

RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS LEVANTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS



REDE INTEGRADA DE MONITORAMENTO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Relatório Diagnóstico

AQUÍFERO ALTER DO CHÃO NO ESTADO DO PARÁ

BACIA SEDIMENTAR DO AMAZONAS

Volume 7



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

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

**RELATÓRIO DIAGNÓSTICO
AQUÍFERO ALTER DO CHÃO NO
ESTADO DO PARÁ
BACIA SEDIMENTAR DO AMAZONAS**

VOLUME 7

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



2012

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

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

PAC – Programa de Aceleração do Crescimento

PROJETO
REDE INTEGRADA DE MONITORAMENTO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

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

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

Ficha Catalográfica

Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM

Projeto Rede Integrada de Monitoramento das Águas Subterrâneas: relatório diagnóstico
Aquífero Alter do Chão, Bacia Sedimentar do Amazonas/Homero Reis de Melo Junior, Maria
Antonieta Alcântara Mourão, Coord. Belo Horizonte: CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 2012.

47 p, il. v.7. Inclui mapas de aquíferos (Serie: Área de Recursos Hídricos Subterrâneos, Subárea,
Levantamento de Recursos Hídricos Subterrâneos). Versão digital e impresso em papel.

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

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

CDU 556.3(81)

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

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

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

**RELATÓRIO DIAGNÓSTICO
AQUÍFERO ALTER DO CHÃO NO
ESTADO DO PARÁ
BACIA SEDIMENTAR DO AMAZONAS**

VOLUME 7

RECURSOS HÍDRICOS

ÁREA: RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS

SUBÁREA: LEVANTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS

HOMERO REIS DE MELO JUNIOR



2012

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

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

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
Edison Lobão
MINISTRO

SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL
Carlos Nogueira
SECRETÁRIO

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL - CPRM

Manoel Barretto da Rocha Neto
DIRETOR-PRESIDENTE
Roberto Ventura Santos
DIRETOR DE GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS
Thales de Queiroz Sampaio
DIRETOR DE HIDROLOGIA E GESTÃO TERRITORIAL
Antônio Carlos Bacelar Nunes
DIRETOR DE RELAÇÕES INSTITUCIONAIS E DESENVOLVIMENTO
Eduardo Santa Helena da Silva
DIRETOR DE ADMINISTRAÇÃO E FINANÇAS
Frederico Cláudio Peixinho
CHEFE DO DEPARTAMENTO DE HIDROLOGIA
José Carlos da Silva
CHEFE DA DIVISÃO DE HIDROGEOLOGIA E EXPLORAÇÃO
Ernesto Von Sperling
CHEFE DO DEPARTAMENTO DE RELAÇÕES INSTITUCIONAIS E DIVULGAÇÃO
José Marcio Henrique Soares
CHEFE DA DIVISÃO DE MARKETING E DIVULGAÇÃO

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

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

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

PROJETO
REDE INTEGRADA DE MONITORAMENTO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

CRÉDITOS DE AUTORIA

Maria Antonieta Alcântara Mourão
COORDENAÇÃO EXECUTIVA

Daniele Tokunaga Genaro
Marcio Junger Ribeiro
Elvis Martins Oliveira

Thiago de Castro Tayer (estagiário)
APOIO TÉCNICO E EXECUTIVO

Manfredo Ximenes Ponte
SUREG-BE

João Batista Marcelo de Lima
GERENTE DE HIDROLOGIA E GESTÃO TERRITORIAL

Ariolino Neres Souza
SUPERVISOR TÉCNICO

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

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

Marco Antônio de Oliveira
SUREG-MA

Daniel de Oliveira
GERENTE DE HIDROLOGIA E GESTÃO TERRITORIAL

Carlos José Bezerra de Aguiar
COORDENADOR REGIONAL DO PROJETO

Silvia Cristina Benites Goncales
Hugo Galúcio Pereira
EQUIPE EXECUTORA

Francisco Sandoval Brito Pereira
Cláudia Vieira Teixeira
APOIO TÉCNICO

Maria Abadia Camargo
SUREG-GO

Cíntia de Lima Vilas Boas
GERENTE DE HIDROLOGIA E GESTÃO TERRITORIAL
Tomaz Edson de Vasconcelos
COORDENADOR REGIONAL DO PROJETO - SUPERVISOR
TÉCNICO

Dario Dias Peixoto (de 2009 a 2012)
APOIO EXECUTIVO

Claudionor Francisco de Souza
APOIO TÉCNICO

Marco Antônio Fonseca
SUREG-BH

Márcio de Oliveira Cândido
GERENTE DE HIDROLOGIA E GESTÃO TERRITORIAL

Haroldo Santos Viana
SUPERVISOR TÉCNICO

Raphael Elias Pereira
COORDENADOR REGIONAL DO PROJETO

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

José Carlos Garcia Ferreira
SUREG-SP

Ângela Maria de Godoy Theodorovicz
GERENTE DE HIDROLOGIA E GESTÃO TERRITORIAL

Andrea Segura Franzini
SUPERVISORA TÉCNICA

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

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

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

Teobaldo Rodrigues de Oliveira Junior

SUREG-SA

Gustavo Carneiro da Silva

GERENTE DE HIDROLOGIA E GESTÃO TERRITORIAL

Amilton de Castro Cardoso

SUPERVISOR TÉCNICO

Paulo Cesar Carvalho Machado Villar

COORDENADOR REGIONAL DO PROJETO

Cristovaldo Bispo dos Santos

Cristiane Neres Silva (SIAGAS)

EQUIPE EXECUTORA

Juliana Mascarenhas Costa

Rafael Daltro (Estagiário)

Bruno Shindler Sampaio Rocha (Estagiário)

APOIO TÉCNICO

José Leonardo Silva Andriotti

SUREG-PA

Marcos Alexandre de Freitas

GERENTE DE HIDROLOGIA E GESTÃO TERRITORIAL

Marcelo Goffermann

COORDENADOR REGIONAL DO PROJETO - SUPERVISOR

TÉCNICO

Guilherme Troian

Mario Wrege (2009-2010)

EQUIPE EXECUTORA

Pedro Freitas

Bruno Francisco B. Schiehl

Luiz Alberto Costa Silva

APOIO TÉCNICO

José Wilson de C. Temóteo

SUREG-RE

Adriano da Silva Santos

GERENTE DE HIDROLOGIA E GESTÃO TERRITORIAL

Melissa Franzen

SUPERVISORA TÉCNICO

Joao Alberto Oliveira Diniz

COORDENADOR REGIONAL DO PROJETO

Carlos Eugenio da Silveira Arraes

Guilherme Troian (de 2009 a 2012)

