra[4]
SB.24-V-D-V	Mombaça[1]
SB.24-X-B/D	Areia Branca/Mossoró[2]
SB.24-Y-B-II	Catarina[1]
SB.24-Y-C-V	Patos[1] (PI)
SB.24-Y-C-VI	Simões[1]
SB.24-Z-B-II	Currais Novos[3]
SB.24-Z-B-V	Jardim do Seridó[3]
SB.24-Z-C	Serra Talhada
SB.24-Z-C-VI	Afogados da Ingazeira[1]
SB.24-Z-D-I	Patos[1] (PB)
SB.24-Z-D-II	Juazeirinho[1]
SB.24-Z-D-IV	Monteiro[1]
SB.25-V-C	Natal[2]
SB.25-V-C-IV	João Câmara[1]
SB.25-Y-C-V	Limoeiro[1]
SC.20-V-B-V	Porto Velho[1]
SC.20-V-C-V	Abunã[1]
SC.20-V-C-VI	Mutumparaná[1]
SC.20-V-D-I	Jaciparaná[1]
SC.22-X-B	Conceição do Araguaia[4]
SC.23-Y-D	Formosa do Rio Preto[1]
SC.23-Z-C	Santa Rita de Cássia[1]
SC.24-V-A-II	Paulistana[1]
SC.24-V-A-III	Santa Filomena[1]
SC.24-V-A-IV	Barra do Bonito[1]
SC.24-V-A-V	Afrânio[1]
SC.24-V-A-VI	Riacho do Caboclo[1]
SC.24-V-B-IV	Cristália[1]
SC.24-V-C-III	Petrolina[1]
SC.24-V-D	Uauá[2]
SC.24-V-D-I	Itamotinga[1]
SC.24-X-C-V	Santa Brígida[1]
SC.24-X-C-VI	Piranhas[1]
SC.24-Y-B	Senhor do Bonfim[2]
SC.24-Y-B-VI	Euclides da Cunha[3]
SC.24-Y-C	Jacobina[2]
SC.24-Y-D	Serrinha[2]
SC.24-Y-D-II	Gavião[1]
SC.24-Y-D-IV	Mundo Novo[1]
SC.24-Y-D-V	Pintadas[1]
SC.S4-Y-D-VI	Serrinha[1]
SC.24-Z-A-II	Jeremoabo[1]
SC.24-Z-A-III	Carira[1]
SC.25-V-A-II	Vitória de Santo Antão[1]
SD.21-Y-C-II	Pontes e Lacerda[1]
SD.21-Z-A	Rosário do Oeste[2]
SD.21-Z-C	Cuiabá[2]
SD.22-X-D	Porangatu[2]
SD.22-Z-B	Uruaçu[2]
SD.22-Z-C	Ceres[2]
SD.22-Z-D	Goianésia[2]
SD.22-Z-D-IV	Jaraguá[1]
SD.22-Z-D-V	Pirenópolis[1]
SD.23-X-B	Ibotirama[2]
SD.23-X-D	Bom Jesus da Lapa[2]
SD.23-Y-C	Brasília[2]
SD.23-Y-D	Buritis[2]
SD.23-Z-D-II	Monte Azul[3]
SD.23-Z-D-IV	Janaúba[3]
SD.23-Z-D-V	Rio Pardo de Minas[3]
SD.24-V-A-II	Utinga[1]
SD.24-V-A-V	Lençóis[1]
SD.24-V-C	Livramento do Brumado[2]
SD.24-V-C-II	Mucugê[1]
SD.24-Y-A	Vitória da Conquista[2]
SD.24-Y-B-V	Ibicaraí[1]
SD.24-Y-B-VI	Itabuna[1]
SE.22-V-B	Iporã[2]
SE.22-X-A	São Luís de Montes Belos[2]
SE.22-X-A-VI	Nazário[1]
SE.22-X-B	Goiânia[2]
SE.22-X-B-I	Nerópolis[1]
SE.22-X-B-II	Anápolis[1]
SE.22-X-B-IV	Goiânia[1]
SE.22-X-B-V	Leopoldo de Bulhões[1]
SE.22-X-B-VI	Caraíba[1]
SE.22-X-D	Morrinhos[2]
SE.23-V-B	São Romão[2]
SE.23-Z-B	Guanhães[2]
SE.23-Z-C	Belo Horizonte[2]
SE.23-Z-D	Ipatinga[2]
SE.24-Y-C-V	Baixo Guandu[1]
SE.24-Y-C-VI	Colatina[1]
SF.23-V-D-V-4	São Gonçalo do Sapucaí[1]
SF.23-X-B-I	Mariana[1]
SF.23-X-B-II	Ponte Nova[1]
SF.23-X-B-IV	Rio Espera[1]
SF.23-X-C-III	Barbacena[1]
SF.23-X-C-VI	Lima Duarte[1]
SF.23-X-D-I	Rio Pomba[1]
SF.23-Y-B-II-2	Heliodora[1]
SF.24-V-A-II	Afonso Cláudio[1]
SF.24-V-A-III	Domingos Martins[1]
Sf.24-V-A-V	Cachoeiro de Itapemirim[1]
Sf.24-V-A-VI	Piúma[1]
SG.22-Z-B	Joinville[2]
SH.22-V-C-IV	Santa Maria[3]
SH.22-Y-A	Cachoeira do Sul[2]

