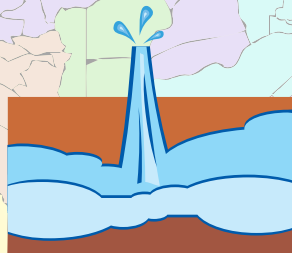


# RELATÓRIO DIAGNÓSTICO DO MUNICÍPIO DE SÃO JOÃO DO PARAÍSO

**PROJETO CADASTRO DE  
FONTES DE ABASTECIMENTO  
POR ÁGUA SUBTERRÂNEA**

**ESTADO DO MARANHÃO**



**PAC** PROGRAMA DE  
ACELERAÇÃO DO  
CRESCIMENTO

Dezembro/2011

**Ministério de Minas e Energia**  
**Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral**  
**Programa de Aceleração do Crescimento - PAC /CPRM - Serviço Geológico do Brasil**  
**Diretoria de Hidrologia e Gestão Territorial**  
**Departamento de Hidrologia**  
**Divisão de Hidrogeologia e Exploração**  
**Residência de Teresina**

**PROJETO CADASTRO DE FONTES DE ABASTECIMENTO POR**  
**ÁGUA SUBTERRÂNEA**

**ESTADO DO MARANHÃO**

**RELATÓRIO DIAGNÓSTICO DO MUNICÍPIO DE**  
**SÃO JOÃO DO PARAÍSO**

**ELABORAÇÃO E ORGANIZAÇÃO DO TEXTO**

**Geólogo: Francisco Lages Correia Filho/CPRM – Especialista em Recursos**  
**Hídricos e Meio Ambiente**

**CONSULTORIA EXTERNA – SERVIÇOS TERCEIRIZADOS**

**Geólogo: Érico Rodrigues Gomes – M. Sc.**

**Geólogo: Ossian Otávio Nunes – Especialista em Recursos Hídricos**

**Geólogo: José Barbosa Lopes Filho – Especialista em Recursos Hídricos e Meio Ambiente**

**Teresina/Piauí**

**Dezembro/2011**

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA  
Edison Lobão  
Ministro de Estado

SECRETARIA EXECUTIVA  
Márcio Pereira Zimmermann  
Secretário Executivo

---

MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO,  
ORÇAMENTO E GESTÃO  
Maurício Muniz Barreto de Carvalho  
Secretário do Programa de Aceleração do  
Crescimento

SECRETARIA DE GEOLOGIA,  
MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO  
MINERAL  
Claudio Scliar  
Secretário

---

### CPRM – Serviço Geológico do Brasil

Manoel Barretto da Rocha Neto  
Diretor-Presidente

Thales de Queiroz Sampaio  
Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial - DHT

Roberto Ventura Santos  
Diretor de Geologia e Recursos Minerais - DGM

Eduardo Santa Helena  
Diretor de Administração e Finanças - DAF

Antônio Carlos Bacelar Nunes  
Diretor de Relações Institucionais e  
Desenvolvimento - DRI

Frederico Cláudio Peixinho  
Chefe do Departamento de Hidrologia - DEHID

Ana Beatriz da Cunha Barreto  
Chefe da Divisão de Hidrogeologia e Exploração - DIHEXP

Antônio Reinaldo Soares Filho  
Chefe da Residência de Teresina - RETE

Maria Antonieta A. Mourão  
Coordenadora Executiva do DEHID

Frederico José de Souza Campelo  
Coordenador Executivo da RETE

Francisco Lages Correia Filho  
Assistente de Produção DHT/RETE

## COORDENAÇÃO GERAL

Frederico Cláudio Peixinho – Chefe do DEHID

## COORDENAÇÃO TÉCNICA

Francisco Lages Correia Filho – CPRM/RETE  
Carlos Antônio da Luz - CPRM/RETE

## RESPONSÁVEIS PELO PROJETO

Carlos Antônio da Luz – Período 2008/2009  
Francisco Lages Correia Filho – Período 2009/2011

## COORDENAÇÃO DE ÁREA

Ângelo Trévia Vieira  
Liano Silva Veríssimo  
Felicíssimo Melo  
Epifânio Gomes da Costa  
Breno Augusto Beltrão  
Ney Gonzaga de Sousa  
Francisco Alves Pessoa  
Jardo Caetano dos Santos (in memorian)  
Pedro de Alcântara Braz Filho

## EQUIPE TÉCNICA DE CAMPO

### REFO

Ângelo Trévia Vieira  
Epifânio Gomes da Costa  
Felicíssimo Melo  
Francisco Alves Pessoa  
Liano Silva Veríssimo

### RETE

Francisco Lages Correia Filho  
Carlos Antônio da Luz  
Cipriano Gomes Oliveira  
Ney Gonzaga de Sousa  
Francisco Pereira da Silva  
José Carlos Lopes

### SUREG/RE

Breno Augusto Beltrão

### SUREG/SA

Jardo Caetano dos Santos (in memorian)  
Pedro de Alcântara Braz Filho

## SERVIÇOS TERCEIRIZADOS DE GEOLOGIA/HIDROGEOLOGIA DOS RELATÓRIOS MUNICIPAIS

Érico Rodrigues Gomes – Geólogo, M. Sc.  
Ossian Otávio Nunes – Geólogo, Especialista em Recursos Hídricos  
José Barbosa Lopes Filho – Geólogo, Especialista em Recursos Hídricos e Meio Ambiente

## RECENSEADORES

Adauto Bezerra Filho  
Antônio Edílson Pereira de Souza  
Antonio José de Lima Neto  
Antonio Marques Honorato  
Átila Rocha Santos  
Celso Viana Maciel  
Cipriano Gomes de Oliveira - CPRM/RETE  
Claudionor de Figueiredo  
Daniel Braga Torres  
Daniel Guimarães Sobrinho  
Ellano de Almeida Leão  
Emanuelle Vieira de Oliveria  
Felipe Rodrigues de Lima Simões  
Francisco Edson Alves Rodrigues  
Francisco Fábio Firmino Mota  
Francisco Ivanir Medeiros da Silva  
Francisco Pereira da Silva - CPRM/RETE  
Gecildo Alves da Silva Junior  
Glauber Demontier Queiroz Ponte  
Haroldo Brito de Sá  
Henrique Cristiano C. Alencar  
Jardel Viana Marciel  
Joaquim Rodrigues Lima Junior  
José Bruno Rodrigues Frota  
José Carlos Lopes - CPRM/RETE  
Juliete Vaz Ferreira  
Julio César Torres Brito  
Nicácia Débora da Cunha  
Pedro Hermano Barreto Magalhães  
Raimundo Jeová Rodrigues Alves  
Raimundo Viana da Silva  
Ramiro Francisco Bezerra Santos  
Ramon Leal Martins de Albuquerque  
Rodrigo Araújo de Mesquita  
Robson Ferreira da Silva  
Robson Luiz Rocha Barbosa  
Romero Amaral Medeiros Lima  
Ronner Ferreira de Menezes  
Roseane Silva Braga  
Valdecy da Silva Mendonça  
Veruska Maria Damasceno de Moraes

## APOIO TÉCNICO-ADMINISTRATIVO

Thiago Moraes Sousa - ASSFI/RETE  
Marise Matias Ribeiro – Técnica em Geociências

## DIAGNÓSTICO DOS POÇOS CADASTRADOS

## ELABORAÇÃO E ORGANIZAÇÃO DO TEXTO

Francisco Lages Correia Filho - CPRM/RETE - Geólogo

## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA DOS RELATÓRIOS DIAGNÓSTICOS MUNICIPAIS

Mônica Cordulina da Silva  
Bibliotecária - CPRM/RETE

## ILUSTRAÇÕES

Francisco Lages Correia Filho - CPRM/RETE  
Ney Gonzaga de Sousa - CPRM/RETE  
Maria Tereza Barradas - Terceirizada  
Veruska Maria Damasceno de Moraes - Terceirizada

## BANCO DE DADOS DO SIAGAS

### Coordenação

Josias Lima – Coordenador Nacional do SIAGAS – SUREG/RE

### Operador na RETE

Carlos Antônio da Luz – Responsável pelo SIAGAS/RETE

### Consistência das Fichas

Evanilda do Nascimento Pereira - Terceirizada  
Iris Celeste Nascimento Bandeira - CPRM/RETE  
José Sidiney Barros - CPRM/RETE  
Ney Gonzaga de Sousa - CPRM/RETE  
Maria Tereza Barradas - Terceirizada  
Mickaelon Belchior Vasconcelos - CPRM/RETE  
Paulo Guilherme de O. Sousa - Terceirizado  
Renato Teixeira Feitosa - Terceirizado  
Veruska Maria Damasceno de Moraes - Terceirizada

## ELABORAÇÃO DOS MAPAS MUNICIPAIS DE PONTOS D'ÁGUA

### Coordenação

Francisca de Paula da Silva Braga - CPRM/RETE - ASPDRI

### Execução

Francisca de Paula da Silva Braga - CPRM/RETE - ASPDRI  
Gabriel Araújo dos Santos - CPRM/RETE  
Maria Tereza Barradas - Terceirizada  
Paulo Guilherme de O. Sousa – Terceirizado  
Veruska Maria Damasceno de Moraes - Terceirizada

## ELABORAÇÃO DOS RECORTES GEOLÓGICOS MUNICIPAIS

Francisca de Paula da Silva Braga - CPRM/RETE - ASPDRI  
Gabriel A. dos Santos – CPRM/RETE  
Iris Celeste Bandeira Nascimento - CPRM/RETE  
Maria Tereza Barradas - Terceirizada  
Paulo Guilherme de O. Sousa - Terceirizado.

C824p Correia Filho, Francisco Lages

Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea, estado do Maranhão: relatório diagnóstico do município de São João do Paraíso / Francisco Lages Correia Filho, Érico Rodrigues Gomes, Ossian Otávio Nunes, José Barbosa Lopes Filho. - Teresina: CPRM - Serviço Geológico do Brasil, 2011.

31 p.: il.

1. Hidrogeologia – Maranhão - Cadastro. 2. Água subterrânea – Maranhão - Cadastro. I. GOMES, Érico Rodrigues. II. Nunes, Ossian Otávio. III. Lopes Filho, José Barbosa. IV. Título.

CDD 551.49098121

ILUSTRAÇÕES DA CAPA E DO CD ROM:

1. **Fotografia dos Lençóis Maranhenses** – extraída de [www.brasilturismo.blog.br](http://www.brasilturismo.blog.br);
2. **Fotografia de Pedra Caída, Carolina/MA** – extraída de [www.passagembarata.com.br](http://www.passagembarata.com.br);
3. **Fotografia Cachoeiras do Itapecuru, Carolina/Ma** – Otávio Nogueira, 18/07/2009. <http://www.flickr.com/photos/55953988@N00/3871169364>;
4. **Fotografia do Centro Histórico de São Luís** – <http://www.pousadaveneza.altervista.org/passeios.new.html>;
5. **Fotografias de Poços Tubulares** – CPRM/RETE/2009.

## APRESENTAÇÃO

A CPRM – Serviço Geológico do Brasil, cuja missão é gerar e difundir conhecimento geológico e hidrológico básico para o desenvolvimento sustentável do Brasil executa no nordeste brasileiro, para o Ministério de Minas e Energia, projetos visando o aumento da oferta hídrica, inseridos no Programa Geologia do Brasil, Subprograma Recursos Hídricos, Ação Levantamento Hidrogeológico, em sintonia com as políticas públicas do governo federal.

São ações ligadas diretamente à Diretoria de Hidrologia e Gestão Territorial da CPRM – Serviço Geológico do Brasil, em parceria com o PAC – Programa de Aceleração do Crescimento do Governo Federal, orientadas dentro de uma filosofia de trabalho participativa e interdisciplinar com o intuito de fomentar atividades direcionadas para a inclusão social, reduzindo as desigualdades e estimulando a integração com outras instituições, visando assegurar a ampliação da oferta e disponibilidade dos recursos naturais, em particular dos recursos hídricos subterrâneos do Estado do Maranhão, de forma sustentável e compatível com as demandas da população maranhense.

Neste contexto o Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea no Estado do Maranhão, cujos trabalhos de campo foram executados em 2008/2009 foi o último a ser realizado no nordeste brasileiro, abrangendo 213 municípios do território maranhense, excluindo-se, por questões metodológicas, apenas, a capital São Luis e os municípios periféricos de Raposa, Paço do Lumiar e São José de Ribamar.

Dessa forma, essa contribuição técnica de significado alcance social credita à CPRM – Serviço Geológico do Brasil e ao Ministério de Minas e Energia, em parceria com o PAC – Plano de Aceleração do Crescimento, o cumprimento da missão institucional nas políticas públicas de governo que lhes é delegada pela União, de assegurar uma abordagem e tratamento adequados aos recursos hídricos subterrâneos, estimulando o seu aproveitamento de forma racional e sustentável, considerando-os como um bem natural, ecológico, social e econômico, vital para o desenvolvimento do país e para o bem estar e a saúde da população, particularmente no nordeste, face ao forte apelo social que representa no combate aos efeitos da seca e, como mecanismo com informações consistentes e atualizadas, na oferta de água de boa qualidade para as populações carentes, estimulando as políticas de saúde pública na eliminação de doenças de veiculação hídrica.