EQUIPE EXECUTORA

Manoel Júlio da Trindade Gomes Galvão

APOIO EXECUTIVO

Paulo Magalhães

APOIO TÉCNICO

Darlan F. Maciel

CHEFE DA RESIDÊNCIA DE FORTALEZA

Jaime Quintas dos S. Colares

ASSISTENTE DE HIDROLOGIA E GESTÃO TERRITORIAL

Liano Silva Verissimo

José Alberto Ribeiro (de 2009 a mar/2012)

COORDENADOR REGIONAL DO PROJETO

Helena da Costa Bezerra

CHEFE DA RESIDÊNCIA DE PORTO VELHO

Francisco de Assis dos Reis Barbosa

ASSISTENTE DE HIDROLOGIA E GESTÃO TERRITORIAL

Claudio Cesar Aguiar Cajazeiras

COORDENADOR REGIONAL DO PROJETO

Elvis Martins Oliveira

Luiz Antonio da Costa Pereira

Marcos Nóbrega II

APOIO EXECUTIVO

Wladimir Ribeiro Gomes

APOIO TÉCNICO

Francisco das Chagas Lages Correia Filho

CHEFE DA RESIDÊNCIA DE TERESINA

Carlos Antônio da Luz

ASSISTENTE DE HIDROLOGIA E GESTÃO TERRITORIAL

Mickaelon Belchior Vasconcelos

COORDENADOR REGIONAL DO PROJETO

Ney Gonzaga de Souza

Cipriano Gomes de Oliveira

APOIO TÉCNICO

Alceu Percy Mendel Junior

Fabio Silva da Costa

Rubens Esteves Kenup

LEVANTAMENTO ALTIMÉTRICO

Maria Antonieta Alcântara Mourão

REVISÃO DO TEXTO

Homero Coelho Benevides

REVISÃO ORTOGRÁFICA E GRAMATICAL

Alessandra Morandi Pidello

Patrícia Silva Araújo Dias

DIAGRAMAÇÃO

Elizabeth de Almeida Cadete Costa

ARTE GRÁFICA DA CAPA

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

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

PROJETO
REDE INTEGRADA DE MONITORAMENTO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

COLEÇÃO DE RELATÓRIOS-DIAGNÓSTICO DOS AQUÍFEROS SEDIMENTARES DO BRASIL

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

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

VOLUME 2. Aquífero Açú. Bacia Sedimentar Potiguar.

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

VOLUME 3. Aquífero Tacaratu. Bacia Sedimentar Jatobá.

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

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

Mickaelon B. Vasconcelos
Carlos Antônio Da Luz

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

Homero Reis de Melo Junior

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

Carlos José Bezerra de Aguiar

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

Homero Reis de Melo Junior

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

Cláudio Cesar de Aguiar Cajazeiras

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

Dario Dias Peixoto
Tomaz Edson Vasconcelos
Jamilo José Thomé Filho

VOLUME 10. Sistema Aquífero Urucuaia. Bacia Sedimentar Sanfranciscana.

Paulo Cesar Carvalho M. Villar

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

Dario Dias Peixoto
Tomaz Edson Vasconcelos
Jamilo José Thomé Filho

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

Maria Cecília de Medeiros Silveira

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

José do Espírito Santo Lima
Cláudia Sílvia Cerveira de Almeida

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

Andréa Segura Franzini

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

Armando Teruo Takahashi

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

Mario Wrege

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	17
2. O AQUÍFERO ALTER DO CHÃO - BACIA DO AMAZONAS	19
2.1. Características Gerais	19
2.2. Aspectos Hidrodinâmicos	22
2.3. Características Químicas	25
2.4. Análise dos Riscos de Contaminação	26
2.5. O Uso da Água Subterrânea	28
2.6. Potenciometria	28
2.7. Reservas.....	30
2.8. Recursos Renováveis	30
3. CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS	31
3.1. Síntese do Balanço Hídrico na Região de Santarém	31
4. POÇOS CADASTRADOS NO SISTEMA AQUÍFERO ALTER DO CHÃO (SAAC)	33
5. A REDE DE MONITORAMENTO PROJETADA PARA O SISTEMA AQUÍFERO ALTER DO CHÃO	41
6. POÇOS DE MONITORAMENTO IMPLANTADOS	43
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	45
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Bacias sedimentares brasileiras	19
Figura 2. Mapa com as áreas de afloramento do Aquífero Alter do Chão no Estado do Pará	21
Figura 3. Localização dos poços da área urbana de Santarém	22
Figura 4. Localização de poços mais afastados da área urbana de Santarém	23
Figura 5. Perfis de poços petrolíferos que atravessam a Formação Alter do Chão na região de Santarém	23
Figura 6. Quadro geomorfológico da região de Santarém	23
Figura 7. Seção geológica esquemática da Formação Alter do Chão na região de Santarém	23
Figura 8. Localização das amostras da água subterrânea para análises físico-químicas, na região de Santarém	25
Figura 9. Diagrama trilinear de Piper de amostras de água subterrânea da região de Santarém	26
Figura 10. Diagrama de aplicação do método GOD	27
Figura 11 - Mapa de vulnerabilidade das águas subterrâneas na região de Santarém	28
Figura 12. Mapa potenciométrico do aquífero Alter do Chão na condição livre, em Santarém	29
Figura 13. Esquema do sistema de fluxo do aquífero Alter do Chão na região de Santarém	29
Figura 14. Distribuição mensal média da temperatura e da precipitação pluviométrica, no período de 1967 a 1990, da estação meteorológica de Belterra	31
Figura 15. Perfil geológico e construtivo do poço 15003759, localizado no município de Santarém (PA)	37
Figura 16. Porção superior do perfil geológico do Poço 1AC-1-PA, perfurado pela Petrobras em Santarém (PA), ilustrando os sedimentos arenosos intercalados com lentes de argila da Formação Alter do Chão nos 545 metros iniciais	38
Figura 17. Porção superior do perfil geológico do Poço 1JUT-1-PA, perfurado pela Petrobras em Óbidos (PA), ilustrando os sedimentos arenosos intercalados com lentes de argila da Formação Alter do Chão nos 333 metros iniciais	39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Parâmetros hidráulicos dos aquíferos da Formação Alter do Chão na região de Santarém	24
Tabela 2. Análises físico-químicas de amostras de água subterrânea da região de Santarém	25
Tabela 3. Índices de vulnerabilidade das águas subterrâneas na região de Santarém	27
Tabela 4. Grau de vulnerabilidade à contaminação da água subterrânea na região de Santarém	27
Tabela 5. Parâmetros climáticos médios mensais e anual da estação meteorológica de Belterra, no período de 1967 a 1990	31
Tabela 6. Poços cadastrados no SIAGAS que exploram o Aquífero Alter do Chão no Estado do Pará	33
Tabela 7. Estações pluviométricas existentes na Região de Santarém, extraídas do sistema HidroWeb - ANA	41
Tabela 8. Principais características dos poços de monitoramento no aquífero Alter do Chão, no estado do Pará	43

RELATÓRIO DIAGNÓSTICO AQUÍFERO ALTER DO CHÃO NO ESTADO DO PARÁ BACIA SEDIMENTAR DO AMAZONAS

RECURSOS HÍDRICOS

ÁREA: RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS

SUBÁREA: LEVANTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS

1. INTRODUÇÃO

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

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

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

telemétricas, de qualidade de água e sedimentométricas bem como monitoramento de níveis em açudes.