Folhas em Editoração

NA.20-X-C-III	Paredão[1]
NA.20-X-C-VI	Serra do Ajarani[1]
NA.20-Y	Rio Marauiá[1]
SA.20-V	Rio Cuiuni[1]
SA.23-V-D	Turiaçu[4]
SA.23-X-C	Cururupu[4]
SA.23-Y-B	Pinheiro[4]
SA.23-Z-A	São Luís[4]
SA.23-Z-C	Itapecuru-Mirim[4]
SB.22-X-D	Marabá[4]
SB.22-Y-B	São Félix do Xingu[4]
SB.22-Z-B	Xambioá[4]
SB.22-Z-C	Xinguara[4]
SB.23-V-A	Rio Cajuapara[4]
SB.24-V-C-III	Crateús[1]
SB.24-Y-B	Iguatu[1]
SB.24-Z-B	Caicó[1]
SC.24-V-A	Paulistana[1]
SC.24-V-C	Petrolina[1]
SC.24-X-D-V	Arapiraca[1]
SC.24-Y-C-V	Morro do Chapéu[1]
SC.24-Y-D	Serrinha[1] (rev.)
SD.22-Z-C-VI	Itaguaru[1]
SD.24-V-A-I	Seabra[1]
SE.22-X-A-III	Itaberaí[1]
SG.22-Z-D-I-2	Botuverá[1]
SG.22-Z-D-II-1	Brusque[1]
SG.22-Z-D-V	Florianópolis[1]
SH.22-Y-A-I-4	Passo do Salsinho[1]
SH.22-Y-B	Porto Alegre[1]
SH.22-Y-C-II	Piratini[1]

1Levantamento Geológico/Geoquímico/Metalogenético nas escalas 1:500.000, 1:250.000, 1:100.000, 1:50.000; [2]Mapas Metalogenéticos e de Previsão de Recursos Minerais escala 1:250.000; [3]Mapas de Previsão de Recursos Hídricos Subterrâneos escala 1:100.000; [4]Projeto Especial Mapas de Recursos Minerais, de Solos e de Vegetação para a Área do Programa Grande Carajás – Subprojeto Recursos Minerais; [5]Levantamento geológico visando ao meio meio ambiente; [6]Levantamentos aerogeofísicos; [7]Integração geológico/geoquímica de regiões metropolitanas; [8]Integração geológica/metalogenética na escala 1:1.000.000; [9]Mapeamento Geológico/Metalogenético da Região Amazônica na escala 1:500.000.