Thales de Queiroz Sampaio  
Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial  
CPRM – Serviço Geológico do Brasil

## SUMÁRIO

|   |    |
|---|----|
| 1 - INTRODUÇÃO .....                                      | 10 |
| 2 - ÁREA DE ABRANGÊNCIA .....                             | 11 |
| 3 - OBJETIVO .....  | 11 |
| 4 - METODOLOGIA .....                                     | 12 |
| 5 - CARACTERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO .....                     | 13 |
| 5.1 – Localização e Acesso .....                          | 13 |
| 5.2 - Aspectos Socioeconômicos.....                       | 15 |
| 5.3 - Aspectos Fisiográficos .....                        | 16 |
| 5.4 – Geologia .....                                      | 23 |
| 6 - RECURSOS HÍDRICOS .....                               | 26 |
| 6.1 - Águas Superficiais .....                            | 26 |
| 6.2 – Águas Subterrâneas .....                            | 26 |
| 6.2.1 - Domínios Hidrogeológicos .....                    | 27 |
| 6.2.2 – Diagnóstico dos Poços Cadastrados .....           | 30 |
| 6.2.3 – Aspectos Qualitativos das Águas Subterrâneas..... | 33 |
| 7 – CONCLUSÕES.....                                       | 35 |
| 8 – RECOMENDAÇÕES .....                                   | 38 |
| 9 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....                      | 39 |

### APÊNDICE

1. Planilha de Dados das Fontes de Abastecimento

### ANEXOS

1. Mapa de Pontos D'Água
2. Esboço Geológico Municipal

## 1 - INTRODUÇÃO

O Polígono das Secas, que abrange quase toda região Nordeste e, o Norte de Minas Gerais e do Espírito Santo apresenta um regime pluviométrico marcado por extrema irregularidade de chuvas, no tempo e no espaço. Nesse cenário, a escassez de água constitui um forte entrave ao desenvolvimento socioeconômico e, até mesmo, à subsistência da população. A ocorrência cíclica das secas e seus efeitos catastróficos são por demais conhecidos e remontam aos primórdios da história do Brasil.

Esse quadro de escassez poderia ser modificado em determinadas regiões, através de uma gestão integrada dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos. Entretanto, a carência de estudos de abrangência regional, fundamentais para a avaliação da ocorrência e da potencialidade desses recursos, reduz substancialmente as possibilidades de seu manejo, inviabilizando uma gestão eficiente. Além disso, as decisões sobre a implementação de ações de convivência com a seca exigem o conhecimento básico sobre a localização, caracterização e disponibilidade dessas fontes hídricas.

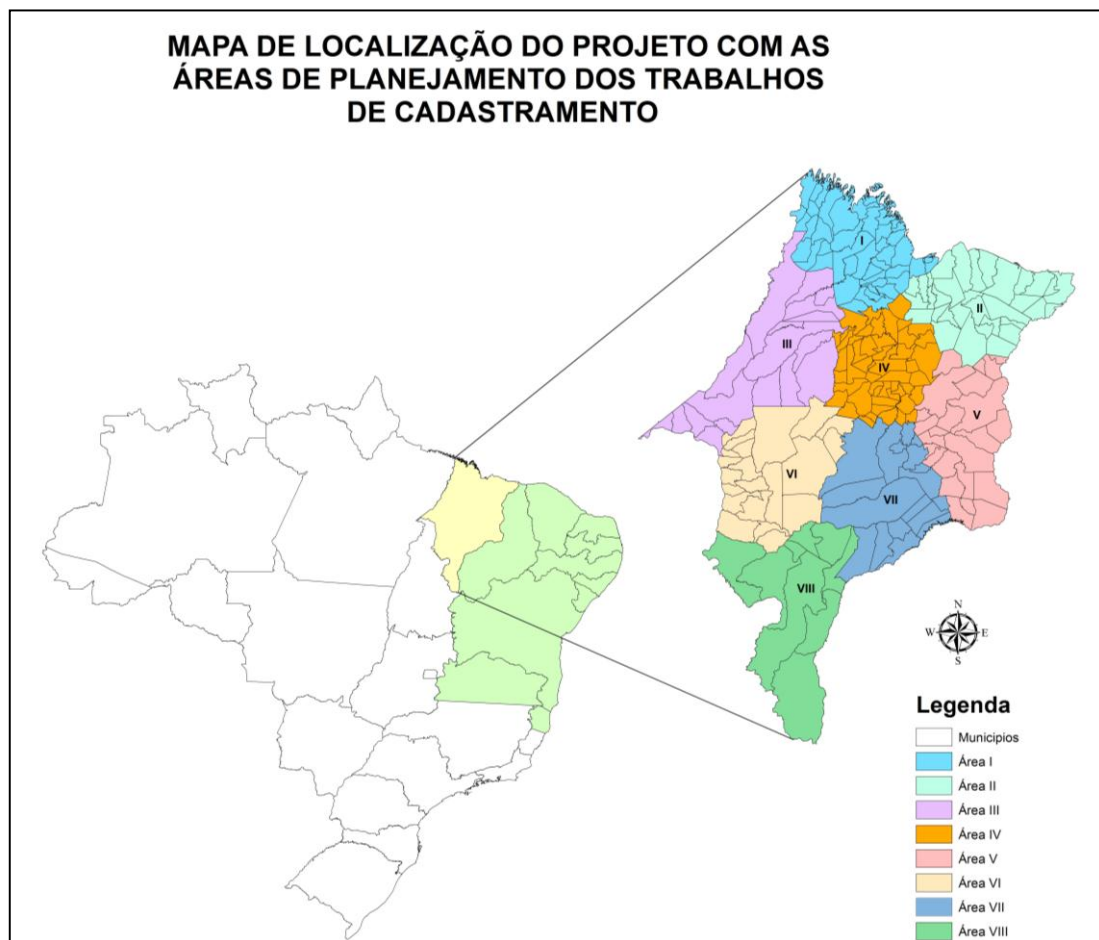
Para um efetivo gerenciamento dos recursos hídricos, principalmente num contexto emergencial, como é o caso das secas, merece atenção a utilização das fontes de abastecimento de água subterrânea, pois esse recurso pode tornar-se significativo no suprimento hídrico da população e dos rebanhos. Neste sentido, um fato preocupante é o desconhecimento generalizado, em todos os setores, tanto do número quanto da situação das captações existentes, fato este agravado quando se observa a grande quantidade de captações de água subterrânea no semi-árido, principalmente em rochas cristalinas, desativadas e/ou abandonadas por problemas de pequena monta, em muitos casos passíveis de ser solucionados com ações corretivas de baixo custo.

Para suprir as necessidades das instituições e demais segmentos da sociedade atuantes na região nordestina, no atendimento à população quanto à garantia de oferta hídrica, principalmente nos momentos críticos de estiagem, a CPRM está realizando o ***Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea no Estado do Maranhão***, em consonância com as diretrizes do Governo Federal e com os propósitos apresentados pelo Ministério de Minas e Energia.



## 2 - ÁREA DE ABRANGÊNCIA

Os trabalhos de cadastramento estenderam-se por todo o estado do Maranhão que foi dividido, metodologicamente, para efeito de planejamento, em oito áreas de atuação, compreendendo 213 municípios e cobrindo uma superfície aproximada de 330.511 km<sup>2</sup> (Figura 1).



**Figura 1** - Área do projeto, em destaque, abrangendo todo Estado do Maranhão e o cadastramento da região nordeste e norte de Minas Gerais e Espírito Santo, realizado pela CPRM.

## 3 - OBJETIVO

Cadastrar todos os poços tubulares, poços amazonas, representativos, e fontes naturais, em todo o estado do Maranhão, abrangendo 213 municípios, excetuando-se a região

metropolitana da Ilha de São Luis, onde estão incluídos a capital e os municípios de Raposa, Paço do Lumiar e São José de Ribamar, por questões metodológicas.

#### **4 - METODOLOGIA**

O planejamento operacional para a realização deste projeto teve como base a experiência da CPRM em cadastramento de poços dos estados do Ceará, feito em 1998, o de Sergipe, em 2001 e o do Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Bahia, Piauí e norte de Minas Gerais e do Espírito Santos, em 2002/2003, realizados com sucesso.

Do ponto de vista metodológico os trabalhos de campo, no estado do Maranhão, foram executados a partir da divisão do estado em oito áreas de planejamento, nominadas de I a VIII, com superfícies variando de 35.431 a 50.525 km<sup>2</sup>. Cada área foi levantada por uma equipe coordenada por um técnico da CPRM e composta, em média, de quatro recenseadores, na maioria estudantes de nível superior dos cursos de Geologia e Geografia, selecionados e treinados pela CPRM. A área II, situada na porção nordeste do estado, abrange 33 municípios, cadastrados em 2008, sob a coordenação do geólogo Carlos Antônio da Luz. As áreas restantes, I, III, IV, V, VI, VII, VIII, com 180 municípios, foram cadastrados em 2009, sob a responsabilidade do geólogo Francisco Lages Correia Filho.

O trabalho contemplou o cadastramento das fontes de abastecimento por água subterrânea (poços tubulares, poços amazonas e fontes naturais), com determinação das coordenadas geográficas com o uso do Global Position System (GPS) e obtenção de todas as informações passíveis de ser coletadas, através de uma visita técnica (caracterização do poço, instalações, situação da captação, dados operacionais, qualidade e uso da água, aspectos ambientais, geológicos e hidrológicos).

Os dados coletados foram repassados, sistematicamente ao Núcleo de Geoprocessamento de Dados da CPRM – Residência de Teresina, para, após rigorosa análise, alimentarem um banco de dados que, devidamente consistido e tratado, possibilitou a elaboração de um mapa de pontos d'água e um esboço geológico de cada um dos municípios inseridos na área de atuação do projeto, cujas informações estão contidas neste relatório diagnóstico de fácil manuseio e compreensão, acessível a diferentes usuários. Os esboços geológicos municipais foram extraídos, a partir de recortes do Mapa Geológico do Brasil ao Milionésimo – GIS Brasil (CPRM, 2004), com alguns ajustes, mas, em função da diferença de escala podem apresentar distorções ou algum erro.

Na elaboração desses mapas foram utilizadas bases cartográficas com dados disponibilizados pela Universidade Estadual do Maranhão - UEMA, como hidrografia, localidades e estradas e os Mapas Municipais Estatísticos, em formato digital do IBGE (2007), elaborados a partir das cartas topográficas da SUDENE e DSG – escala 1:100.000, sobre os quais foram colocados os dados referentes aos poços e fontes naturais, além da geologia e hidrogeologia. A base estadual com os limites municipais foi cedida pelo IBGE. Os trabalhos de montagem e arte final dos mapas foram realizados com o software ArcGIS 10.

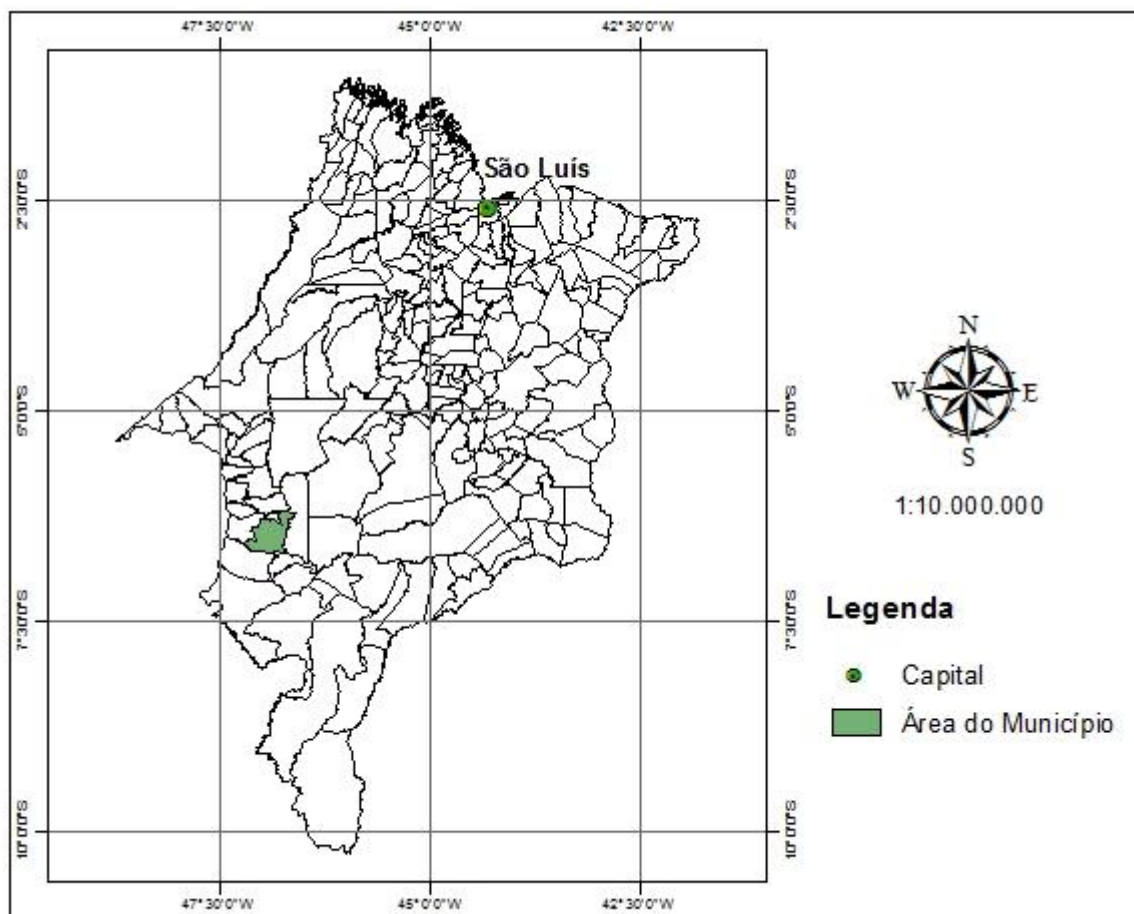
Há municípios em que ocorrem alguns casos de poços plotados fora dos limites do mapa municipal. Tais casos acontecem por problemas ainda existentes na cartografia municipal ou devido a informações incorretas, fornecidas aos recenseadores.