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

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

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

2. O AQUÍFERO ALTER DO CHÃO - BACIA DO AMAZONAS

2.1. Características Gerais

A bacia do Amazonas (Figura 1), situada entre os crátons das Guianas ao norte e do Brasil ao sul, possui área de aproximadamente 500.000 km², abrangendo parte dos estados do Amazonas e do Pará. Está separada a leste da bacia tafrogênica do Marajó pelo arco de Gurupá e a oeste da bacia do Solimões pelo arco de Purus.

O substrato proterozoico, sobre o qual se desenvolveu o pacote sedimentar fanerozoico da bacia, está representado por rochas metamórficas pertencentes a faixas móveis, acrescidas a um núcleo central mais antigo denominado Província Amazônica Central (CORDANI *et al.*, 1984), constituído por rochas essencialmente graníticas.

O registro sedimentar e ígneo da bacia do Amazonas nada mais é que um reflexo tanto das variações eustáticas do nível do mar quanto dos eventos tectônicos paleozoicos ocorrentes na borda oeste da pretérita placa gondwânica. Já a sua borda leste sofreu influência da tafrogenia mesozoica do Atlântico Sul.

O arcabouço estratigráfico da bacia do Amazonas, considerando-se as premissas da estratigrafia de Sequências, apresenta duas importantes megassequências de primeira ordem, que totalizam cerca de 5.000 m de preenchimento sedimentar e ígneo. São elas: i) megassequência paleozoica, constituída por rochas sedimentares de naturezas variadas associadas a um grande volume de intrusões de diques e soleiras de



Figura 1. Bacias sedimentares brasileiras
Fonte: Petrobras (2007)

diabásio mesozoicos, e ii) megassequência mesozoico-cenozoica sedimentar (CUNHA *et al.*, 2007).

Após a atuação dos esforços compressivos relacionados ao diastrofismo Juruá, entre 150 Ma e 140 Ma, ocorreu um relaxamento tectônico seguido da implantação de novos ciclos deposicionais representados pela segunda unidade de primeira ordem da bacia, a Megassequência Mesozoico-Cenozoica, constituída pelas sequências Cretácea e Terciária. Estas unidades encontram-se assentadas diretamente sobre a discordância do topo do Paleozoico, conhecida como discordância pré-cretácea e são constituídas pelo Grupo Javari (EIRAS *et al.* 1994, CUNHA *et al.*, 1994), representado pelas formações Alter do Chão e Solimões e pela Formação Marajó, na porção oriental da bacia (CUNHA *et al.*, 2007).

Durante o Cretáceo, instalou-se um sistema fluvial de alta energia estendendo-se até as bacias subandinas. Na bacia do Amazonas, esse processo originou a deposição dos arenitos grossos, variegados, da Formação Alter do Chão, além de arenitos e conglomerados de fácies de planície e leques aluviais, restritos à porção oriental da bacia. O clima nessa época era úmido, como o atestam as bandas ferrosas lateríticas em alguns níveis arenosos da unidade e a paleodrenagem corria de leste para oeste, em direção ao oceano Pacífico. Vários parâmetros litológicos e faunísticos levam à aceitação, dentre os estudiosos da bacia, de um ambiente continental atuante durante a deposição dessa unidade estratigráfica. Entretanto, Rossetti e Neto (2006), baseados em análises faciológicas e iconológicas, em afloramentos próximos a Manaus, sugerem um paleoambiente em que fluxos continentais oriundos de noroeste formaram um sistema deltaico, dominado por ondas, que progradou para a bacia, no sentido leste ou sudeste, conectado ao ambiente marinho.

A Formação Alter do Chão, apesar das dificuldades de datações, devido ao seu enorme conteúdo arenoso, teve

sua idade estimada a partir de trabalhos palinológicos (CUNHA *et al.*, 2007), que indicaram deposição a partir do Cretáceo Inferior (Aptiano) alcançando o Cretáceo Superior (Maastrichtiano). Evidências recentes dão conta da ocorrência de um paleossolo desenvolvido sobre essa unidade, correlacionado com a superfície SD1 (HORBE *et al.*, 2001, *apud* CUNHA *et al.*, 2007), considerada como paleogênica (Paleoceno), idade esta consistente com os dados paleomagnéticos obtidos das crostas lateríticas do norte da cidade de Manaus, que indicam idades entre 70 Ma e 50 Ma.

A sequência litológica da Formação Alter do Chão apresenta arenitos, argilitos, conglomerados subordinados e níveis de lateritas (TANCREDI, 1996). Os arenitos são finos a médios, geralmente com estratificação cruzada, sendo de cor vermelha a variegada, com intercalações argilosas. Os argilitos têm cores vermelha, creme, branca, roxa, variegada, sendo pouco consolidados e com lentes de areia. Os conglomerados possuem seixos de quartzo claro de até 5 cm de diâmetro e seixos de quartzo leitoso de até 15 cm de diâmetro.

Ocorre ao norte do rio Amazonas ainda um arenito de textura média, com cimento caolínico e silicoso, branco, geralmente manchado de vermelho, consistente, com impregnações de óxido de ferro, tendo sido considerado por muito tempo como arenito Manaus. Entretanto, o mesmo constitui um horizonte da Formação Alter do Chão (TANCREDI, 1996).

No estado do Pará, a Formação Alter do Chão ocorre desde sua fronteira com o estado do Amazonas a oeste até a borda da bacia do Marajó a leste, abrangendo uma área de aproximadamente 9.870 km², sendo aflorante nas cidades de Faro, Oriximiná, Óbidos, Juruti, Terra Santa, Santarém, Alenquer, Aveiro, Prainha, Brasil Novo, Vitória do Xingu, Senador José Porfírio e Porto de Moz (Figura 2).