Folhas Concluídas

Disponíveis para consulta

NA.20-X-B/	Uriracoera [2]
NA.21-V-A	Conceição do Maú [2]
NA.20-X-D	Boa Vista [2]
NA.20-Z-B	Caracaraí [2]
NB.20-Z-B e	
NB.21-Z-A/	Monte Roraima [2]
NB.20-Z-D/	Vila Surumu/ [2]
NB.21-Y-C	Rio Maú [2]
NA.21-Z-B	Rio Citaré [2]
NA.22-V-B/	Rio Oiapoque [2]
NB.22-Y-D	Cabo Orange [2]
NA.22-V-D	Lourenço [2]
NA.22-Y-A	Serra do Tumucumaque [2]
NA.22-Y-B	Rio Araguari [2]
NA.22-Y-D	Macapá [2]
SA.21-X-B	Rio Maicuru [2]
SA.24-Y-A	Parnaíba [2]
SA.24-Y-B	Acarau [2]
SA.24-Y-C	Granja [2]
SA.24-Y-D	Sobral [2]
SA.24-Z-C	Fortaleza [2]
SB.22-X-C	Rio Itacaiúnas [2]
SB.22-X-D	Marabá [2]
SB.22-Z-A	Rio Paraopebas [2]
SB.24-V-A	Piripiri [2]
SB.24-V-B	Quixadá [2]
SB.24-V-C	Crateús [2]
SB.24-V-D	Quixeramubim [2]
SB.24-X-A	Aracati [2]
SB.24-X-C	Morada Nova [2]
SB.24-Y-A	Valença do Piauí [2]
SB.24-Y-B	Iguatu [2]
SB.24-Y-C	Picos [2]
SB.24-Y-D	Juazeiro do Norte [2]
SB.24-Z-A	Souza [2]
SB.24-Z-B	Caicó [2]
SB.24-Z-D	Patos [2]
SB.25-Y-A	Cabedelo [2]
SB.25-Y-C	João Pessoa [2]
SC.20-V-C	Abunã [2]
SC.20-V-D	Ariquemes [2]
SC.20-Y-B	Alto Jamari [2]
SC.20-Y-D	Serra dos Uopianes [2]
SC.20-Z-A	Rondônia [2]
SC.20-Z-B	Rio Branco [2]
SC.20-Z-C	Presidente Médici [2]
SC.20-Z-D	Pimenta Bueno [2]
SC.21-Z-B	Vila Guarita [2]
SC.22-X-D	Miracema do Norte [2]
SC.22-Z-B	Porto Nacional [2]
SC.22-Z-D	Gurupi [2]
SC.23-X-D	São Raimundo Nonato [2]
SC.23-Y-C	Natividade [2]
SC.23-Z-B	Xique-Xique [2]
SC.23-Z-D	Barra [2]
SC.24-V-A	Paulistana [2]
SC.24-V-B	Salgueiro [2]
SC.24-X-A	Floresta [2]
SC.24-X-B	Garanhuns 2
SC.24-X-C	Paulo Afonso [2]
SC.24-X-D	Santana do Ipanema [2]
SC.24-Y-A	Mirangaba [2]
SC.24-Z-A	Jeremoabo [2]
SC.24-Z-B/D	Aracaju/Estância [2]
SC.24-Z-C	Tobias Barreto [2]
SC.25-V-A	Recife [2]
SC.25-V-C	Maceió [2]
SD.20-V-B	Príncipe da Beira [2]
SD.20-X-A	Pedras Negras [2]
SD.20-X-B	Vilhena [2]
SD.20-X-C	Ilha do Sossego [2]
SD.20-X-D	Pimenteiras [2]
SD.21-Y-C	Mato Grosso [2]
SD.21-Y-D	Barra do Bugres [2]
SD.22-X-A	Araguaçu [2]
SD.22-X-B	Alvorada [2]
SD.22-X-C	São Miguel do Araguaia [2]
SD.22-Y-D	Barra do Garças [2]
SD.22-Z-A	Mozarlândia [2]
SD.23-V-A	Arraias [2]
SD.23-V-C	Campos Belos [2]
SD.23-X-A	Barreiras [2]
SD.23-X-C	Santa Maria da Vitoria [2]
SD.23-Y-A	São João d'Aliança [2]
SD.23-Z-A	Manga [2]
SD.23-Z-B	Guanambi [2]
SD.24-V-A	Seabra [2]
SD.24-V-B	Itaberaba [2]
SD.24-V-D/	Jequié/ [2]
SD.24-X-C	Jaguaribe [2]
SD.24-X-A	Salvador [2]
SD.24-Y-B/	Ilhéus/ [2]
SD.24-Z-A	Itacaré [2]
SD.24-Y-C	Rio Pardo [2]
SD.24-Y-D/	Itapetinga/ [2]
SD.24-Z-C	Canavieiras [2]
SE.21-V-D-V	Morraria do Ínsua [1]
SE.21-Y-B-II	Lagoa de Mandioré [1]
SE.21-Y-B-III	Amolar [1]
SE.23-V-A	Unaí [2]
SE.23-V-C	Paracatu [2]
SE.23-V-D	João Pinheiro [2]
SE.23-X-A	Montes Claros [2]
SE.23-X-B	Araçuaí [2]
SE.23-X-C	Pirapora [2]
SE.23-X-D	Capelinha [2]
SE.23-Y-A	Patos de Minas [2]
SE.23-Y-B	Três Marias [2]
SE.23-Y-C	Uberaba [2]
SE.23-Y-D	Bom Despacho [2]
SE.23-Z-A	Curvelo [2]
SE.24-V-C	Teófilo Otoni [2]
SE.24-Y-A	Governador Valadares [2]
SE.24-Y-C	Colatina [2]
SF.21-V-B	Baía Negra [2]
SF.21-X-A	Miranda [2]
SF.23-V-A-II.2	Rio São Lourensinho [7]
SF.23-V-A-III.1	Itanhaem [7]
SF.23-V-A-III.2	Mangagua [7]
SF.23-Y-A-V.4	Campinas [7]
SF.23-Y-A-VI.3	Valinhos [7]
SF.23-Y-C-II.2	Indaiatuba [7]
SF.23-Y-C-II.4	Cabreúva [7]
SF.23-Y-C-III.1	Jundiaí [7]
SF.23-Y-C-III.2	Atibaia [7]
SF.23-Y-C-III.3	Santana do Parnaíba [7]
SF.23-Y-C-III.4	Guarulhos [7]
SF.23-Y-C-V.2	São Roque [7]
SF.23-Y-C-V.4	Juquitiba [7]
SF.23-Y-C-VI.1	Itapecerica da Serra [7]
SF.23-Y-C-VI.2	São Paulo [7]
SF.23-Y-C-VI.3	Imbu-Guaçu [7]
SF.23-Y-C-VI.4	Riacho Grande [7]
SF.23-Y-D-I.1	Piracaia [7]
SF.23-Y-D-I.2	Igaratá [7]
SF.23-Y-D-I.3	Itaquaquecetuba [7]
SF.23-Y-D-I.4	Santa Isabel [7]
SF.23-Y-D-II.3	Jacareí [7]
SF.23-Y-D-IV.1	Suzano (Mauá) [7]
SF.23-Y-D-IV.2	Mogi das Cruzes [7]
SF.23-Y-D-IV.3	Santos [7]
SF.23-Y-D-IV.4	Bertioga [7]
SF.23-Y-D-V.1	Salesópolis [7]
SF.23-Y-D-V.2	Pico do Papagaio [7]
SF.23-V-A	Franca [2]
SF.23-V-B	Furnas [2]
SF.23-V-C	Ribeirão Preto [2]
SF.23-V-D	Varginha [2]
SF.23-X-A	Divinópolis [2]
SF.23-X-B	Ponte Nova [2]
SF.23-X-C	Barbacena [2]
SF.23-X-D	Juiz de Fora [2]
SF.23-Y-A	Campinas [2]
SF.23-Y-B	Guaratinguetá [2]
SF.23-Y-C	São Paulo [2]
SF.23-Y-D	Santos [2]
SG.22-X-A	Telêmaco Borba [2]
SG.22-X-B/	Itararé/ [2]
SG.22-X-C	Ponta Grossa [2]
SG.22-X-D/	Curitiba/ [2]
SG.23-V-C	Cananéia [2]
SG.23-V-A	Iguape [2]
SG.22-Z-D	Florianópolis [2]
SH.21-Z-D	Bagé [2]
SH.21-Z-B	São Gabriel [2]
SH.22-X-B	Criciúma [2]
SH.22-Y-D/	Pelotas/ [2]
SH.22-Z-C	Mostarda [2]
SI.22-V-A/	Jaguarão/ [2]
SI.22-V-B	Rio Grande [2]