Além desse produto impresso, todas as informações coligidas em cada município estão disponíveis em meio digital, através de um CD ROM, permitindo a sua contínua atualização.

## **5 - CARACTERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO**

### **5.1 – Localização e Acesso**

A Cidade de São João do Paraíso teve sua autonomia política em 10/11/1994 e está inserida na Mesorregião Sul maranhense, na microrregião Porto Franco (**Figura 2**), compreendendo uma área de 2.053,8 km<sup>2</sup>, uma população de aproximadamente 10.814 habitantes e uma densidade demográfica de 5,27 habitantes/km<sup>2</sup> (IBGE, 2010). Limita-se ao Norte com os municípios de Sítio Novo, Lajeado Novo e Porto Franco; ao Sul com São Pedro dos Crentes e Estreito; a Leste com Sítio Novo e a Oeste com Porto Franco (*Google Maps*, 2011).



**Figura 2** - Mapa de localização do município de São João do Paraíso.

A sede municipal tem as seguintes coordenadas geográficas:  $-6^{\circ}27'36''$  de latitude Sul e  $-47^{\circ}03'$  de longitude Oeste de Greenwich (IBGE, 2010).

O acesso a partir de São Luís, capital do estado, em um percurso total em torno de 755 km, se faz da seguinte forma: 137 Km pela BR-135 até a cidade de Miranda do Norte, 103 km pela BR - 222 até a cidade de Bela Vista do Maranhão, 11 km pela BR - 316 até a cidade de Santa Inês, 466 Km pela BR-222 até a cidade de Porto Franco, 42 Km pela Rodovia Estadual MA-138 até a cidade de São João do Paraíso. (*Google Maps*, 2011).

## 5.2 - Aspectos Socioeconômicos

Os dados socioeconômicos relativos ao município foram obtidos, a partir de pesquisas nos site do IBGE ([www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br)), da Confederação Nacional dos Municípios (CNM) ([www.cnm.org.br](http://www.cnm.org.br)) e no Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos (IMESC).

O município foi elevado à condição de cidade, com a denominação de São João do Paraíso, pela Lei Estadual nº 6.158 de 10/11/1994. Segundo o IBGE (2010), cerca de 48,79% da população reside na zona urbana, sendo que a incidência de pobreza no município e o percentual dos que estão abaixo do nível de pobreza é de 52,82% e 40,69% respectivamente.

Na educação, segundo dados do IMESC (2010), destacam-se os seguintes níveis escolares: Creche, Pré-escolar (11,35%), Ensino Fundamental – séries iniciais 1º ao 5º ano e séries finais do 6º ao 9º ano (60,25%); Ensino Médio – 1º ao 3º ano (8,52%) e Educação de Jovens e Adultos (19,88%). O analfabetismo atinge mais de 23% da população da faixa etária acima de 07 anos, dados da CNM (2000).

No campo da saúde, a cidade conta com oito estabelecimentos públicos de atendimento. No censo de 2000, o estado do Maranhão teve o pior índice de Desenvolvimento Humano (IDH) do Brasil e São João do Paraíso obteve baixo desempenho, com IDH de 0,654.

O Programa de Saúde da Família – PSF vem procedendo a organização da prática assistencial em novas bases e critérios, a partir de seu ambiente físico e social, com procedimentos que facilitam a compreensão ampliada do processo saúde/doença e da necessidade de intervenções que vão além de práticas curativas. Em São João do Paraíso a relação entre profissionais da saúde e a população é 1/163 habitante, segundo o IMESC (2010).

A pecuária, a lavoura permanente e a lavoura temporária, as transferências governamentais, o setor empresarial com cento e trinta e três unidades atuantes e o trabalho informal são as principais fontes de recursos para o município.

A água consumida na cidade de São João do Paraíso é distribuída pelo Serviço Autônomo de Água e Esgoto – SAAE, autarquia municipal que atende aproximadamente 1.515 domicílios através de uma central de abastecimento de água sem tratamento (IBGE, 2010). O município possui um sistema de escoamento superficial dos efluentes domésticos e

pluviais que são lançado em cursos d'água permanentes. A disposição final do lixo urbano, não é feita adequadamente em um aterro sanitário.

De acordo com os dados da CNM (2000), a coleta de lixo domiciliar é pouco expressiva, atendendo apenas 14,22% das residências, pois 76,07% lançam seus dejetos diretamente no solo ou os queimam e 9,71% jogam o lixo em lagos ou outros destinos. Dessa forma, a disposição final do lixo urbano e do esgotamento sanitário não atende as recomendações técnicas necessárias, pois não há tratamento do chorume, dos gases produzidos pelos dejetos urbanos, nem dos efluentes domésticos e pluviais, como forma de reduzir a contaminação dos solos, a poluição dos recursos naturais e a proliferação de vetores de doenças de veiculação hídrica. Além disso, não é efetuada a coleta diferenciada para o lixo dos estabelecimentos de saúde, sendo seu acondicionamento feito de forma inadequada promovendo assim um elevado risco de poluição aos recursos hídricos subterrâneos.

O fornecimento de energia é feito pela CEMAR (2011) através do Sistema Regional de Porto Franco (ELETRONORTE) que compreende a região Sudoeste e Centro-sul maranhense desta. É suprido radialmente em 138 KV e 69 KV com potência de 100MVA - 230/138 KV e 2 x 33,0MVA - 230/69 KV, composto por dez subestações, sendo uma na tensão de 138/69 KV, quatro em 69/13,8 KV, uma em 69/34,5 KV e quatro em 34,5/13,8 KV. Segundo o IMESC (2010) existem 2.511 ligações de energia elétrica no município de São João do Paraíso.

### **5.3 - Aspectos Fisiográficos**

O estado do Maranhão, por se encontrar em uma zona de transição dos climas semiárido, do interior do Nordeste, para o úmido equatorial, da Amazônia, e por ter maior extensão no sentido norte-sul, apresenta diferenças climáticas e pluviométricas. Na região oeste, predomina o clima tropical quente e úmido (As), típico da região amazônica. Nas demais regiões, o estado é marcado por clima tropical quente e semiúmido (Aw).

As temperaturas em todo o Maranhão são elevadas, com médias anuais superiores a 24°C, sendo que ao norte chega a atingir 26°C. Esse estado é caracterizado pela ocorrência de um regime pluviométrico com duas estações bem definidas. O período chuvoso, que se concentra durante o semestre de dezembro a maio, apresenta registros estaduais da ordem de 290,4 mm e alcança os maiores picos de chuva no mês de março. O período seco, que ocorre no semestre de junho a novembro, com menor incidência de chuva por volta do mês de

agosto, registra médias estaduais da ordem de 17,1mm. Na região oeste do estado, onde predomina o clima tropical quente e úmido (As), as chuvas ocorrem em níveis elevados durante praticamente todo o ano, superando os 2.000 mm. Nas outras regiões, prevalece o clima tropical quente e semiúmido (Aw), com sucessão de chuvas durante o verão e o inverno seco, cujas precipitações reduzidas alcançam 1.250 mm. Há registros ainda menores na região sudeste, podendo chegar a 1.000 mm.

O território maranhense apresenta-se como uma grande plataforma inclinada na direção sul-norte, com baixo mergulho para o oceano Atlântico. Os grandes traços atuais do modelado da plataforma sedimentar maranhense revelam feições típicas de litologias dominantes em bacias sedimentares. Essa plataforma, submetida à atuação de ciclos de erosão relativamente longos, respondeu de forma diferenciada aos agentes intempéricos, em função de sua natureza, de estruturação e de composição das rochas, modelando as formas tabulares e subtabulares da superfície terrestre. Condicionados ao lineamento das estruturas litológicas, os gradientes topográficos dispõem-se com orientações sul-norte. As maiores altitudes estão localizadas na porção sul, no topo da Chapada das Mangabeiras, no limite com o estado do Tocantins. As menores altitudes situam-se na região norte, próximo à linha de costa.

Feitosa (1983) classifica o relevo maranhense em duas grandes unidades: planícies, que se subdivide em unidades menores (costeira, flúviomarinha e sublitorânea), e planaltos. As planícies ocupam cerca de 60% da superfície do território e os planaltos 40%. São consideradas planícies as superfícies com cotas inferiores a 200 metros. Já os planaltos são superfícies com cotas acima de 200 metros, restritos às áreas do centro-sul do estado.

Jacomin *et al.* (1986 *apud* VALLADARES *et al.*, 2005) apresentam de maneira simplificada as seguintes formas de relevo no estado do Maranhão: chapadas altas e baixas, superfícies onduladas, grande baixada maranhense, terraços e planícies fluviais, tabuleiros costeiros, restingas e dunas costeiras, golfão maranhense e baixada litorânea.

O Centro-Sul do estado abriga as áreas de Planalto, com altitudes entre 200 e 800 metros, com as principais vertentes hidrográficas estando localizadas na chapada das Mangabeiras, na serra do Tiracambu e suas extensões (serras do Gurupi e da Desordem), na serra da Menina e no sistema formado pelas serras da Cruieira, Itapecuru, e Alpercatas. Este conjunto geomorfológico forma e individualiza as bacias hidrográficas dos rios Gurupi, Turiaçu, Maracaçumé-Tromaí, Uru-Pericumã-Aurã, Mearim, Itapecuru, Tocantins, Parnaíba, Munim e outros rios menores sobre a bacia de Barreirinhas. (Costa *et al.*, 1997). Os processos

erosivos agindo sobre os sedimentos das formações Piauí, Pedra de Fogo e Motuca originaram planos irregulares que se estendem do rio Tocantins a Oeste, acompanhando o rio Sereno, até o rio Parnaíba, a Leste, margeando este e também, a drenagem do rio das Balsas. As Coberturas Detríticas-Lateríticas que recobrem os sedimentos da formação Pedra de Fogo deram origem às chapadas do Alto Parnaíba, como a serra do Penitente. A erosão fluvial, contornando os chapadões da alta bacia do rio Itapecuru, expõem os arenitos da formação Sambaíba, originando os relevos em posição altimétrica inferior aos chapadões, dando origem a amplos vales pedimentados. Na região dos Tabuleiros do Parnaíba, na sua margem esquerda, ocorrem planos irregulares em níveis altimétricos diferenciados entre 20 a 400 metros, mais na parte Sul, com relevo nas vertentes dissecados em colinas e morros. Na região do Patamar das Cabeceiras do Mearim tem-se planos rampeados em níveis altimétricos que variam de 200 a 500 metros. Em alguns trechos, principalmente no baixo curso do rio Alpercatas e seus afluentes, o relevo é em colinas e morros residuais que se destacam na paisagem. Na região do Patamar de Porto Franco/Fortaleza dos Nogueiras, as cotas altimétricas variam de 150 metros nas proximidades do rio Tocantins, a 650 metros na parte Leste. Na área dos Planos Arenosos de Riachão, drenada pelo rio Tocantins, as altitudes estão em torno de 150 metros e caracteriza-se pelos planos com areias quartzosas resultantes da decomposição dos arenitos da formação Sambaíba. A região dos Tabuleiros de Balsas caracteriza-se por relevos planos localmente limitados por escarpas e por vertentes dissecadas em lombas e colinas, estando em níveis altimétricos que variam de 150 a 400 metros. Os Vãos do Alto Itapecuru, correspondem aos vales do alto rio Itapecuru, do Alpercatas e do Balseiros que entalham as chapadas existentes nessa área. Na parte Oeste esses vãos se caracterizam como amplos vales pedimentados, com cotas altimétricas que variam de 350 a 400 metros, com a drenagem apresentando-se controlada por alinhamentos estruturais de direção oeste-leste; na parte Leste, a drenagem está disposta de Sul para Norte e os vãos acham-se dissecados em lombas e colinas, com as altitudes variando de 200 a 300 metros. Nos chapadões do Alto Itapecuru o relevo é plano, limitado por escarpas dissecadas. O topo dos chapadões é mantido pelo nível de laterita que forma as coberturas e as cotas altimétricas variam de 300 metros na parte Leste a 500 metros no Oeste. Esses chapadões acham-se recortados pela drenagem que isolou blocos, conhecidos regionalmente como serra das Alpercatas e serra do Itapecuru, além de denominações locais como serra da Crueira. Na região das Chapadas do Alto Parnaíba, a exemplo dos chapadões do Alto Itapecuru, as



chapadas se encontram recortadas pela drenagem e se dispõem na direção Sul-norte. O bloco principal é conhecido como serra do Penitente e as cotas altimétricas variam de 150 metros na margem do Parnaíba a 600 metros na citada serra. Na região dos Vãos do Alto Parnaíba o relevo caracteriza-se por vales amplos e pedimentados do alto curso dos rios Parnaíba, das Balsas e Miguel Alves Grande, afluente do rio Tocantins, onde dominam planos rampeados; ao longo do rio Manuel Alves Grande ocorre áreas abaciadas sujeitas a inundações no período chuvoso; esses vãos foram entalhados em cotas altimétricas que variam de 350 a 500 metros. Nas Cabeceiras do Parnaíba, o relevo caracteriza-se por rampas em direção a drenagem principal, enquanto que na parte Oeste destacam-se relevos residuais de topo plano, limitados por escarpas, configurando-se como restos das chapadas que ocorrem no Sul do estado. As cotas altimétricas nessa região variam de 500 a 650 metros e decaem de Sul para Norte. A área das Chapadas das Mangabeiras, que faz o limite Sul do estado do Maranhão com o estado do Tocantins, caracteriza-se por apresentar um relevo de topo plano com cotas altimétricas em torno de 800 metros. Este topo plano está limitado por escarpas dissecadas. As Planícies Fluviais correspondem às várzeas e terraços fluviais, dispostos ao longo dos rios principais, compostos pelas aluviões, estando sujeitos a inundações durante as enchentes