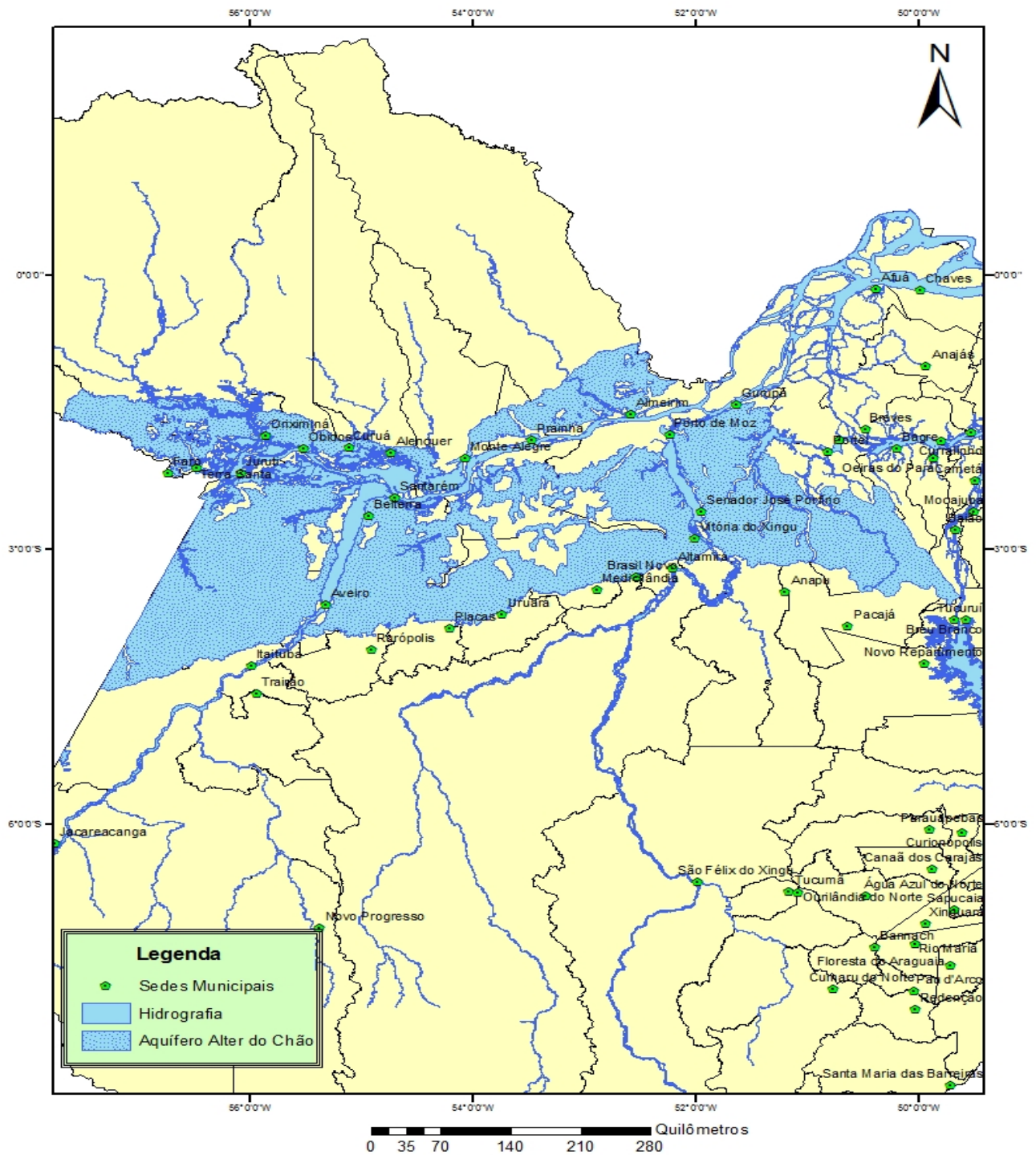


Figura 2. Mapa com as áreas de afloramento do aquífero Alter do Chão no estado do Pará

2.2. Aspectos Hidrodinâmicos

O aquífero Alter do Chão compreende um sistema hidrogeológico com propriedades de aquífero livre e confinado e está inserido na Região Hidrográfica Dominante do Amazonas (ANA, 2005). Este sistema foi mais bem estudado no estado do Pará na cidade de Santarém, onde Tancredi (1996) desenvolveu sua Tese de Doutorado pela Universidade Federal do Pará. Em seu trabalho este autor desenvolveu o cadastramento de poços na cidade de Santarém e áreas adjacentes (Figuras 3 e 4). A profundidade máxima encontrada para estes poços é de 258 m. Os dados hidrogeológicos são complementados, na região, por duas perfurações petrolíferas as quais atravessam toda a Formação Alter do Chão com espessuras de 527 m em Alter do Chão e 603 m em Belterra (Figura 5). O sistema hidrogeológico da Formação Alter do Chão estende-se por toda a área, com espessura em torno de

600 m. Os aquíferos atingem espessuras totais de 480 m e são constituídos por uma sucessão de camadas arenosas, com permeabilidade e espessura variáveis, intercaladas com aquícludes e aquítardes de pequena espessura. Entretanto, os aquíferos representam cerca de 80% do sistema hidrogeológico.

Como mostrado na figura 6 os processos de evolução da paisagem da Formação Alter do Chão, na região de Santarém, resultaram em uma geomorfologia com formas tabulares do Planalto Tapajós-Xingu e do Planalto Rebaixado da Amazônia, constituindo os platôs localizados na parte sul. Mais ao norte, margeando os rios Tapajós e Amazonas, identificam-se a superfície de aplainamento e os inselbergs. Nesta área, a erosão atuou com mais intensidade, conforme é visto na seção geológica esquemática da Figura 7; com remoção da parte superior e com altitudes decrescentes até a da planície amazônica.