Memória Técnica

- Mapas de serviço disponíveis para cópias heliográficas (*)
- Disquetes de computador com análises químicas, petrográficas, mineralógicas etc (*)
- Sistema de Informações Geológicas do Brasil – SIGA (**)
- Bases de Dados:

GEOB e GTM	– Bibliografia	SIGEO	– Projetos de Geologia, Geoquímica, Geofísica
META	– Ocorrências Minerais	SISON	– Dados de Sondagem
AFLO	– Descrição de Afloramento	DOTE	– Acervo Bibliográfico da CPRM
PETR	– Análises Petrográficas	PROJ	– Carteira de Projetos da CPRM

Locais de Acesso: (*) DNPM: Brasília e Distrito Regional; (**)Brasília e Distritos Regionais e CPRM: Rio de Janeiro

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE MINAS E METALURGIA
COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS

PROGRAMA LEVANTAMENTOS GEOLÓGICOS BÁSICOS DO BRASIL
CARTA GEOLÓGICA - ESCALA 1:250.000 - ANEXO I

CARTA GEOLÓGICA
FOLHA PRESIDENTE DUTRA - SB.23-X-C
ESCALA 1:250.000 - CPRM - 1994

FOLHA SB.23-X-C PRESIDENTE DUTRA

MAPA DE ELEMENTOS ESTRUTURAIS E GEOFÍSICOS

Alinhamento gravimétrico
Alinhamento magnético
Alto magnético
Baixo magnético
Falha / fratura
Indicação de movimento relativo aparente (direcional)
Indicação de movimento relativo aparente (A- bloco alto; B- bloco baixo)

MAPA DE POTENCIAL MINERAL

Lavra rudimentar em atividade
Lavra rudimentar paralisada
Ocorrência mineral
1 a 31 Número conforme a listagem de recursos minerais
Análise granulométrica
% de finos (0,15mm)
% de areia (0,15 - 1,2mm)
Área previsional com indicação da substância potencial
ac - areia para construção
b - brita de basalto
cc - calcário
cm - caulim
pt - pedra de talhe
Rio
Estrada
Localidade
Reserva Indígena

LISTAGEM DE RECURSOS MINERAIS

Nº DE REF	SUBSTÂNCIA	LOCAL	ROCHA ENCAIXANTE/HOSPEDEIRA E/OU ASSOCIAÇÃO	DADOS ECONÔMICOS
01	Pedra de Talhe	S. José dos Basílios	Arenitos	
02	Argila	Dom Pedro	Arenitos finos, pelitos	Prod. 800 a 1500 tijolos/dia (maciços)
03	Argila	Tutum	Pelitos, calcários	Prod. 800 a 1500 tijolos/dia (maciços)
04	Pedra de Talhe	Tutum	Arenitos	
05	Argila	Presidente Dutra	Pelitos, Calcários	Prod. 2000 a 2500 tijolos/dia (vazados)
06	Areia	Boa Vista	Arenitos	
07,10,11, 12,13	Picarra	BR-135	Canga laterítica, arenitos,pelitos	
08,09	Argila	S. Domingos do Maranhão	Arenitos finos, pelitos	Prod. 800 a 1500 tijolos/dia (maciços)
14	Areia	Santa Rosa	Arenitos	
15	Calcário	Bustti Bravo	Pelitos, calcários	
16	Caulim	Floresta	Arenitos finos, pelitos	
17	Canga laterítica	Jatobá		
18,19	Calcário	S. Raimundo	Pelitos, calcários	
20	Calcário,gipsita	S. Raimundo	Pelitos, calcários	
21,22	Caulim	Dois Irmãos	Arenitos finos, pelitos	
23	Calcário	Arara	Pelitos, calcários	
24	Caulim	Arara	Arenitos finos, pelitos	
25	Caulim	Gonçalves Dias	Arenitos finos, pelitos	
26	Calcário	Croll da Sinhá	Pelitos, calcários	
27,28	Areia	Escondido,S.Lourenço	Arenitos	
29	Areia	Serra das Alpercatas	Arenitos	
30	Areia	Taboca da Onça	Arenitos	
31	Areia	Calumbi	Arenitos	