As diferentes condições climáticas, de relevo e de solos do território brasileiro, permitem o desenvolvimento de uma grande diversidade de ambientes naturais. A cobertura vegetal do Maranhão reflete, em particular, a influência das condições de transição climática, entre o clima amazônico e o semiárido nordestino. Na região do Tabuleiro do Parnaíba, a vegetação é caracterizada pelo contato da Savana com a Floresta, dominando a Savana Arbórea Aberta, descaracterizada em alguns trechos, para a implantação da agropecuária e agricultura de subsistência. O clima regional é subúmido a semiárido e a pluviosidade anual varia de 1.100 a 1.400 mm. No patamar das Cabeceiras do Mearim, predomina a cobertura vegetal Savana Parque mais a Savana Arbórea Aberta; o clima regional é subúmido a semiárido e a pluviosidade anual varia de 1.000 a 1.200 mm. No patamar de Porto Franco/Fortaleza dos Nogueiras, a vegetação dominante é da Savana Arbórea Aberta, Savana Densa e a Savana Parque; o clima regional é subúmido a semiárido na parte sul e subúmido no norte e a pluviosidade anual varia de 1.300 a 1.600 mm. Na região dos Planos Arenosos de Riachão, a vegetação dominante é a Savana Arbórea Aberta e a Savana Parque, o clima regional é subúmido na parte norte e subúmido a semiárido no setor sudeste; a pluviosidade anual varia de 1.300 a 1.700 mm. Nos vãos do Alto Parnaíba, a vegetação dominante é a da

Savana Arbórea Densa, Savana Aberta e Savana Parque, o clima é subúmido a semiárido e a pluviosidade anual varia de 1.100 a 1.300 mm. Na área do Tabuleiro de Balsas, a vegetação dominante é a Savana Arbórea Aberta e a Savana Densa, descaracterizada pela agropecuária e pela agricultura de subsistência; o clima regional é subúmido a semiárido e a pluviosidade anual varia de 1.000 a 1.200 mm. A região das chapadas do Alto Itapecuru, a vegetação predominante é a Savana Arbórea Aberta, descaracterizada, para implantação de agricultura comercial de soja, arroz e sementes de capim; o clima regional é subúmido a semiárido e subúmido e a pluviosidade anual varia de 1.100 a 1.500 mm. Na área dos vãos do Alto Itapecuru, a vegetação dominante é a Savana Arbórea Aberta e Savana Densa, descaracterizada pela agropecuária e pela agricultura de subsistência; o clima regional é subúmido a semiárido e a pluviosidade anual varia de 1.000 a 1.200 mm. Na região das chapadas do Alto Parnaíba, a vegetação dominante é a Savana Arbórea Aberta e a Savana Arbórea Densa, devastada na serra do Penitente, pela agricultura comercial de soja; o clima regional é subúmido a semiárido e subúmido e a pluviosidade anual varia de 1.100 a 1.500 mm. Nas cabeceiras do Parnaíba, a vegetação é a Savana Parque mais a Savana Arbórea Aberta; o clima regional é subúmido a semiárido e a pluviosidade anual varia de 1.200 a 1.300 mm. Na Chapada das Mangabeiras, a vegetação dominante é a Savana Parque no topo das serras e a Savana Arbórea Aberta; o clima regional é subúmido a semiárido e a pluviosidade anual varia de 1.200 a 1.300mm. Nas Planícies Fluviais, a cobertura vegetal dominante são as Formações Pioneiras com influência fluvial.

Os solos da região estão representados por Latossolo Amarelo, Latossolo Roxo, Terra Roxa, Vertissolos, Solos Litólicos e Areias Quartzosas (EMBRAPA, 2006). Latossolos Amarelos são solos profundos, bem acentuadamente drenados, com horizontes de coloração amarelada, de textura média e argilosa, sendo predominantemente distróficos, ocorrendo também álicos, com elevada saturação de alumínio e teores de nutrientes muito baixos. São encontradas em áreas de topos de chapadas, ora baixas e dissecadas, ora altas e com extensões consideráveis, apresentando relevo plano com pequenas e suaves ondulações, tendo como material de origem mais comum, as coberturas areno-argilosas e argilosas, derivadas ou sobrepostas às formações sedimentares. Mesmo com baixa fertilidade natural e em decorrência do relevo plano e suavemente ondulado, esse solo tem ótimo potencial para agricultura e pecuária. Devido sua baixa fertilidade e acidez elevada, esses solos são exigentes em corretivos e adubos químicos e orgânicos.

Latossolo Roxo são solos minerais, não hidromórficos, com horizonte B latossólico, cor vermelho-arroxeadada, com altos teores de  $Fe_2O_3$ , derivados da alteração de rochas básicas, de grande importância agrícola. São profundos, friáveis ou muito friáveis, argilosos ou muito argilosos, porosos, permeáveis e estão cobertos por vegetação de cerrado e floresta. Em sua grande maioria, de textura argilosa ou muito argilosa, condição esta a pela própria pobreza em quartzo do material de origem. Ocorrem na maioria das vezes em relevo plano e suavemente ondulado, porém tem sido mencionada sua ocorrência em áreas de topografia mais movimentada.

Terra Roxa são solos minerais, não-hidromórficos, apresentando cor vermelho-escura tendendo à arroxeadada, derivados do intemperismo de rochas básicas e ultrabásicas, ricas em minerais ferromagnesianos, sendo comum sua ocorrência nas partes média e inferior de encostas onduladas a fortemente onduladas. Na sua maioria, são eutróficos, com ocorrência menos frequentes de distróficos e raramente álicos. A textura varia de argilosa a muito argilosa, bastante porosos, com teores de ferro elevados, tendo como característica peculiar, apresentar materiais que são atraídos pelo ímã. Os solos eutróficos são de grande importância agrícola, com elevado potencial produtivo, e os distróficos e álicos respondem bem à aplicação de fertilizantes e corretivos. Pelas suas características, esses solos têm aptidão boa para lavouras e demais usos agropastoris, exceto pelo seu posicionamento no relevo.

Vertissolos são solos minerais, hidromórficos ou não, argilosos (mais de 30% de argila), normalmente de cores escuras, com elevado nível de fertilidade natural, que apresentam grande mudança de volume em função da variação do teor de umidade. Uma característica específica desse solo, é o aparecimento de fendas durante a época seca. Os teores relativamente altos de argila com atividade alta, tornam os solos muito plásticos e pegajosos, quando molhados, e de consistência extremamente dura, quando secos, além da baixa permeabilidade. São moderadamente profundos, imperfeitamente drenados e estão localizados em relevo plano a suavemente ondulado.

Solos Litólicos são solos minerais não hidromórficos, pouco desenvolvidos, muito rasos ou rasos, com horizonte A sobre a rocha ou sobre horizonte C. São de textura variável, frequentemente arenosa ou média e preferencialmente ocupam locais com forte declividade, geralmente encostas de morros, serras e sopés de chapadas. As principais limitações quanto ao uso agrícola são a pequena espessura do solo, a frequente ocorrência de cascalhos e

fragmentos de rocha no seu perfil, a grande susceptibilidade à erosão, mormente nas áreas de relevo acidentado que são as mais frequentes de sua ocorrência.

Areias Quartzosas são solos arenosos, essencialmente quartzosos, que apresentem teores em argila inferiores a 15%, muito profundos, excessivamente drenados, forte a fortemente ácidos e com baixa a muito baixa fertilidade natural. Apresenta baixa saturação de bases e alta a média saturação de alumínio trocável. Não dispõem praticamente de nenhuma reserva de nutrientes para as plantas. A sequência dos horizontes é do perfil do tipo A/C, onde A apresenta profundidade variável, com baixos teores de matéria orgânica.

O município de São João do Paraíso está localizado na mesorregião sul maranhense, na microrregião Porto Franco (IBGE, 2010). O assoreamento dos corpos d'água do município ocorre devido à degradação das matas ciliares, o desmatamento para a extração vegetal, a expansão da atividade agrícola e a erosão ou deslizamento de encostas. Além disso, a ocupação irregular do solo, a disposição de resíduos sólidos no ambiente, a agropecuária e as queimadas configuram impactos ambientais significativos (CNM, 2002).

A altitude da sede do município é de 230 metros acima do nível do mar e a variação térmica durante o ano é pequena, com a temperatura oscilando entre 22,2°C e 32,1°C. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é tropical (AW') subúmido com dois períodos bem definidos: um chuvoso, que vai de novembro a abril, com médias mensais superiores a 203 mm e outro seco, correspondente aos meses de maio a outubro. Dentro do período de estiagem, a precipitação pluviométrica variou de 3,2 a 93,5 mm e no período chuvoso, de 159,5 a 273,3 mm, com média anual em torno de 1.429 mm. Esses dados são referentes ao período de 1961 a 1990 (JORNAL DO TEMPO, 2011).

O relevo da região é formado pela depressão de Balsas, formado por um conjunto de morfoesculturas rebaixadas, modeladas no sentido leste-oeste. É dominada por chapadas com formas amplas e baixas, com maiores altitudes a Oeste, nas cabeceiras dos rios, com cotas máximas alcançando os 350 metros (FEITOSA, 2006). Os cursos d'água da região fazem parte da bacia hidrográfica do Tocantins e a vegetação da região é composta pelo cerrado que se caracteriza por apresentar troncos e galhos retorcidos e suberizados (IMESC, 2008).

## 5.4 – Geologia

O município de São João do Paraíso está inserido nos domínios da Bacia Sedimentar do Parnaíba, que, segundo Brito Neves (1998), foi implantada sobre os riftes cambro-ordovicianos de Jaibas, Jaguarapi, Cococi/Rio Jucá, São Julião e São Raimundo Nonato. Compreende as superseqüências Silurianas (Grupo Serra Grande), Devoniana (Grupo Canindé) e Carbonífero-Triássica (Grupo Balsas) de Góes e Feijó (1994).

O Grupo Balsas está representado na área do município através da formação Sambaíba (T12s) Triássico; o Grupo Mearim através das formações Mosquito (J1βm) e Corda (J2c), Jurássico; o Cretáceo através das formações Grajaú (K1g), Itapecuru (K12it); e o Terciários-Quaternários pelos Depósitos Colúvio-Eluviais (NQc).

Segundo a definição de Aguiar (1971), a formação Mosquito é litologicamente constituída por derrames basálticos com uma intercalação sedimentar, descontínua e restrita, onde foi observada, em sua porção inferior, exclusivamente nas proximidades da cidade de Fortaleza dos Nogueira, Estado do Maranhão, por (Lima & Leite, 1978). Os basaltos são, em geral, de cores escuras, raramente em tons verde, afaníticos, com amígdalas preenchidas por calcedônia, zeólitos e material criptocristalino, esverdeado. Os arenitos são róseos e esbranquiçados, finos a médios, pintalgados de caulim, parcialmente silicificados, com estratificação plano-paralela ou cruzada. O contato superior da unidade com a formação Corda é discordante, marcado por uma superfície de erosão acentuada. O contato inferior do basalto com os sedimentos da formação Sambaíba mostra esses arenitos completamente truncados pelos basaltos. Ocupa uma vasta área a sul estendendo-se para sudoeste do município de Grajaú.

Plummer (1948 *apud* SANTOS *et al.*, 1984) usou originalmente o termo Sambaíba para designar os arenitos que afloram, em forma de mesetas, próximo à cidade de Sambaíba, no estado do Maranhão. Litologicamente, esta formação consiste de arenitos avermelhados, róseos, escuros e esbranquiçados, predominantemente finos a médios. Em geral, são pintalgados de caulim, com grãos subangulares à subarredondados e foscas. É comum, na seção mais superior, níveis de sílex. Ainda, no topo da unidade, onde ocorrem intercalações de níveis de basalto, esses arenitos apresentam-se bastante silicificados. Estratificação cruzada de grande porte do tipo torrencial é a estrutura sedimentar, predominante. Northfleet & Neves (1967) citam espessuras variáveis de 60 a 110 metros para a formação Sambaíba. Lima e Leite (1978) referem-se a 40 metros de espessura na região de Lizarda-Gurupá, no Estado do

Tocantins. 200 metros, próximo a cidade de Sambaíba-MA. Na região centro-sul, da bacia, nota-se maior expressividade, em termos de espessura dessa unidade, enquanto na borda oeste da bacia suas espessuras são decrescentes no sentido E-W. O contato inferior da formação Sambaíba, com unidades Paleozóicas (formações Piauí e Pedra de Fogo) é discordante e, concordante com a formação Motuca (Lima & Leite, 1978). Seu contato superior com a formação Urucuaia é discordante e, em geral, marcado por uma superfície aplainada, com cobertura arenosa sendo, também discordante com a formação Corda. No contato dos arenitos Sambaíba com os basaltos observa-se o truncamento dos primeiros pelos basaltos. Ocupa uma área no extremo sul do município de São João do Paraíso.