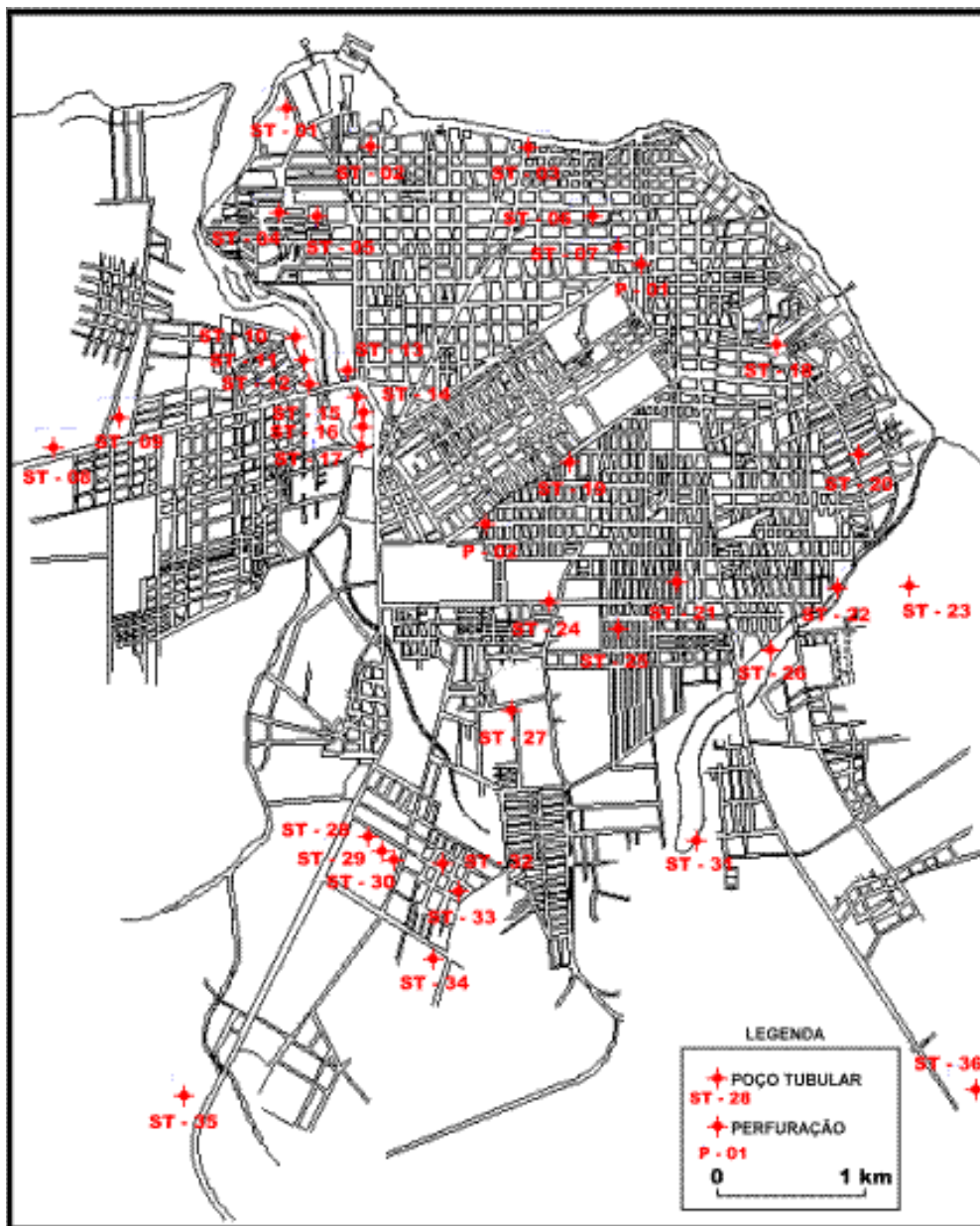


Figura 3. Localização dos poços da área urbana de Santarém
Fonte: Tancredi (1996)

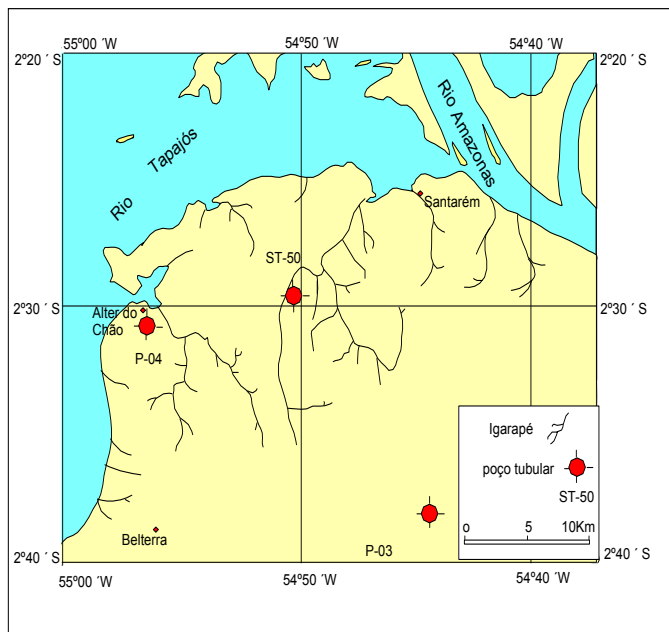


Figura 4. Localização de poços mais afastados da área urbana de Santarém
Fonte: Tancredi (1996)

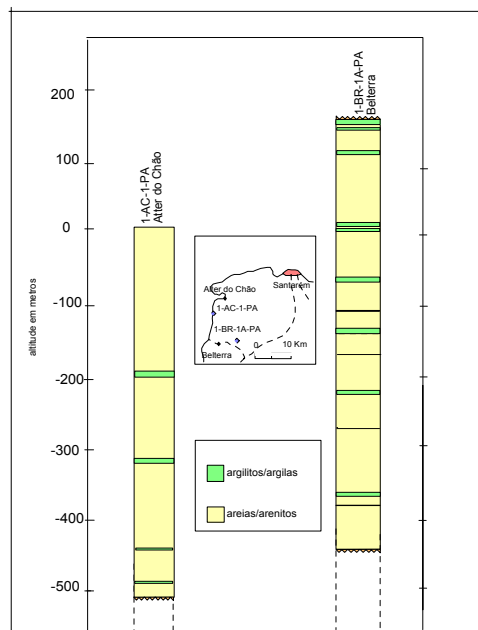


Figura 5. Perfis de poços petrolíferos que atravessam a Formação Alter do Chão na região de Santarém
Fonte: Tancredi (1996)

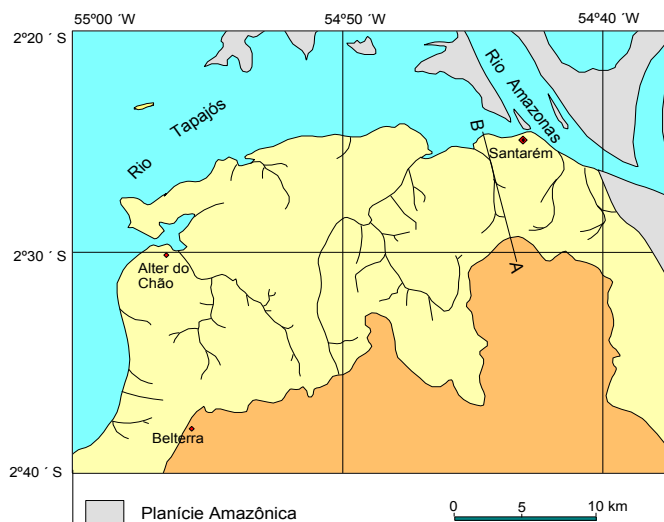


Figura 6. Quadro geomorfológico da região de Santarém
Fonte: Tancredi (1996)