Base planimétrica elaborada pelo Centro de Cartografia, a partir da folha SB. 23-X-C. Presidente Dutra, escala 1:250.000, 1ª edição, 1ª impressão, DSG, 1984.
Dados temáticos e atualização da base planimétrica foram transferidos pelos técnicos da SUREG/PA, responsáveis pelos trabalhos de campo, visualmente, a partir da interpretação de aerofotos e imagens de satélite.
Compilação e orientação na SUREG/PA: Sérgio Reali Leites e Geraldo Barros Pimentel
Tratamento cartográfico dos elementos da base e do tema sob a responsabilidade do Centro de Cartografia - CECAR; Superintendência de Apoio e Desenvolvimento Tecnológico - SUDETE.
Superintendente da SUDETE: Giuseppina Giaquinto de Araújo
Chefe do Cecar: Manoel Leite de Sá.
Editoração cartográfica: Marilia Gomes dos Santos, Wilhelm Petter de Freire Bernard, Carlos Alberto da S. Copolillo e Maria Luiza Pouzinho.

O Programa Grande Carajás - PGC, vem sendo executado pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM, para o Departamento Nacional da Produção Mineral - DNPM, desde o ano de 1983.
Esta carta da PGC foi executada pela Superintendência Regional de Porto Alegre - SUREG/PA, tendo sido concluída em agosto de 1992.
Coordenador nacional do PLGB: Inácio de Medeiros Delgado.
Coordenador nacional do PGC: Orlando José Barros de Araújo.
Coordenador regional: Eduardo Camozzato.
Supervisor: Luiz Fernando Fontes de Albuquerque.
Responsáveis técnicos: Sérgio Reali Leites e Geraldo Barros Pimentel.
Colaboradores: Ódimo Francisconi, Augusto J. Pedreira, Douglas Roberto Trainini e Antônio Flávio Uberti Costa.
As informações cartográficas e demais dados gerados e utilizados para a execução deste documento, estão disponíveis em meios convencionais e magnéticos nos Sistemas de Cartografia Digital - SCD e de Informações Geológicas do Brasil - SIGA, ambos concebidos e implantados pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM para o Departamento Nacional da Produção Mineral - DNPM.

GEOLOGIA REGIONAL

Fonte: Mapa Geológico do Brasil e da área oceânica adjacente incluindo depósitos minerais, DNPM (1981), modificado.

QUATERNÁRIO
7 Depósitos aluviais, eólicos, marinhos e, flúvio-marinhos
TERCIÁRIO / QUATERNÁRIO
8 Formações Barreiras, Pirabas e Nova Iorque
CRETÁCEO / TERCIÁRIO
5 Formação Alter do Chão
CRETÁCEO
4 Formações Itapecuru e Urucuia
5 Formações Codó e Grajaú
6 Formação Sardinha
JURÁSSICO
7 Formações Corda e Pastos Bons
TRIÁSSICO / JURÁSSICO
8 Formação Mosquito
9 Formação Sambaíba
PERMIANO
10 Formações Pedra de Fogo e Motuca
CARBONÍFERO
11 Formações Poti e Piauí
DEVONIANO
12 Formações Itaim, Pimenteiras, Cabeças e Longá
ORDOVICIANO / SILURIANO
13 Formações Ipu, Tianguá e Jaicós
PRÉ-CAMBRIANO / CAMBRIANO
14 Unidades de embasamento não individualizadas