Lisboa (1914 *apud* SANTOS *et al.*, 1984) usou pela primeira vez a denominação Corda para designar os arenitos vermelhos que ocorrem intercalados em basaltos no vale do rio Mearim, no Estado do Maranhão. Aguiar (1969) considera como formação Corda a seção de sedimentos, com espessura em torno de 80 metros, com intercalações de sílex, de idade jurássica, assentados sobre os basaltos da formação Mosquito e, recoberta, discordantemente, pelos basaltos da formação Sardinha. Quando a formação Corda ocorre em contato com os basaltos da formação Mosquito a sequência litológica dessa formação inicia-se por arenitos grosseiros a conglomeráticos, marrons-avermelhados e arroxeados. Quando a unidade repousa diretamente sobre outras formações, estando ausente o basalto Mosquito, a sequência litológica consiste, essencialmente de arenitos argilosos, marrons-avermelhados, com estratificação cruzada de grande porte. Localmente, esses arenitos são muitos calcíferos, como observados em Imperatriz e Grajaú no Maranhão e Tocantinópolis no Tocantins. Em sua seção média pode ocorrer intercalações nos arenitos de níveis de argilitos, siltitos argilosos e folhelhos, com estratificação cruzada. O topo da unidade reúne arenitos arroxeados e marrons-avermelhados, médios a grosseiros, grãos arredondados e foscos, com seixos de quartzo e estratificação plano-paralela de grande porte. Sua espessura varia de 30 metros na região de Imperatriz, 84 metros na região de Pastos Bons, segundo Lima & Leite (1978). Northfleet & Mello (1967 *apud* SANTOS *et al.*, 1984) atribuem para a unidade Corda a espessura de 80 metros na região do município de Fortaleza dos Nogueiras. Aflora a oeste, noroeste e a nordeste do município de São João do Paraíso.

Aguiar (1969) usou o nome formação Grajaú no mesmo sentido de Lisboa (1935 *apud* SANTOS *et al.*, 1984), posicionando-a sobre os basaltos Sardinha ou sobre os arenitos da formação Corda. Seu contato superior com a formação Codó é assinalado como concordante.

Lisboa (1935 *apud* SANTOS *et al.*, 1984) denominou “arenito Grajaú” uma seção sob os folhelhos e calcários da formação Codó, atribuindo-lhe idade cretácea. Essa seção consiste, essencialmente, de arenitos esbranquiçados a cremes, finos a conglomeráticos, com estratificação cruzada e plano-paralela, com grãos predominantemente limpos, brilhantes e arredondados. Esses arenitos ocorrem tanto friáveis como silicificados. Localmente, são encontradas intercalações de camadas de até 2 m de espessura de argilitos vermelhos, arroxeados, marrons e cremes, com aleitamento regular, ondulado. Essa unidade aflora largamente na porção centro-oeste e parte da região centro-norte da bacia, constituindo uma faixa relativamente estreita e descontínua, de direção aproximada E-W, mantendo estruturalmente as mesmas direções das camadas mesozóicas. O posicionamento litoestratigráfico das formações Grajaú e Codó sugerem uma equivalência cronoestratigráfica entre essas duas unidades. Aflora em uma área localizada a nordeste do município de São João do Paraíso.

Formação Itapecuru (K12it). Campbell (1948) foi quem primeiro descreveu essa unidade, denominando-a de formação Serra Negra. Posteriormente, passou a usar o termo Itapecuru, atribuindo-lhe idade cretácea, posicionando-a, com discordância local, sobre a formação Codó. Litologicamente, essa unidade consiste, no flanco oeste e noroeste da bacia, de arenitos avermelhados, médios a grosseiros, com faixas conglomeráticas muito argilosas e intercalações de argilitos e siltitos, de coloração variegada. Seguem-se arenitos avermelhados e esbranquiçados, finos a médios, caulínicos, com estratificação cruzada de grande porte. Nas demais regiões, os arenitos são em geral finos com faixas de arenitos médios. O contato inferior da unidade com as formações Codó e Grajaú é concordante, apresentando discordâncias locais. Revela extensas e contínuas áreas de exposição, notadamente na região centro-oeste, norte e centro-leste da bacia, bem como, em faixas isoladas e restritas no flanco oeste, a W do município de Araguaiana e Colinas de Goiás. Sua espessura aflorante é superior a 200 metros. Os perfis de furos estratigráficos indicam espessuras variáveis de 270m (poço VGst-1MA), 400m (poço PMst-1-MA) e 600m (poço PAF-3-MA), segundo (Lima & Leite, 1978). Aflora no extremo leste do município de São João do Paraíso.

Depósitos Colúvio-Eluviais (NQc). A primeira tentativa de separação dessas coberturas interioranas, determinando-as de Cobertura Colúvio-Eluviais Indiferenciadas, coube a Campos *et al.* (1976). Porém, com base em estudos de campo Oliveira *et al.*, (1974 *apud* AGUIAR, 1999), esses capeamentos foram definidos como produtos de alteração de

rochas cristalinas transformados em sedimentos areno-siltico-argilosos, inconsolidados, de idade Terciário-Quaternário. Braga *et al.* (1977) caracterizam litologicamente esses sedimentos como um material areno-argiloso, caulínico, com cimento argiloso e/ou ferruginoso. Eles são constituídos de grãos de quartzo imaturos e pouco desgastados, ocasionais pontuações de opacos, palhetas de mica e grãos de feldspatos, em vias de alteração. A falta de estratificação, o caráter arcoseano, a presença de minerais micáceos e feldspáticos caracterizam esses sedimentos como imaturos e, por outro lado, sugerem, em seu processo de formação, condições climáticas semiáridas a que foram submetidos, desde a degradação até os tempos atuais. Ocupa uma vasta área a norte estendendo-se para nordeste, leste, sudeste e sul do município de São João do Paraíso (Ver mapa, **Anexo 2**).

## **6 - RECURSOS HÍDRICOS**

### **6.1 - Águas Superficiais**

O Maranhão é o único estado do Nordeste que menos se identifica com as características hidrológicas da região, pois não há estiagem e nem escassez de recursos hídricos, tanto superficiais como subterrâneos, em seu território.

É detentor de uma invejável rede de drenagem com, pelo menos, dez bacias hidrográficas perenes. Podem ser assim individualizadas: Bacia do rio Mearim, Bacia do rio Gurupi, Bacia do rio Itapecuru, Bacia do rio Grajaú, Bacia do rio Turiaçu, Bacia do rio Munim, Bacia do rio Maracaçumé-Tromaí, Bacia do rio Uru-Pericumã-Aurá, Bacia do rio Parnaíba-Balsas, Bacia do rio Tocantins, além de outras pequenas bacias. Suas principais vertentes hidrográficas são: a Chapada das Mangabeiras, a Chapada do Azeitão, a Serra das Cruzeiras, a Serra do Gurupi e a Serra do Tiracambu.

As bacias hidrográficas são subdivididas em sub-bacias e microbacias. Elas constituem divisões das águas, feitas pela natureza, sendo o relevo responsável pela divisão territorial de cada bacia, que é formada por um rio principal e seus afluentes.

O município de São João do Paraíso pertence à bacia hidrográfica do rio Tocantins, pois o rio Lajeado, que drena sua área, é seu afluente. O rio Tocantins nasce no planalto goiano, aproximadamente a 1.000 m de altitude, sendo formado pelos rios das Almas e Maranhão, cujo curso mede cerca de 1.960 km até a sua foz no oceano Atlântico (MMA, 2006b). Seu trecho inferior tem início próximo à cidade de Marabá-PA, logo após o rio



estabelecer os limites entre os estados do Maranhão, Pará e Tocantins. Sua bacia forma uma área de drenagem de 767.000 km<sup>2</sup>, distribuindo-se pelos estados do Tocantins e Goiás (58%), Mato Grosso (24%), Pará (13%) e Maranhão (4%), além do Distrito Federal com (1%). Entre as cidades de Imperatriz e Marabá, apresenta direção E-W, sofrendo brusca inflexão para norte, à jusante de Marabá, até sua foz. No Maranhão, recebe alguns afluentes de porte, como os rios Manuel Alves Grande, Farinha, Gameleira, Água Boa, Lajeado, da Posse e Bananal. Além do rio Lajeado, drena a área do município os rios Flores, Gameleira, Itaueiras, Jardim, Santana, Lajeadinho e os riachos: Bacaba, Boa Vista, do Cantinho, Vereda, Macacos, Presídio, Rodrigues, Vão do Macaco, São Bento, Brejão, Grota d'Anta, Picos, da Extrema, do Meio, dos Cocos, Alforge, Arrependido, São Marcos e inúmeros córregos e riachões.

## 6.2 – Águas Subterrâneas

O estado do Maranhão está quase totalmente inserido na Bacia Sedimentar do Parnaíba, considerada uma das mais importantes províncias hidrogeológicas do país. Trata-se de bacia do tipo intracratônica, com arcabouço geométrico influenciado por feições estruturais de seu embasamento, o que lhe impõe uma estrutura tectônica em geral simples, com atitude monoclinial das camadas que mergulham suavemente das bordas para o seu interior.

Segundo Góes *et al.* (1993), a espessura máxima de todo o pacote sedimentar dessa bacia está estimada em 3.500 metros, da qual cerca de 85% são de idade paleozóica e o restante, mesozóica. Dessa forma, o estado do Maranhão, por estar assentado plenamente sobre terrenos de rochas sedimentares, diferentemente dos outros estados nordestinos, apresenta possibilidades promissoras de armazenamento e exploração de águas subterrâneas, com excelentes exutórios e sem períodos de estiagem.

### 6.2.1 - Domínios Hidrogeológicos

É considerada água subterrânea apenas aquela que ocorre abaixo da superfície, na zona de saturação, onde todos os poros estão preenchidos por água. A formação geológica que tem capacidade de armazenar e transmitir água é denominada aquífero.

Em relação à geologia, existem três domínios principais de águas subterrâneas: rochas ígneas e metamórficas, que armazenam água através da porosidade secundária resultante de fraturas, caracterizando, segundo Costa (2000), “aquífero fissural”; rochas cabornáticas,

calcário e dolomito, que armazenam água com o desenvolvimento da porosidade secundária, através da dissolução e lixiviação de minerais carbonáticos pela água de percolação ao longo das descontinuidades geológicas, caracterizando o que é denominado de “aquífero cárstico”; sedimentos consolidados, arenitos, e inconsolidados, as aluviões e dunas, que caracterizam o aquífero poroso ou intergranular.

O município de São João do Paraíso apresenta dois domínios hidrogeológicos: o do aquífero fissural, representado pelos basaltos e/ou diabásios da formação Mosquito (J1Bm); o do aquífero poroso ou intergranular, relacionado aos sedimentos consolidados das formações Sambaíba (T12s), Corda (J2c), Grajaú (K1g) e Itapecuru (K12it); e pelos sedimentos inconsolidados dos Depósitos Colúvio-Eluviais (NQC). Durante os trabalhos de campo foram cadastrados 24 pontos d'água sendo todos poços tubulares (100,0%).

O aquífero Sambaíba, que ocorre tanto como aquífero livre como confinado na área do município, apresenta constituição litológica predominantemente arenosa (arenitos finos a médios, bem selecionados), com boa permeabilidade, caracterizando-se com de potencial hidrogeológico médio a elevado. É alimentado pela infiltração direta das precipitações pluviométricas nas áreas de recarga, sendo bastante favorecido pelo relevo aplanado, onde se desenvolvem extensos areais; infiltração vertical, descendente, através das formações superiores e pela contribuição da rede de drenagem superficial, principalmente na época de cheias. Seus principais exutórios são: a rede de drenagem superficial, quando os rios recebem por restituição as águas armazenadas no aquífero principalmente durante as cheias; evapotranspiração, quando o caráter argiloso do perfil geológico diminui a infiltração, favorecendo aumento desse processo nas áreas de recarga; infiltração vertical, descendente, na base do aquífero; algumas fontes de contato e descarga artificial, resultante do bombeamento de poços manuais e tubulares, existentes.

A formação Mosquito, constituída por basaltos e/ou diabásios, apresenta uma porosidade primária quase nula, condicionando a ocorrência de água subterrânea a uma porosidade secundária, representada por fraturas e fendas com circulação restrita às fraturas abertas, dando origem a reservatórios aleatórios, descontínuos e de pequena extensão, comumente denominado “Aquífero Fissural”, segundo Costa (1983). Nesse contexto hidrogeológico, em geral, seu potencial é praticamente nulo, fazendo com que sua exploração por poços tubulares, provoque a diminuição de suas reservas. Pelas suas características dimensionais e hidráulicas, bastante fracas e, considerando ainda, que existe uma expectativa

de diminuição dessa oferta, ao longo do tempo, em função de épocas de estiagens mais prolongadas e das dificuldades de recarga impostas pelas próprias condições naturais do sistema, esse aquífero é pouco explorado na região.

A unidade Corda ocorre como aquífero livre a confinado e constitui-se, litologicamente, de arenitos finos a médios, quartzosos, com níveis argilosos e com eventuais leitos de siltitos e folhelhos. Em função de suas litologias, apresenta uma permeabilidade regular, caracterizando-se como de potencial hidrogeológico médio. Os poços que exploram esse aquífero apresentam profundidades médias da ordem de 150 metros, podendo atingir profundidades até 700 metros, como registrado nos perfis litológicos dos poços perfurados pela CPRM no estado do Maranhão. Sua espessura média, segundo dados levantados pelo Projeto SIG Hidrogeológico do Brasil – Folha Teresina, escala 1:1.000.000 (CPRM, inédito), alcança cerca de 160 metros. Alimenta-se pela infiltração direta das precipitações pluviométricas nas áreas de recarga; pela infiltração vertical, ascendente, através das formações inferiores e da rede de drenagem superficial, principalmente nas épocas de cheias. Os exutórios são representados pela rede de drenagem superficial, quando os rios recebem por restituição as águas armazenadas no aquífero, principalmente nas épocas de estiagem; evapotranspiração, quando o caráter argiloso do perfil geológico diminui a infiltração, favorecendo o aumento do processo nas áreas de recarga; infiltração vertical, descendente, na base do aquífero; algumas fontes de contato e descarga artificial resultantes do bombeamento de poços manuais e tubulares existentes.