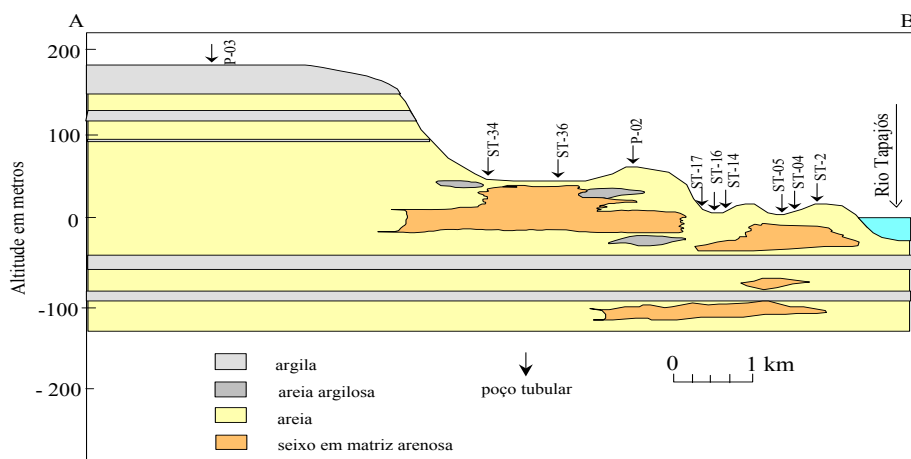


Figura 7. Seção geológica esquemática da Formação Alter do Chão na região de Santarém. Fonte: Tancredi (1996)

As feições geomorfológicas dessa área influenciam fortemente as condições hidrogeológicas da Formação Alter Chão. Na parte sul, situa-se um platô com altitudes que atingem 200 m e que em superfície é constituído de camadas argilosas, com espessuras totais de cerca de 50 m, estando o nível hidrostático da água subterrânea situado a partir de 35 m de profundidade. Essa área dos platôs, com sua topografia elevada, constitui a zona de recarga da água subterrânea. Na parte norte, situada geomorfológicamente na superfície de aplainamento e *inselbergs*, onde a erosão atuou com maior intensidade, removendo parte dos estratos superiores, a coluna litológica é predominantemente arenosa e com topografia mais irregular, com altitudes decrescentes até a planície de inundação do rio Amazonas, esta última com aproximadamente 10 m de altitude. Nesta área configuram-se zonas de recarga nas partes mais elevadas e zonas de descarga nas porções mais baixas do relevo, com fluxos da água subterrânea para fontes, igarapés e para o canal dos rios Tapajós e Amazonas (TANCREDI, 1996).

A Formação Alter do Chão, na região de Santarém, compreende, portanto, dois sistemas de aquíferos principais. A parte superior é constituída por um aquífero livre e a parte inferior por aquíferos confinados. Os dados obtidos através do inventário hidrogeológico

indicam espessuras médias de 50 m para o aquífero livre e 430 m para os aquíferos confinados. Na região de cotas altimétricas mais baixas, esses dois sistemas encontram-se separados por aquícludes e/ou aquitardes constituídos de estratos argilosos no intervalo de 44 a 80 m de profundidade, sendo estes identificados na área de captação de água situada na planície aluvial do igarapé Irurá. Nesse local, o aquífero confinado apresenta uma zona de artesianismo, com poços jorrantes. Poços localizados nesse aquífero apresentam níveis estáticos observados de até 8,69 m acima do terreno (CPRM, 1978). O artesianismo foi também verificado em locais mais distantes dessa área, especificamente no poço ST-03, também jorrante (TANCREDI, 1996).

A Tabela 1 apresenta as características hidrodinâmicas dos sistemas aquíferos da Formação Alter do Chão na região de Santarém. Nesta, verifica-se que as condutividades hidráulicas apresentaram valores compreendidos entre 4,6 a 18,8 m/dia. A condutividade hidráulica no poço ST-14, apresenta um valor mais elevado em relação aos poços ST-13 e ST-15 (situados próximos) devido, principalmente, ao fato da camada arenosa do aquífero no local do poço ST-14 mostrar um melhor selecionamento e arredondamento dos grãos. Os valores de transmissividade estão compreendidos entre 132 e 790 m²/dia.

Tabela 1. Parâmetros hidráulicos dos aquíferos da Formação Alter do Chão na região de Santarém

POÇO	NÍVEL ESTÁTICO (*) (m)	PROFUNDIDADE DO POÇO (*) (m)	CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA (m/dia)	COEFICIENTE DE ARMAZENAMENTO (x 10 ⁻⁴)	COEFICIENTE DE TRANSMISSIVIDADE (m ² /dia x 10 ²)
9	6,65	98,4	5,9		2,85
ST-08	42,48	74,0	18,8		5,93
ST-10	-8,69	156,1	6,6	4,1	3,26
ST-11	-3,98	157,1		3,5	2,60
ST-12	-5,71	157,1		3,3	2,40
ST-13	-3,19	157,3	5,3		1,69
ST-14	-3,10	126,0	11,6		3,95
ST-15	-7,00	133,8	4,6		1,38
ST-16	-7,50	118,0	6,4		3,16
ST-18	13,80	65,0			1,98
ST-20	16,30	54,0			3,53
ST-21	35,00	72,0			1,58
ST-22	0,12	24,0			7,90
ST-23	3,20	13,5			4,45
ST-31	0,57	22,0			5,30
ST-36	17,30	40,0			1,32

(*) Em relação ao nível do terreno

Fonte: Tancredi (1996).

A variação observada nos valores do coeficiente de transmissividade é causada, principalmente, pelas diferentes espessuras das camadas geológicas que constituem os aquíferos nos locais dos ensaios de bombeamento. Foram obtidos poucos valores do coeficiente de armazenamento devido à pequena quantidade de poços de observação disponíveis para a obtenção destes parâmetros.

2.3. Características Químicas

A qualidade da água é uma consequência do seu estado natural, físico e químico, bem como de qualquer alteração que possa ter ocorrido devido à ação humana sobre

a mesma. A utilização da água para uma determinada atividade é determinada pela sua qualidade. Um dos aspectos mais importantes da gestão da água subterrânea é a sua proteção qualitativa.

O estudo da qualidade da água subterrânea na região de Santarém foi realizado com amostragens e análises físico-químicas da água de poços e fontes. A figura 8 apresenta a distribuição dos locais das amostras e a tabela 2, os resultados analíticos obtidos (TANCREDI, 1996). As amostras S2, S3, S4, S5, S6 e S7 correspondem aos poços ST-16, ST-08, ST-23, ST-27, ST-22, ST-31 e ST-50, respectivamente. As amostras S12 e S17, por sua vez, são das fontes Emaús e Aramanaí. As demais amostras correspondem a outros poços tubulares dessa área.

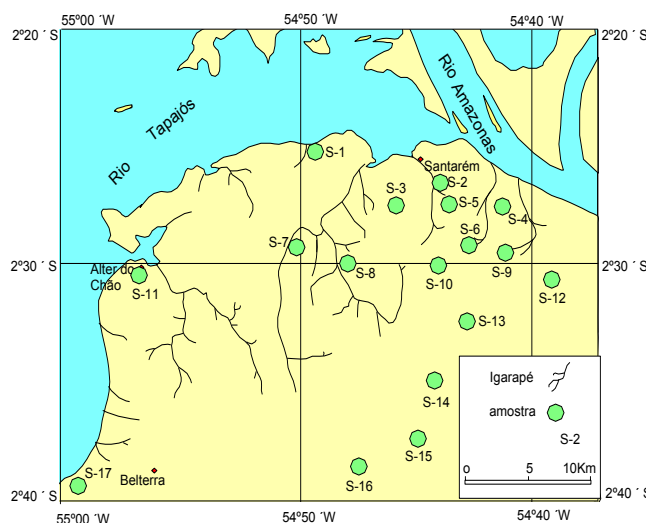


Figura 8. Localização das amostras de água subterrânea para análises físico-químicas, na região de Santarém.