UNIDADES CRONO-ESTRATIGRÁFICA				UNIDADE ESTRATIGRÁFICA		LITOLOGIAS
EON	ERA	PERÍODO	ÉPOCA			
				COBERTURAS QUATERNÁRIAS		
FANEROZÓICO	CENOZÓICO	QUATERNÁRIO	HOLOCENO	COB. ALUVIO-NARES E ELU-VIONARES	QHa	Areias finas a médias, siltes e argilas.
				COB. DE ARENIZAÇÃO	QHd	Areia esbranquiçada, fina, solta resultante de processos de arenização (dessertificação).
				COBERTURAS TÉRCIO-QUATERNÁRIAS		
		TÉRCIO QUATERNÁRIO	PLIO-PLEISTOCENO	FORMAÇÃO BARREIRAS	TQb	Arenitos avermelhados, macios, caulínicos e conglomerados de canga ferruginosa, com raros seixos de sílex branco. Ocasionalmente, linhas de seixos.
				BACIA DO PARNAÍBA		
	MESOZÓICO	CRETÁCEO	SUPERIOR	FORMAÇÃO ITAPECURU	Ki1 / Ki2	Ki1 - arenitos muito finos e pelitos intercalados, de cores avermelhadas com tons amarelados e esbranquiçados; micáceos, apresentando laminações plano-paralelas e onduladas,encontrando-se bastante fluidizados. Ki2 - arenitos finos a médios, feldspáticos, micáceos, róseo-amarelados, com formas lenticulares, estratificação sigmoidal e plano-paralela, intercalados com pelitos avermelhados, com partes esbranquiçadas (caulinizadas).
			INFERIOR	FORMAÇÃO CODÓ / FORMAÇÃO GRAJAÚ	Kc / Kg	Kc - pelitos cinza esverdeados e avermelhados com laminação plano-paralela, intercalados com arenitos calcíferos e calcáreo nodulares, fossilíferos, creme a amarelados, com laminação ondulada. Níveis de siltexito e gipsita associados. Kg - arenitos finos a médios, creme a róseo-avermelhados, bimodais, pintalgados de caulim, com estratificação cruzada acanalada e tangencial de grande porte. Localmente intercalações de pelitos avermelhados e conglomerados.
		JURÁSSICO	SUPERIOR	FORMAÇÃO CORDA	Jc	Arenitos finos a médios, creme-amarelados, quartzosos, bimodais, com estratificação plano-paralela e cruzada de grande porte. Intercalam-se pelitos arroxeados e, localmente, conglomerados.
			MÉDIO-SUPERIOR	FORMAÇÃO PASTOS BONS	Jpb	Arenitos finos a muito finos, intercalados com pelitos arroxeados, com laminação plano-paralela e ondulada, "wavy" e "linsen", níveis de siltexitos e lentes de calcáreos silicificadas. Arenitos finos, bimodais, com estratificação cruzada de grande porte, associados.
		TRIASSICO INFERIOR A JURASSICO SUPERIOR		FORMAÇÃO MOSQUITO	RJm	Rochas básicas, cinza-esverdeadas a pretas, isótropas com textura porfirítica e matriz afanítica.
	PALEOZÓICO	PERMIANO	SUPERIOR	FORMAÇÃO MOTUCA	Pm	Alternância rítmica de arenitos finos a muito finos, esbranquiçados, e pelitos avermelhados, micáceos, com laminação plano-paralela.

Contato definido
Contato aproximado
Acamamento com mergulho medido
Acamamento horizontal
Junta vertical
Paleocorrente
Fratura
Falha aproximada com indicação de movimento relativo aparente (A-bloco alto; B-bloco baixo)
Linha de seção geológica
Afloramento descrito
Afloramento fossilífero (i-icnofóssil)
Lavra rudimentar em atividade
Lavra rudimentar paralisada
Furo de sondagem para petróleo (seco e abandonado)
Ocorrência mineral
ac - areia para construção
av - argila vermelha
cc - calcário
cl - canga laterítica
cm - caulim
gp - gipsita
pc - picarra
pt - pedra de talhe

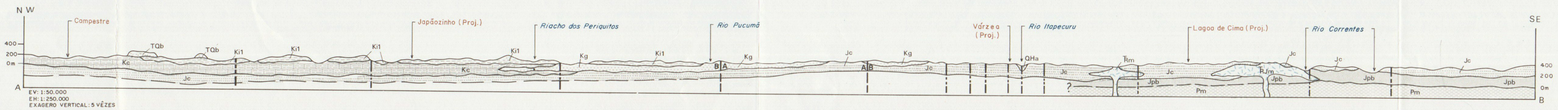
CIDADE
Vila
Outras localidades
Estrada pavimentada
Estrada sem pavimentação, tráfego permanente
Estrada sem pavimentação, tráfego periódico
Caminho
Limite de reserva indígena
Linha de transmissão
Linha de transmissão
Campo de pouso
Lagoa permanente
Curso de água permanente
Curso de água periódico

ESCALA 1:250.000
5 0 5 10 15 20km

PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR
Origem da quilometragem UTM: Equador e Meridiano Central 45°W.Gr.,
acrescidas as constantes: 10.000 e 500km, respectivamente
Datum horizontal: SAD-69 - MG
Declinação magnética do centro da folha em 1994: 20°37'W, cresce 6' anualmente