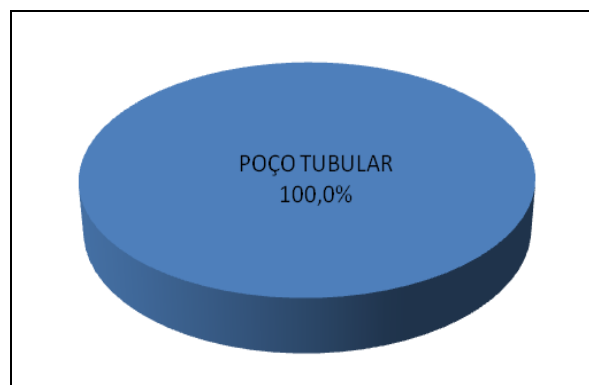
O aquífero Grajaú, que ocorre na área do município como aquífero livre, apresenta uma constituição litológica representada por arenitos róseos, cremes e esbranquiçados, finos a médios, com intercalações de siltitos, argilitos e clásticos grosseiros que dão origem a uma permeabilidade regular. Apresenta um potencial hidrogeológico que varia de fraco a médio. Sua alimentação ocorre através da infiltração direta das precipitações pluviométricas na área de recarga; contribuição da rede de drenagem superficial, principalmente em períodos de cheias. Os principais exutórios são: a evapotranspiração, quando o caráter argiloso do perfil geológico diminui a infiltração, favorecendo um aumento desse processo; a rede de drenagem superficial, quando os rios recebem por restituição as águas armazenadas no aquífero, principalmente durante as épocas de chuvas; fontes de contato; infiltração vertical, descendente, na base do aquífero e a exploração de poços tubulares, existentes.

O aquífero Itapecuru ocorre como aquífero livre e semiconfinado, na área do município. Apresenta uma constituição litológica reunindo arenitos finos a muito finos, predominantemente argilosos, esbranquiçados, avermelhados e cremes, com níveis silticos e argilosos que caracteriza uma permeabilidade fraca a regular e uma produtividade de média a fraca com os poços tubulares apresentando vazões entre 3,2 a 25,0 m<sup>3</sup>/h. Esse aquífero é alimentado pela infiltração direta das precipitações pluviométricas nas áreas de recarga; pela infiltração vertical ascendente, através das formações inferiores e contribuição dos rios influentes. Os exutórios são: a rede de drenagem superficial, quando os rios recebem por restituição as águas armazenadas no aquífero, principalmente, durante as cheias; evapotranspiração, quando o caráter argiloso do perfil geológico diminui a infiltração, favorecendo uma maior evapotranspiração nas áreas de recarga; a infiltração vertical descendente, na base do aquífero; algumas fontes de contato e descarga artificial, resultantes do bombeamento de poços manuais e tubulares, existentes.

As Coberturas Colúvio-Eluviais podem armazenar água subterrânea no período chuvoso, dependendo de suas espessuras e, eventualmente, podem ser aproveitadas para captação em condições pontuais. Elas têm uma maior importância na alimentação das formações subjacentes e são exploradas através de poços de grande diâmetro, do tipo amazonas.

### 6.2.2 – Diagnóstico dos Poços Cadastrados

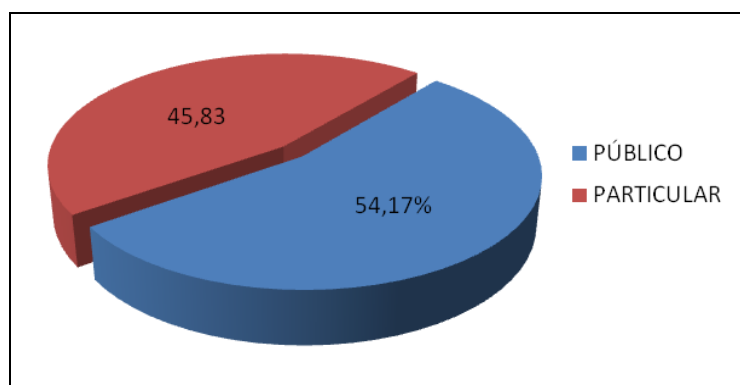
O inventário hidrogeológico, realizado no município de São João do Paraíso, registrou a presença de 24 pontos d'água, sendo todos poços tubulares, representativo (**Figura 3**).



**Figura 3** - Tipos de pontos de água cadastrados.

Como os poços tubulares representam 100,0% dos pontos cadastrados às discussões

sobre o estudo, a seguir apresentados estarão restritas a essa categoria. Todos os locais dos poços tubulares levantados estão classificados em duas naturezas: públicos (13 poços), quando estão em terrenos de servidão pública e particulares (11 poços), quando estão situados em propriedades privadas como ilustra, em termos percentuais, o gráfico da **figura 4**.



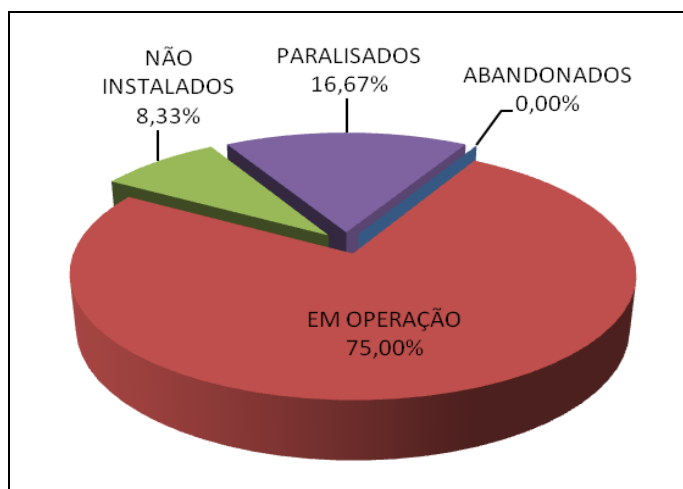
**Figura 4** - Natureza dos poços cadastrados no município de São João do Paraíso.

Foram identificadas nos trabalhos de campo quatro situações distintas, durante o cadastramento: *poços em operação, paralisados, não instalados e abandonados*. Os poços em operação são aqueles que estão em pleno funcionamento. Os paralisados estão sem funcionar, em função de problemas relacionados à manutenção ou quebra do equipamento. Os não instalados representam aqueles poços que foram perfurados, tiveram um resultado positivo, mas não foram equipados com sistema de bombeamento e de distribuição. E por fim, os abandonados que incluem poços secos e/ou obstruídos, representados por aqueles que não apresentam possibilidade de captação de água.

A situação dessas obras, levando-se em conta seu caráter público ou particular, é apresentada em números absolutos no **quadro 1** e, em termos percentuais, na **figura 4**.

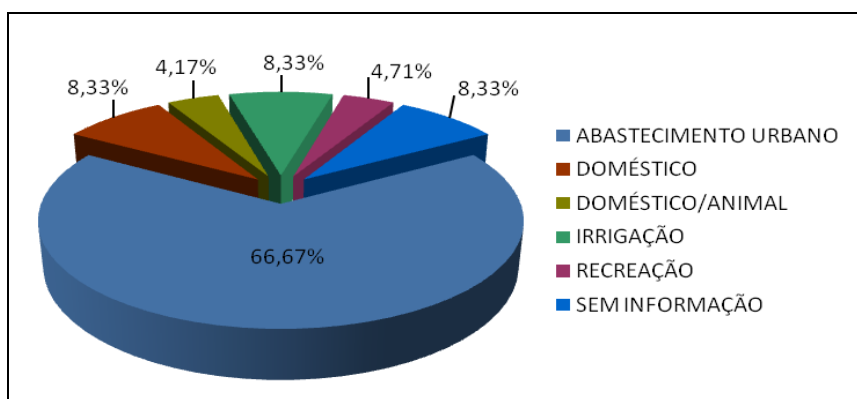
**Quadro 1** – Natureza e situação dos poços cadastrados.

| NATUREZA E SITUAÇÃO DOS POÇOS CADASTRADOS |             |             |                |             |
|---|-------------|-------------|----------------|-------------|
|   | Em operação | Paralisados | Não instalados | Abandonados |
| <b>Público</b>                            | <b>10</b>   | <b>3</b>    | <b>0</b>       | <b>0</b>    |
| <b>Particular</b>                         | <b>8</b>    | <b>1</b>    | <b>2</b>       | <b>0</b>    |
| <b>Total</b>                              | <b>18</b>   | <b>4</b>    | <b>2</b>       | <b>0</b>    |



**Figura 5** - Situação dos poços cadastrados

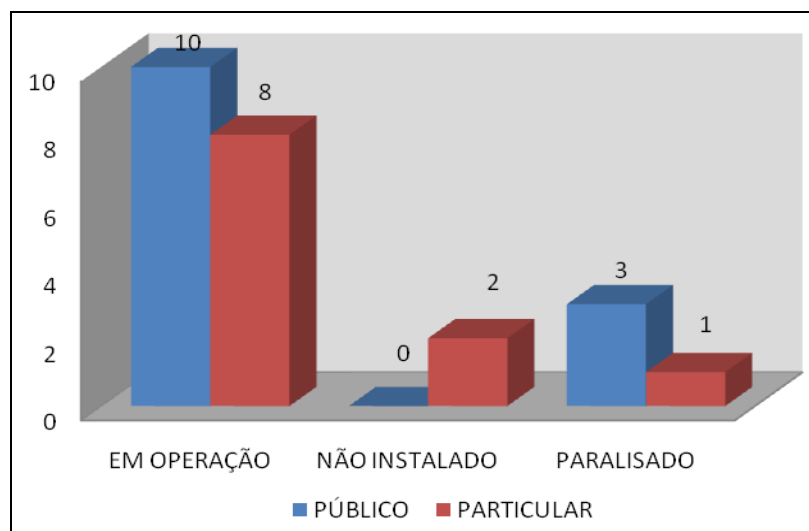
Em relação ao uso da água 16 poços são utilizados para o abastecimento urbano, 02 para uso doméstico, 01 doméstico e animal, 02 para irrigação, 01 para recreação e em 02 não foram obtidas informações sobre a sua utilização. Nenhum poço é utilizado na indústria, pecuária e para uso múltiplo (uso doméstico, animal, industrial e na agricultura). A **figura 6** exhibe em termos percentuais as diferentes destinações da água subterrânea no município. Quanto à natureza geológica da localização dos poços tubulares, em relação aos domínios hidrogeológicos de superfície, 100% estão localizados sobre terrenos sedimentares.



**Figura 6** – Destinação do uso da água dos poços públicos e particulares.

A **figura 7** mostra a relação entre os poços em operação e os poços desativados (paralisados e não instalados), mas passíveis de entrar em funcionamento. Verifica-se que 03

poços públicos estão desativados, enquanto os particulares somam 03. Os públicos, a depender da administração municipal, podem entrar em operação com acréscimo de disponibilidade hídrica aos 10 já existentes, em pleno uso.



**Figura 7** - Poços públicos e particulares em operação e outros passíveis de funcionamento.

### 6.2.3 – Aspectos Qualitativos das Águas Subterrâneas

Com relação à qualidade das águas dos poços cadastrados foram realizadas, “*in loco*”, medidas de condutividade elétrica, em amostras de águas de 20 poços, que é a capacidade de uma substância conduzir a corrente elétrica, diretamente relacionada com o teor de sais dissolvidos.

Na maioria das águas subterrâneas naturais, a condutividade elétrica da água multiplicada por um fator, que varia entre 0,55 e 0,75, gera um valor estimativo dos Sólidos Totais Dissolvidos (STD). Neste diagnóstico utilizou-se o fator médio 0,65 para se obter o teor de sólidos totais dissolvidos, a partir do valor da condutividade elétrica, medida por condutivímetro nas águas dos poços cadastrados e amostrados.

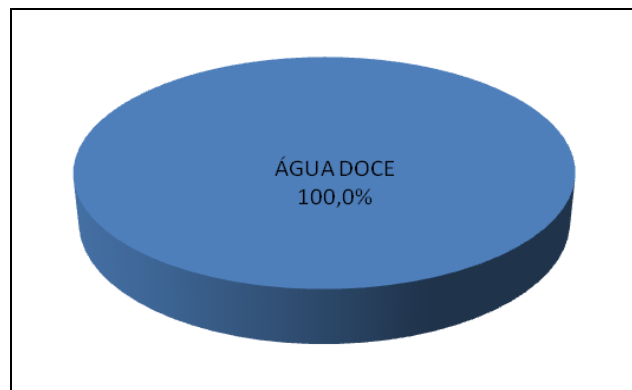
A água com demasiado teor de sais dissolvidos não é recomendável para determinados usos. De acordo com a classificação de Mcneely *et al.* (1979), **quadro 2**, considera-se que águas com teores de STD menores do que 1.000 mg/L de sólidos totais dissolvidos são, em geral, satisfatórias para o uso doméstico, sendo consideradas de tipologia doce. Ressalta-se que para fins industriais podem ser utilizadas, respeitando-se os processos envolvidos, de acordo

com critérios específicos de cada indústria.