Fonte: Tancredi (1996)

Tabela 2. Análises físico-químicas de amostras da água subterrânea da região de Santarém

PARÂMETROS	AMOSTRAS																
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17
pH	4,6	4,7	4,0	4,2	4,2	4,3	4,6	4,0	4,0	4,7	4,7	4,3	4,4	4,4	4,3	4,7	4,3
T (°C)	28,3	29,3	29,6	26,8	27,6	26,5	27,4	28,0	27,8	27,6	28,9	25,8	27	26,5	26,3	26,3	25,0
Condutividade Elétrica (µS/cm)	17,8	23,1	23,3	27,2	22,7	26,3	19,6	16,4	19,2	11,4	37,2	24,2	23,2	28,0	27,0	23,6	25,0
Alcalinidade (mg/L de CaCO ₃)	1,0	3,7	1,5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,7	1,0	3,0	0,7	0,9	1,0	1,0	2,0	1,5
Dureza (mg/L de CaCO ₃)	2,3	3,4	2,2	2,2	2,7	3,3	4,0	2,2	1,1	2,3	4,3	1,2	4,1	3,7	3,6	2,8	3,3
Na (mg/L)	0,60	2,30	0,70	0,90	0,90	0,90	0,60	2,30	0,80	0,80	1,40	0,90	2,00	2,10	1,80	2,00	1,20
K (mg/L)	0,10	1,50	0,40	0,30	0,20	0,20	0,20	0,80	0,30	0,20	0,20	0,20	0,20	0,80	0,40	2,4	1,10
Ca (mg/L)	0,60	1,20	0,60	1,00	0,60	1,20	0,80	0,80	0,40	0,60	1,60	0,40	1,00	1,00	0,80	0,80	1,00
Mg (mg/L)	0,20	0,10	0,30	0,3	0,30	0,20	0,50	0,10	0,10	0,20	0,20	0,10	0,40	0,30	0,40	0,20	0,20
Fe total (mg/L)	0,01	0,05	0,00	0,03	0,01	0,03	0,06	0,02	0,12	0,18	0,40	0,05	0,06	0,18	0,07	0,20	0,02
Cl (mg/L)	1,50	3,20	1,50	2,20	1,80	2,20	1,80	3,8	1,50	2,00	2,20	1,80	4,30	4,20	3,20	4,60	2,00
SO ₄ (mg/L)	1,00	2,40	1,00	2,40	1,40	2,00	2,40	2,0	0,80	1,00	2,00	1,00	2,00	2,00	2,40	2,0	2,50
HCO ₃ (mg/L)	1,20	4,40	1,80	1,50	1,20	1,20	1,20	1,20	0,80	1,20	3,60	0,80	1,00	1,20	1,20	2,4	1,80
SiO ₂ (mg/L)		1,64	3,42	0,73	3,32	1,02	5,13	3,21	2,14	2,35	2,03	2,05	0,92	0,87	1,00	1,18	1,39

Fonte: Tancredi (1996)

A temperatura da água subterrânea nessa região reflete as condições climáticas. Os valores, determinados *in situ*, situam-se entre 25,0 a 29,6 °C.

A condutividade elétrica apresentou valores no intervalo de 11,4 a 37,2 $\mu\text{S}/\text{cm}$, indicando águas pouco mineralizadas.

Observa-se uma predominância de águas do tipo sódio-cloreto na região de Santarém. Águas do tipo mista, tanto para os cátions como para os ânions, estão também presentes, porém em menores proporções. A figura 9 apresenta os dados das análises da água lançados no diagrama trilinear de Piper (TANCREDI, 1996).

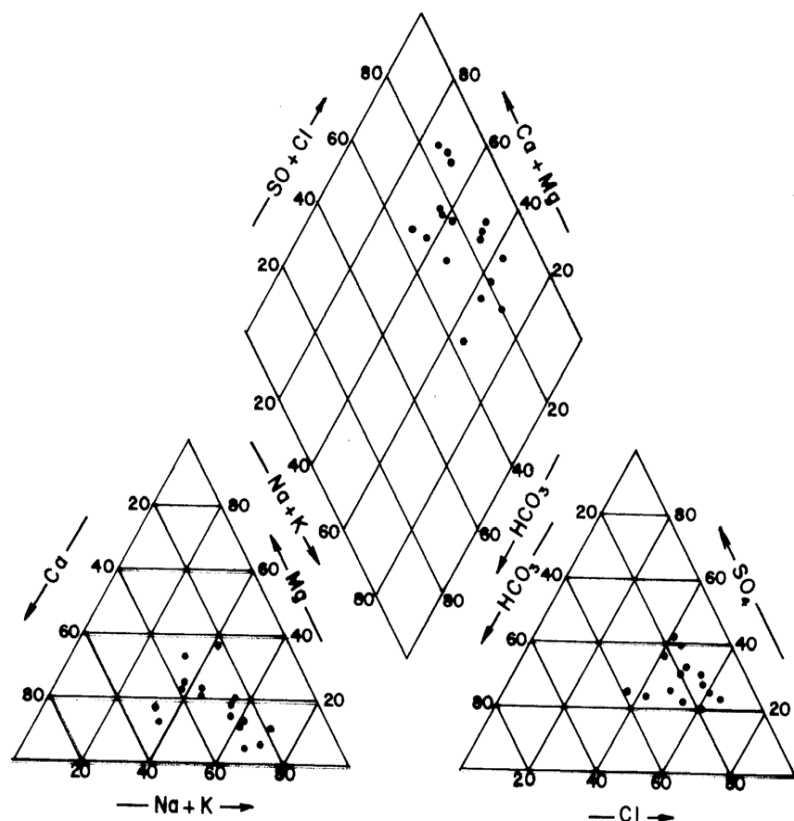


Figura 9 - Diagrama trilinear de Piper de amostras de água subterrânea da região de Santarém

Fonte: Tancredi (1996).

2.4. Análise dos Riscos de Contaminação

A proteção da água subterrânea consiste, essencialmente, na preservação de sua qualidade no aquífero. Para isso devem ser tomadas medidas de controle das cargas de poluentes potenciais. Um aspecto importante para esse controle é a educação, o esclarecimento ou a conscientização da população.