CPRM
1994

SEÇÃO GEOLÓGICA ESQUEMÁTICA



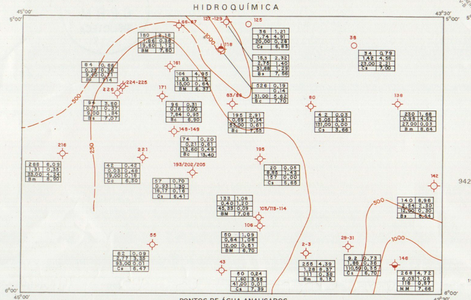
MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE MINAS E METALURGIA
COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS

FOLHA SB.23-X-C PRESIDENTE DUTRA

PROGRAMA LEVANTAMENTOS GEOLÓGICOS BÁSICOS DO BRASIL
CARTA HIDROGEOLÓGICA - ESCALA 1:250 000 - ANEXO II

CARTA HIDROGEOLÓGICA
FOLHA PRESIDENTE DUTRA - SB.23-X-C
ESCALA 1:250.000 - CPRM - 1994

HIDROQUÍMICA



PONTOS DE ÁGUA ANALISADOS

Poço Escavado
Poço Tubular
Poço Tubular Abandonado

DADOS INDIVIDUAIS DE QUALIDADE DE ÁGUA

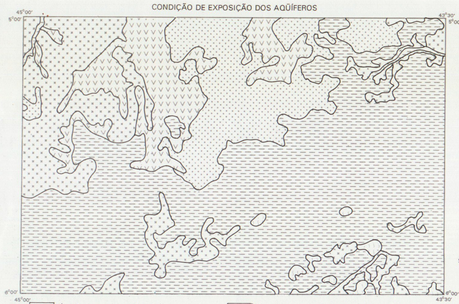
1 - Dureza total (mg / l CaCO3).
2 - Índice troca de base (itb).
3 - SAR (razão de adsorção do sódio).
4 - Relação rMg / rCa.
5 - Cloreto (mg / l).
6 - Relação rSO4 / rCl.
7 - Tipos Químicos (B - bicarbonatada; C - cloretada; M - mista; c - cálcica; m - magnesiana; s - sódica).
8 - pH.

POÇOS SEGUNDO A CONCENTRAÇÃO DE SAIS NA ÁGUA (RS) mg/l

0 a 500 mg / l
501 a 1.000 mg / l
1.001 a 2.000 mg / l

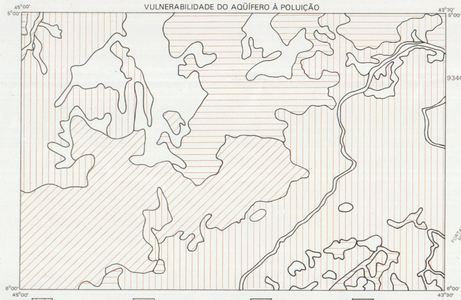
Curva de iso-concentração de resíduo seco (interrompida quando hipotética).

CONDIÇÃO DE EXPOSIÇÃO DOS AQÜÍFEROS



Área de recarga em aqüífero de elevada a média permeabilidade.
Área de recarga em aqüífero de baixa permeabilidade.
Área de superfície de rochas pelíticas semi-impermeáveis a impermeáveis
Área de recarga em Coberturas Detrítico-Lateríticas inconsolidadas sobre aqüífero de baixa permeabilidade.
Área de rochas básicas impermeáveis que constituem soleiras aos aqüíferos subjacentes.

VULNERABILIDADE DO AQÜÍFERO À POLUIÇÃO



Alta
Moderada
Baixa
Negligenciável

HIDROGEOLOGIA

ZONEAMENTO HIDROGEOLÓGICO

Área de captação para poços com profundidade entre 150 e 1.150m; aqüíferos nos sedimentos Sambaíba e/ou Poti-Piauí, água de boa qualidade, com vazões prováveis acima de 100m³/h.

Área de captação pouco profunda para poços até 220m, aqüíferos nos sedimentos Corda, Grajaú e Itapecuru e captação rasa nas Coberturas Aluviais, água de boa qualidade, regionalmente satisfatória para pequenas vazões, abaixo de 30m³/h.

Área formada por platôs, não recomendada para a captação de água subterrânea, devido às elevadas profundidades dos níveis estáticos.

PRODUTIVIDADE DE POÇO

Poço Escavado
Poço Tubular
Poço Tubular jorrante
Poço Tubular abandonado
Até 3m³/h
Entre 3 e 10m³/h
Entre 10 e 40m³/h
Entre 40 e 100m³/h
>100m³/h
Não determinada

As vazões são definidas para um rebaixamento do nível de água de 25 metros.

CARACTERÍSTICAS

2 / 1 — 3 – 4 / 5 – 6

1 - Aqüífero captado (Ki2 - Itapecuru, - Codó, Kg Grajaú, - Corda, Jpb Pastos Bons, TRs - Sambaíba, RJm - Mosquito.
2 - Número de ordem.
3 - Profundidade (m).
4 - NE/NO (m).
5 - Vazão de teste (m³/ h) - Informações do cadastramento.
6 - Resíduo seco (mg/ l) e/ou CE= condutividade elétrica (µumho/cm).