**Quadro 2** – Classificação das águas subterrâneas, quanto ao STD, segundo Mcneely *et al.* (1979).

| <b>Tipos de Água</b>         | <b>Intervalo (mg/L)</b> |
|------------------------------|-------------------------|
| <b>Doce</b>                  | <b>&lt; 1.000</b>       |
| <b>Ligeiramente Salobra</b>  | <b>1.000 – 3.000</b>    |
| <b>Moderadamente Salobra</b> | <b>3.000 – 10.000</b>   |

Com relação aos Sólidos Totais Dissolvidos – STD apresenta uma média por poço de 171,05 mg/L, com valor mínimo de 10,01 mg/L, encontrado na Vão do Marco (poço JI 504) e valor máximo de 317,20 mg/L detectado na fazenda Água Fria (poço JI 507). De acordo com a classificação de Mcneely *et al.* (1979), **quadro 2**, 100,0% das águas se enquadram no tipo doce, **figura 8**.



**Figura 8** – Classificação química das águas, segundo Mcneely *et al.* (1979).



## 7 – CONCLUSÕES

Os estudos hidrogeológicos e a análise e processamento dos dados coletados no cadastramento de poços no município de São João do Paraíso permitiram estabelecer as seguintes conclusões:

7.1 - Geologicamente a área do município está representada pelos sedimentos das formações Sambaíba (T12s), do Triássico; Corda (J2c), do Jurássico; Sardinha (K1Bs), Grajaú (K1g), Itapecuru (K12it), do Cretáceo; e os Quaternário pelos Depósitos Colúvio-Eluviais (NQc), do Quaternário;

7.2 - O inventário hidrogeológico, realizado no município de São João do Paraíso, registrou a presença de 24 pontos d'água, sendo todos poços tubulares;

7.3 - Todos os locais dos poços tubulares levantados estão classificados em duas naturezas: públicos (13 poços), quando estão em terrenos de servidão pública e particulares (11 poços), quando estão situados em propriedades privadas;

7.4 - Em relação ao uso da água 16 poços são utilizados para o abastecimento urbano, 02 para uso doméstico, 01 doméstico e animal, 02 para irrigação, 01 para recreação e em 02 não foram obtidas informações sobre o uso da água;

7.5 - Quanto à natureza geológica da localização dos poços tubulares, em relação aos

domínios hidrogeológicos de superfície, 100% estão locados sobre terrenos sedimentares;

7.6 - Verifica-se que 03 poços públicos estão desativados, enquanto os particulares somam 03;

7.7 - O município de São João do Paraíso apresenta dois domínios hidrogeológicos: o do aquífero fissural, representado pelos basaltos e/ou diabásios da formação Sardinha (K1Bs); o do aquífero poroso ou intergranular, representados pelos sedimentos consolidados das formações Sambaíba (T12s) Corda (J2c), Grajaú (K1g); Itapecuru (K12it); e pelos sedimentos inconsolidados dos Depósitos Colúvio-Eluviais (NQc);

7.8 - O aquífero Sambaíba, que ocorre como aquífero livre e confinado na área do município, por apresentar uma constituição litológica predominantemente arenosa (arenitos finos a médios, bem selecionados) apresenta uma boa permeabilidade, caracterizando-se com um potencial hidrogeológico de médio a elevado;

7.9 - O aquífero Corda, que ocorre como aquífero livre e, semiconfinado constitui-se litologicamente de arenitos finos a médios, quartzosos, com níveis argilosos e com eventuais níveis de siltitos e folhelhos. Em função desta constituição litológica apresenta uma permeabilidade regular, caracterizando-se com potencial hidrogeológico de fraco a médio;

7.10 - A formação Sardinha, constituída por basaltos e/ou diabásio, apresenta uma porosidade primária quase nula, condicionando a ocorrência de água subterrânea a uma porosidade secundária, representada por fraturas e fendas com circulação restrita às fraturas abertas, dando origem a reservatórios aleatórios, descontínuos e de pequena extensão, comumente denominado “aquífero fissural”. Neste contexto hidrogeológico, em geral, o potencial é praticamente nulo;

7.11 - O aquífero Grajaú, que ocorre na área do município como aquífero livre, apresenta uma constituição litológica constituída por arenitos finos a médios, com intercalações de siltitos, argilitos e clásticos grosseiros, com uma permeabilidade regular. Apresenta um potencial hidrogeológico que varia de fraco a médio;

7.12 - O aquífero Itapecuru ocorre como aquífero livre ou semiconfinado na área do município. Por ser formado litologicamente por arenitos finos a muito finos, predominantemente argilosos, com intercalações de siltitos e argilitos, pode ser classificado como de potencial hidrogeológico de fraco a médio, com vazões variando entre 5,0 a 12,0 m<sup>3</sup>/h, podendo, em alguns casos, atingir mais de 40,0m<sup>3</sup>/h;

7.13 - As coberturas colúvio-eluviais podem armazenar, dependendo de suas espessuras, volumes de água que, eventualmente possam vir a serem aproveitados em condições pontuais. Elas têm uma maior importância, no entanto, de atuarem como áreas de recarga para as formações subjacentes. São exploradas através de poços, do tipo amazonas;

7.14 - Com relação à qualidade das águas dos poços cadastrados foram realizadas, “*in loco*”, medidas de condutividade elétrica, em amostras de águas de 20 poços;

7.15 - A Condutividade Elétrica, obtida nas amostras analisadas dos poços cadastrados, apresenta em 100,0%, baixos valores de Sólidos Totais Dissolvidos (STD), caracterizando a água como doce, ou seja, de boa potabilidade para o consumo humano, como determina a Portaria do MS nº 518/2004;

7.16 – Em termos de Sólidos Totais Dissolvidos – STD apresenta uma média por poço de 171,05 mg/L, com valor mínimo de 10,01 mg/L, encontrado na Vão do Marco (poço JI 504) e valor máximo de 317,20 mg/L detectado na fazenda Água Fria (poço JI 507). De acordo com a classificação de Mcneely *et al.* (1979), 100,0% das águas se enquadram no tipo doce;

7.17 - Por não ser objetivo do projeto não foram realizados testes de bombeamento nos poços cadastrados;

7.18 - Em função da carência de dados dos poços existentes, do conhecimento de valores referenciais de vazões dos aquíferos da região e da imprecisão das informações coletadas, junto aos usuários e moradores não foram abordados aspectos quantitativos das descargas de água subterrânea.

## **8 – RECOMENDAÇÕES**

8.1 – A administração municipal deve conscientizar os líderes comunitários de que o sistema de abastecimento, onde o poço é a peça mais importante, pertence à comunidade e, dessa forma, devem protegê-lo e conservar em perfeito funcionamento, pois é uma obra de grande importância e benefício para todos da comunidade;

8.2 – Como é comum no município locais de ocorrência aflorante do nível freático dos aquíferos é importante conscientizar as comunidades sobre os riscos de contaminação desses mananciais, por lixos e fossas situados em locais inadequados, pois podem provocar sérias doenças de veiculação hídrica;

8.3 – A prefeitura municipal deve fazer anualmente análise físico-química completa nos poços públicos do município (tubular e amazonas), visando um acompanhamento sistemático da qualidade dessas águas para o seu uso adequado;

8.4 – Para um melhor aproveitamento dos recursos hídricos subterrâneos disponíveis no município é importante que se faça uma campanha de recuperação e instalação dos poços desativados e não instalados, com a finalidade de aumentar consideravelmente a disponibilidade de água;

8.5 – Deve ser assegurado, por parte do município, medidas de proteção sanitária na construção dos poços tubulares e amazonas, a fim de garantir boa qualidade de água para a população, do ponto de vista bacteriológico;

8.6 – Pela importância histórica e regional que representa o rio Itapecuru seu progressivo nível de poluição exige o desenvolvimento de um programa que vise o diagnóstico e o mapeamento das fontes poluidoras desse manancial.

## 9 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, G. A. de. Revisão geológica da bacia paleozóica do Maranhão. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 25., 1971, São Paulo. **Anais...** São Paulo: SBG, 1971. p. 113-122.

\_\_\_\_\_. **Bacia do Maranhão: geologia e possibilidades de petróleo.** Belém: PETROBRÁS/RENOR, 1969. Inédito.

AGUIAR, R. B. de. **Impacto da ocupação urbana na qualidade das águas subterrâneas na faixa costeira do município de Caucaia – Ceará.** 1999. Dissertação (Mestrado em Hidrologia)-Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1999.

ALCÂNTARA, E. H. de. Caracterização da Bacia Hidrográfica do Rio Itapecuru, Maranhão-Brasil. **Caminhos de geografia – revista on line**, São Luiz. Disponível em: <[www.ig.ufu.br/caminhos\\_de\\_geografia.html](http://www.ig.ufu.br/caminhos_de_geografia.html)> Acesso em: 23 abr. 2011.

ANDRADE, M. C. de. **Paisagens e problemas do Brasil.** 2. ed. São Paulo: Brasiliense, 1969.

BRAGA, A. et al. **Projeto Fortaleza: relatório final.** Recife: DNPM;CPRM, 1977. v. 1.

BRASIL. Departamento Nacional da Produção Mineral. Projeto Radam. **Folha SA. 23 São Luis e parte da folha SA. 24 Fortaleza:** geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso potencial da terra. Rio de Janeiro: DNPM, 1973. v. 3. (Levantamento de Recursos Naturais, 3).

BRITO NEVES, B.B. The Cambro-ordovician of the Borborema Province. **Boletim IG - Série Científica**, São Paulo, v. 29, p. 175-193, 1998.

CABRAL, J. Movimento das águas subterrâneas. In: FEITOSA, A. C.; MANOEL FILHO, J. **Hidrogeologia:** conceitos e aplicações. 2. ed. Fortaleza: CPRM, 2000. p. 35-52.

CALDAS, A. L. R.; RODRIGUES, M. DO S. Avaliação da percepção ambiental: estudo de caso da comunidade Ribeirinha da microbacia do Rio Magu. **Rev. Eletrônica Mestr. Educ. Ambient.**, Rio Grande (RS), v.15, jul.-dez. 2005. Disponível em: <<http://www.remea.furg.br/edicoes/vol15/art14.pdf>>. Acesso em: 03 ago. 2011.

CAMPBELL, D.F. Estados do Maranhão e Piauí. In: Conselho Nacional do Petróleo. **Relatório de 1947**. Rio de Janeiro, 1948. p. 71-78.

CAMPOS, M. de et al. **Projeto Rio Jaguaribe:** relatório final. Recife: DNPM;CPRM, 1976. v. 1.

CEMAR. Sistema de Transmissão. 2011. Disponível em: <[http://www.mzweb.com.br/cemar/web/conteudo\\_pti.asp?idioma=0&tipo=5435&conta=45](http://www.mzweb.com.br/cemar/web/conteudo_pti.asp?idioma=0&tipo=5435&conta=45)>. Acesso em: 21 jan. 2011.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DOS MUNICÍPIOS. 2000. Disponível em: <[http://www.cnm.org.br/dado\\_geral/ufmain.asp?IdUf=100121](http://www.cnm.org.br/dado_geral/ufmain.asp?IdUf=100121)>. Acesso em: 23 jan. 2011.

\_\_\_\_\_. 2002. Disponível em: <[http://www.cnm.org.br/dado\\_geral/ufmain.asp?IdUf=100121](http://www.cnm.org.br/dado_geral/ufmain.asp?IdUf=100121)>. Acesso em: 03 fev. 2011.

\_\_\_\_\_. 2009. Disponível em: <[http://www.cnm.org.br/dado\\_geral/ufmain.asp?IdUf=100121](http://www.cnm.org.br/dado_geral/ufmain.asp?IdUf=100121)>. Acesso em: 21 fev. 2011.

CORREIA FILHO, F. L. Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea do Estado do Maranhão: proposta técnica. Teresina: CPRM, 2009. 6 f. Inédito.

COSTA, J. L. **Programa Grande Carajás**: Castanhal, Folha SA.23-V-C- Estado do Pará. Belém: CPRM, 2000. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. CD-ROM.

COSTA, J. L. et al. **Projeto Gurupi**: relatório final da etapa. Belém: CPRM, 1977. v.1.

COSTA, W. D.; SILVA, A.B. da. Hidrogeologia dos meios anisotrópicos. In: FEITOSA, A. C.; MANOEL FILHO, J. **Hidrogeologia**: conceitos e aplicações. 2. ed. Fortaleza: CPRM, 2000. p. 133-174.

CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Carta hidrogeológica do Brasil ao milionésimo**: Folha SB.23 - Teresina: bloco Nordeste. Inédito.

\_\_\_\_\_. **Carta geológica do Brasil ao milionésimo**: Sistema de Informações Geográficas-SIG: folha SB.23 Teresina. Brasília: CPRM, 2004. 1 CD-ROM. Programa Geologia do Brasil.

EMBRAPA. **Solos do Nordeste**. Recife, 2006. Disponível em:  
<[www.uep.cnps.embrapa.br/solos/index.html](http://www.uep.cnps.embrapa.br/solos/index.html)>. Acesso em: 11 jun. 2011.

FEITOSA, A. C. **O Maranhão primitivo**: uma tentativa de constituição. São Luís: Ed. Augusta, 1983.

\_\_\_\_\_. Relevo do Estado do Maranhão: uma nova proposta de classificação topomorfológica. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA; REGIONAL CONFERENCE ON GEOMORPHOLOGY, 6., 2006, Goiania. **Anais...** Goiânia, 2006. p.1-11.

FEITOSA, A. C.; TROVÃO, J. R. **Atlas escolar do Maranhão**: espaço geo-histórico-cultural. João Pessoa: Grafset, 2006.

GÓES, A. M. **A Formação Poti (Carbonífero inferior) na Bacia do Parnaíba**. São Paulo: USP, 1995. 170 f. Tese (Doutorado em Geologia Sedimentar)-Universidade de São Paulo, 1995.

GÓES, A. M. de O.; TRAVASSOS, W. A. S.; NUNES, K. C. **Projeto Parnaíba**: reavaliação da bacia e perspectivas exploratórias. Belém: PRETROBRAS, 1993. 3 v.

GOÉS, A.M.O.; FEIJÓ, J.F. Bacia do Parnaíba. **B. Geoc. Petrobrás**, Rio de Janeiro, v. 8, n.1, p. 57-67, 1994.

GOOGLE MAPS. Disponível em: <<http://maps.google.com.br/maps?hl=pt-BR&tab=wl>>  
Acesso em: 01 mar. 2011.

IBAMA. **Plano de Manejo do Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses**. São Luís, MA. 2003. 499 p.

IBGE. **Atlas do Estado do Maranhão**. Rio de Janeiro, 1984. 104 p., mapas color., il.

\_\_\_\_\_. **Censo 2010**. Disponível em: <[www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1](http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1)>.  
Acesso em: 20 jan. 2011.

\_\_\_\_\_. **Mapas municipais estatísticos**. 2007. Disponível em:  
<<ftp://geofp.ibge.gov.br/documentos/recursosnaturais/diagnosticos/maranhao.pdf>>. Acesso em: 22 jan. 2011.

\_\_\_\_\_. **Zoneamento geoambiental do estado do Maranhão**: diretrizes gerais para a ordenação territorial. Salvador, 1997. Disponível em:  
<<ftp://geofp.ibge.gov.br/documentos/recursosnaturais/diagnosticos/maranhao.pdf>>. Acesso em: 20 jan. 2011.

INSTITUTO MARANHENSE DE ESTUDOS SOCIOECONÔMICOS E  
CARTOGRÁFICOS. **Perfil do Maranhão 2006/2007**. São Luís: IMESC, 2008. v.1.

\_\_\_\_\_. **Anuário Estatístico do Maranhão**. São Luís: IMESC, 2010. 791 p. v. 4.

JORNAL DO TEMPO. **Previsão**. Disponível em: <<http://jornaldotempo.uol.com.br>>. Acesso em: 11 ago. 2011.

KEGEL, W. **Contribuição para o estudo do devoniano da Bacia do Parnaíba**. Rio de Janeiro: DNPM, 1953. 48 f. (Boletim 141).



KLEIN, E. L. et al. **Geologia e recursos minerais da folha Cândido Mendes SA.23-V-D-II, estado do Maranhão:** escala 1:100.000. Belém: CPRM, 2008. 150 p. il. Programa Geologia do Brasil - PGB.

KLEIN, E. L.; MOURA, C. A. V. Síntese geológica e geocronológica do Cráton São Luís e do Cinturão Gurupi na região do Rio Gurupi (NE – Pará / NW – Maranhão). **Geol.USP Sér.Cient.**, São Paulo, v.3, p. 97-112, ago. 2003.

LEITE, J. F.; ABOARRAGE, A. M.; DAEMON, R. F. **Projeto Carvão da Bacia do Parnaíba:** relatório final das etapas II e III. Recife: CPRM, 1975. v.1.

LEITES, S. R. (Org.) et al. **Presidente Dutra - SB.23-X-C:** estado do Maranhão. Brasília: CPRM, 1994. 100 p. il. Escala 1:250.000. 2 mapas. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil - PLGB.

LIMA, E. A. M.; LEITE, J. F. **Projeto Estudo Global dos Recursos Minerais da Bacia Sedimentar do Parnaíba:** integração geológico-metalogenética: relatório final da etapa III. Recife, DNPM/CPRM, 1978. v.1.

MARANHÃO. Secretaria de Estado do Meio Ambiente. **Plano Estadual de Prevenção e Controle do Desmatamento e Queimadas no Maranhão – PPCDMA:** produto 4: síntese do diagnóstico, matriz do plano e contribuição do processo de consulta pública para elaboração. Brasília, 2011. 120 p.

McNEELY, R. N.; NEIMANIS, V. P.; DWYER, L. Water quality sourcebook: a guide to water quality parameters. Ottawa, Canadá: [s.n.], 1979.

MESNER, J. C; WOOLDRIDGE, L. C. Estratigrafia das bacias paleozoica e cretácea do Maranhão. **B. Técn. Petrobrás**, Rio de Janeiro: Petrobrás, v.7, n.2, p. 137-164, Mapas. 1964.

MANOEL FILHO, J. Ocorrências das águas subterrâneas. In: FEITOSA, A. C.; MANOEL FILHO, J. **Hidrogeologia:** conceitos e aplicações. 2. ed. Fortaleza: CPRM, 2000. p. 13-33.

MUEHE, D. Geomorfologia Costeira. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S.B. (Org.). **Geomorfologia:** uma atualização de bases e conceitos. Rio de Janeiro: Bertrand, 1994. p. 253-308.

NOGUEIRA, N. M. C. **Estrutura da comunidade fitoplântica, em cinco lagos marginais do Rio Turiaçu, (Maranhão, Brasil) e sua relação com o pulso de inundação.** 2003. 122 f. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos naturais)-Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade de São Carlos, São Paulo, 2003.

PASTANA, J. M. do (Org.). **Turiaçu - folha SA.23-V-D/ Pinheiro - folha SA.23-Y-B:** estados do Pará e Maranhão. Brasília: CPRM - Serviço Geológico do Brasil, 1995. 205 p. il, Escala 1:250.000. 4 mapas. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil - PLGB.

PETRI, S.; FÚLVARO, V. J. **Geologia do Brasil (Fanerozóico).** São Paulo: T. A. Queiroz, USP, 1983. 631p. (Biblioteca de Ciências Naturais, 9).

PLUMMER, F. B. **Bacia do Parnaíba.** Rio de Janeiro: Conselho Nacional de Petróleo, 1948. p. 87-143. Relatório de 1946.

RAMOS, W. L. B. e. **Composição do fitoplancton (zygnemaphyceae) de lagos da planície e inundação do Rio Pericumã, baixada maranhense, Maranhão – Brasil.** São Luís: Centro Federal de Educação do Maranhão, 2007. Trabalho de conclusão de curso.

RIBEIRO, J. A. P.; MEMO, F.; VERÍSSIMO, L. S. (Org.). **Caxias:** Folha SB.23-X-B: estados do Piauí e Maranhão. Brasília: CPRM, 1998. 130 p. il. 2 mapas. Escala 1:250.000. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil.

SANTOS, E. J. dos. et al. A região de dobramentos nordeste e a Bacia do Parnaíba, incluindo o Cráton de São Luís e as bacias marginais. In: SCHOBENHAUS, C. (Coord.) et al. **Geologia do Brasil:** texto explicativo do mapa geológico do Brasil e da área oceânica adjacente incluindo depósitos minerais - escala: 1:2.500.000. Brasília: DNPM, 1984. p. 131-189.

SANTOS, J. H. S. dos. **Lençóis maranhenses atuais e pretéritos:** um tratamento espacial. 2008. 250 f. Tese (Doutorado em Geografia)-Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

SILVA, A. J. P. da. et al. Bacias sedimentares paleozoicas e meso-cenozóicas interiores. In: BIZZI, L. A. (Ed.). **Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil:** texto, mapas e SIG. Brasília: CPRM, 2003. p. 55-85.

SOARES FILHO, A. R. **Projeto Estudo Global dos Recursos Minerais da Bacia Sedimentar do Parnaíba**: subprojeto hidrogeologia: relatório final – folha 07 – Teresina-NO. Recife: CPRM, 1979. 2 v.

SUDENE. **Inventário hidrogeológico básico do Nordeste – Folha n. 4 – São Luís-SE**. Recife, 1977. 165 p. (BRASIL. SUDENE. Hidrogeologia, 51).

VALLADARES, C. C. et al. **Aptidão agrícola do Maranhão**. Campinas: Embrapa, 2005.

VIA RURAL. **Serviços**: áreas de proteção ambiental. <<http://br.viarural.com/>>. Acesso em: 08 set. 2011. Acesso em: 08 set. 2011.

## **APÊNDICE**

| CÓDIGO POÇO | LOCALIDADE                   | LATITUDE    | LONGITUDE    | NATUREZA DO PONTO | SITUAÇÃO DO TERRENO | FINALIDADE DO USO    | PROF (m) | NE (m) | ND (m) | SITUAÇÃO DO POÇO | EQUIPAMENTO DE BOMBEAMENTO | COND. ELÉTRICA (µS/cm) | STD (mg/L) |
|-------------|------------------------------|-------------|--------------|-------------------|---------------------|----------------------|----------|--------|--------|------------------|----------------------------|------------------------|------------|
| JE509       | Assentamento São Paulo       | -6,360212   | -46,69282    | Tubular           | Público             | Abastecimento urbano | 140      |        |        | Paralisado       | Compressor                 |                        |            |
| JG313       | Prefeitura                   | -6,46768042 | -47,05415913 | Tubular           | Público             | Abastecimento urbano |          |        |        | Em Operação      | Submersa                   | 318                    | 206,70     |
| JG314       | Setor Castro                 | -6,46651098 | -47,06017264 | Tubular           | Público             | Abastecimento urbano |          |        |        | Em Operação      | Submersa                   | 343                    | 222,95     |
| JG315       | São Sebastião                | -6,46207997 | -47,07244107 | Tubular           | Público             | Abastecimento urbano | 150      |        |        | Em Operação      | Submersa                   | 188                    | 122,20     |
| JG316       | São Sebastião                | -6,46086761 | -47,07465657 | Tubular           | Particular          | Irrigação            | 150      |        | 9      | Em Operação      | Submersa                   | 197                    | 128,05     |
| JG317       | Faz. Paraíso                 | -6,45430692 | -47,07300969 | Tubular           | Particular          |                      | 120      | 22     | 32     | Não Instalado    |                            | 165,4                  | 107,51     |
| JG545       | Assentamento Minador         | -6,622004   | -47,05216893 | Tubular           | Público             | Abastecimento urbano | 150      | 15     |        | Em Operação      | Submersa                   | 454                    | 295,10     |
| JG546       | Faz. Cajazeiras              | -6,48309776 | -47,02636071 | Tubular           | Particular          |                      | 147      | 1,7    |        | Não Instalado    |                            | 198,4                  | 128,96     |
| JG547       | Faz. Cajazeiras              | -6,4824272  | -47,02346929 | Tubular           | Particular          | Irrigação            | 148      |        | 17     | Em Operação      | Submersa                   | 351                    | 228,15     |
| JG548       | Faz. Ocidente                | -6,56013616 | -47,09134527 | Tubular           | Particular          | Doméstico/Animal     | 240      |        |        | Em Operação      | Submersa                   | 321                    | 208,65     |
| JG549       | Assentamento Glória          | -6,64214739 | -47,11972305 | Tubular           | Público             | Abastecimento urbano | 180      | 8      |        | Em Operação      | Submersa                   | 231                    | 150,15     |
| JG550       | Assentamento Agrícola        | -6,58905038 | -47,20669636 | Tubular           | Público             | Abastecimento urbano | 160      |        |        | Em Operação      | Compressor                 | 116,2                  | 75,53      |
| JG551       | Faz. Estrela                 | -6,39643022 | -47,10681089 | Tubular           | Particular          | Abastecimento urbano | 60       | 12     |        | Em Operação      | Submersa                   | 304                    | 197,60     |
| JG552       | Faz. Boa Sorte               | -6,40573748 | -47,0949448  | Tubular           | Particular          | Recreação            | 176      | 20     |        | Em Operação      | Submersa                   | 313                    | 203,45     |
| J1504       | Vão do Marco                 | -6,33476213 | -46,69962399 | Tubular           | Público             | Abastecimento urbano | 160      |        |        | Em Operação      | Submersa                   | 15,4                   | 10,01      |
| J1505       | Assentamento Proj. São Pedro | -6,38362451 | -46,75945787 | Tubular           | Público             | Abastecimento urbano | 160      |        |        | Em Operação      | Submersa                   | 128,6                  | 83,59      |
| J1506       | Projeto São Pedro            | -6,38382803 | -46,76185291 | Tubular           | Público             | Abastecimento urbano | 80       |        |        | Paralisado       | Submersa                   |                        |            |
| J1507       | Faz. Aguá Fria               | -6,43739032 | -47,02452986 | Tubular           | Particular          | Abastecimento urbano | 120      |        |        | Em Operação      | Submersa                   | 488                    | 317,20     |
| J1508       | Vila Efigenia                | -6,45188724 | -47,02384505 | Tubular           | Público             | Abastecimento urbano | 272      |        |        | Paralisado       | Submersa                   |                        |            |
| J1509       | Empresa Fergoman             | -6,46294339 | -47,02714819 | Tubular           | Particular          | Doméstico            | 80       |        |        | Em Operação      | Submersa                   | 99,1                   | 64,42      |
| J1510       | Faz. Aroeira                 | -6,38638074 | -46,99046924 | Tubular           | Particular          | Abastecimento urbano | 26       |        | 40     | Em Operação      | Submersa                   | 380                    | 247,00     |
| J1511       | Faz. Buriti                  | -6,44265901 | -47,01347488 | Tubular           | Particular          | Abastecimento urbano | 180      |        |        | Paralisado       | Submersa                   |                        |            |
| J1512       | Alto Bonito                  | -6,46933626 | -47,04921615 | Tubular           | Público             | Abastecimento urbano | 200      | 32     | 53     | Em Operação      | Submersa                   | 321                    | 208,65     |
| J1513       | Centro                       | -6,46200051 | -47,05939103 | Tubular           | Público             | Doméstico            | 200      | 32     | 53     | Em Operação      | Submersa                   | 331                    | 215,15     |

## **ANEXOS**