Quando em um ponto forem agrupados diversos poços próximos e da mesma classe:

202 - 203 — 5 – 4 (7) / 5 (5) – 6 (4)

62 / 65 — 3 – 4 / 5 – 6

Entre parênteses o número de dados para a obtenção da média indicada (•).

(•)

(Ex.: 202-203 = 202 a 203) (Ex.: 62/65 = 62 e 65)

USO DA ÁGUA

H– Consumo humano G– Consumo animal

CONVENÇÕES GEOLÓGICAS

QUATERNÁRIO	Aluviões	QHa	areias, siltes e argilas.
	Cobertura de Arenização	QHd	areias finas
TÉRCIO-QUATERNÁRIO	Formação Barreiras	TQb	arenitos e conglomerados.
CRETÁCEO SUPERIOR	Formação Itapecuru	Ki1	arenitos muito finos e pelitos.
	Formação Itapecuru	Ki2	arenitos finos a médios e pelitos.
CRETÁCEO INFERIOR	Formação Codó	Kc	pelitos, arenitos calcíferos, calcários nodulares, níveis de silexito e gipsita.
	Formação Grajaú	Kg	arenitos, localmente pelitos e conglomerados.
JURÁSSICO SUPERIOR	Formação Corda	Jc	arenitos, pelitos e localmente conglomerados.
JURÁSSICO MÉDIO SUPERIOR	Formação Pastos Bons	Jpb	arenitos e pelitos.
JURO – TRIÁSSICO	Formação Mosquito	TRm	Extrusivas básicas-basaltos.
PERMIANO SUPERIOR	Formação Motuca	Pm	arenitos e pelitos.

Contato definido
Contato aproximado
Fraturas
Falha aproximada com indicação de movimento relativo aparente (A-bloco alto; B-bloco baixo)
Linha de seção geológica
CIDADE
Vila
Outras localidades
Estrada pavimentada
Estrada sem pavimentação, tráfego permanente
Estrada sem pavimentação, tráfego periódico
Caminho
Limite de reserva indígena
Linha de transmissão
Linha de transmissão
Campo de pouso
Lagoa permanente
Curso de água permanente
Curso de água periódico

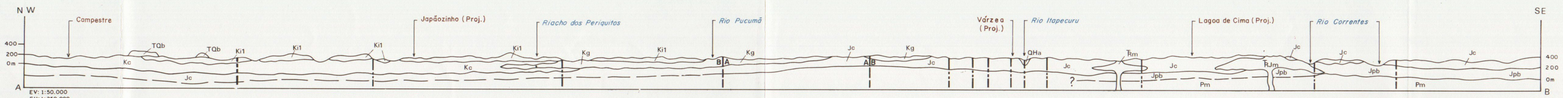
Base planimétrica elaborada pelo Centro de Cartografia, a partir da folha SB.23-X-C, Presidente Dutra, escala 1:250.000 1ª edição, 1ª impressão, DSG, 1984.
Dados temáticos, foram transferidos pelos técnicos da Residência de Fortaleza - REFO, responsáveis pelos trabalhos de campo, visualmente, a partir da interpretação de aerofotos e imagens de satélite. Atualização da base a cargo da SUREG/PA.
Compilação e orientação na REFO: Francisco Juarez Alves
Tratamento cartográfico dos elementos da base e do tema sob a responsabilidade do Centro de Cartografia - CECAR/ Superintendência de Apoio e Desenvolvimento Tecnológico - SUDETE.
Superintendente da SUDETE: Giuseppina Giaquinto de Araújo.
Chefe do CECAR: Manoel Leite da Sá.
Editoração cartográfica: Marilia Gomes dos Santos, Wilhelm Petter de Freire Bernard, Carlos Alberto da S. Copodilo e Maria Luiza Poucinho.

O Programa Grande Carajás - PGC, vem sendo executado pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM, para o Departamento Nacional da Produção Mineral - DNPM, desde o ano de 1983.
Esta carta do PGC foi executada pela Residência de Fortaleza - REFO, tendo sido concluída em dezembro de 1992.
Coordenador nacional do PLGB: Inácio de Medeiros Delgado.
Coordenador nacional do PGC: Orlando José Barros de Araújo.
Coordenador nacional de Hidrogeologia: Antonio de Souza Leal
Coordenador regional: Marinho Alves da Silva Filho.
Supervisor: José Carvalho Cavalcante.
Responsável técnico: Francisco Juarez Alves.
Para realização desta carta foi utilizada como base a carta Geológica da folha Presidente Dutra.

ESCALA 1:250.000

5 0 5 10 15 20km

PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR
Origem da quilometragem UTM: Equador e Meridiano Central 45°W Gr.,
acrescidas as constantes: 10 000 e 500km, respectivamente
Datum horizontal: SAD-69 - MG
Declinação magnética do centro da folha em 1994: 20°37'W ,cresce 6' anualmente

CPRM
1994

SEÇÃO GEOLÓGICA ESQUEMÁTICA