Na região de Santarém, apenas a área urbana apresenta risco de poluição da água subterrânea. As cargas de contaminantes potenciais são relacionadas a fossas, aterros sanitários, cemitérios, vazamento de postos de combustíveis, vazamento de esgotos, descarga de águas servidas, construção inadequada de poços e poços abandonados (TANCREDI, 1996).

Um aspecto difícil na proteção da água subterrânea dessa área é o controle de poços abandonados. Eles devem ser tamponados com preenchimento de material argiloso. Construções inadequadas de poços, sem cimentação da parte superior do espaço anular, podem causar a migração da água superficial ou subterrânea rasa contaminada para a parte profunda do aquífero livre ou para os aquíferos confinados mais profundos. Diante do exposto, a vulnerabilidade da água subterrânea deve ser considerada de importância fundamental na proteção ambiental dessa área.

Uma maneira efetiva de se proteger a qualidade da água subterrânea é por meio da utilização de mapas de vulnerabilidade dos aquíferos, os quais devem subsidiar planos de desenvolvimento e orientar as atividades humanas para minimizar os impactos na qualidade da água. O mapeamento da vulnerabilidade da água subterrânea possibilita a definição de programas de proteção dos recursos hídricos subterrâneos (TANCREDI, 1996).

Na avaliação da vulnerabilidade natural do aquífero Alter do Chão, Tancredi (1996) aplicou o modelo GOD desenvolvido por Foster e Hirata (1988) para obter os índices de vulnerabilidade do aquífero. De acordo com o método, os parâmetros-guia para determinar a vulnerabilidade do aquífero são: tipo de aquífero (*Groundwater occurrence* – Índice G), litologia da zona não saturada (*Overall lithology of aquifer* – Índice O) e, profundidade do nível estático (*Depth of groundwater* – Índice D). A figura 10 ilustra a aplicação do método GOD (Foster e Hirata, 1988) por Tancredi (1996).

Com relação ao grau de confinamento, na região sul, os aquíferos livres com cobertura argilosa receberam índice de 0,6 enquanto que para os aquíferos livres expostos, na parte norte, foi atribuído índice de 1,0 (extrema). Aos aquíferos confinados subjacentes foi determinado índice de 0,2.

As litologias da zona não saturada consideradas nesta avaliação constituem-se de: i) argilas (índice 0,3); ii) siltes, argilas arenosas, areias argilosas (índice 0,5) e iii) areias com ou sem seixos (índice 0,7).

A profundidade do nível da água ou espessura da zona não saturada foi tomada em cinco classes: i) maior que 35m (índice 0,5); ii) de 35 a 25 m (índice 0,6); iii) de 25 a 15m (índice 0,7); iv) de 15 a 5 m (índice 0,8) e v) menor que 5 m (índice 0,9).

Com esses três parâmetros e seus respectivos índices definidos, e multiplicando entre si os índices relacionados, Tancredi (1996) obteve o índice de vulnerabilidade (Tabela 3) e o grau de vulnerabilidade à contaminação (Tabela 4) da água subterrânea na região de Santarém.

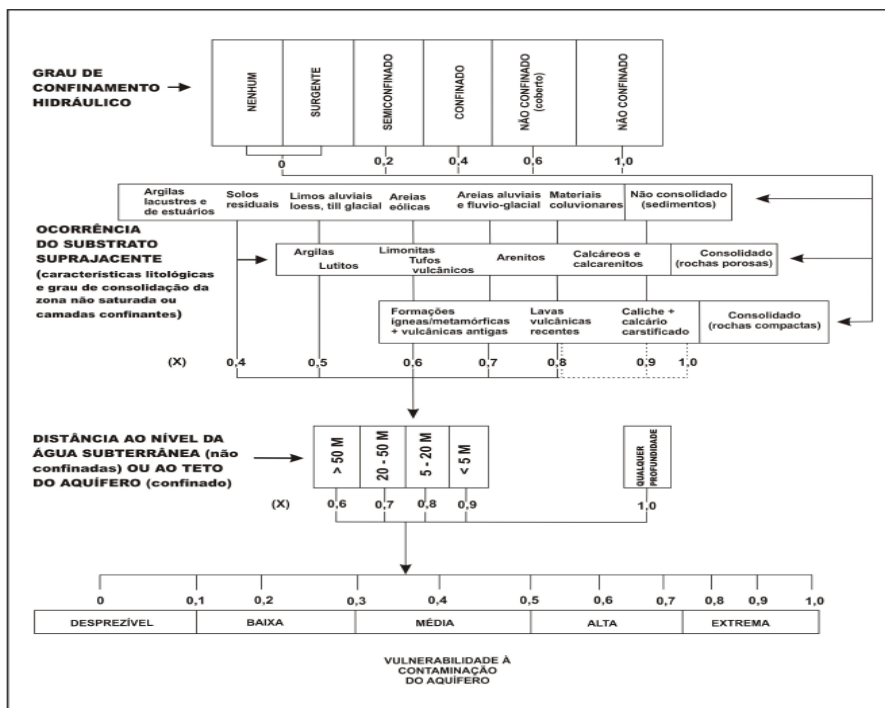


Figura 10. Diagrama de aplicação do método GOD

Fonte: Foster e Hirata (1988)

Tabela 3. Índices de vulnerabilidade das águas subterrâneas na região de Santarém

ESPESSURA NÃO SATURADA				< 5 m	5-15 m	15-25 m	25-35 m	> 35 m
Característica Litológica	Índice	Tipo de Aquífero	Índice	0,90	0,80	0,70	0,60	0,50
Arenoso	0,70	Livre	1,00	0,63	0,56	0,49	0,42	0,35
		Livre com Cobertura	0,60	0,38	0,34	0,29	0,25	0,21
		Confinado	0,20	0,13	0,11	0,10	0,08	0,07
		Livre	1,00	0,45	0,40	0,35	0,30	0,25
Siltoso Argilo-Arenoso	0,50	Livre com Cobertura	0,60	0,27	0,24	0,21	0,18	0,15
		Confinado	0,20	0,09	0,08	0,07	0,06	0,05
		Livre	1,00	0,27	0,24	0,21	0,18	0,15
Argiloso	0,30	Livre com Cobertura	0,60	0,16	0,14	0,13	0,11	0,09
		Confinado	0,20	0,05	0,05	0,04	0,04	0,03

Fonte: Tancredi (1996)

Os índices de vulnerabilidade à contaminação Os demais valores são menores que 0,5, revelando obtidos mostram apenas dois valores maiores que 0,5, vulnerabilidades moderada, baixa e negligenciável o que corresponde ao grau de vulnerabilidade alta. (TANCREDI, 1996).

Tabela 4. Grau de vulnerabilidade à contaminação da água subterrânea na região de Santarém

ESPESSURA NÃO SATURADA				< 5 m	5-15 m	15-25 m	25-35 m	> 35 m
Característica Litológica	Índice	Tipo de aquífero	Índice	0,90	0,80	0,70	0,60	0,50
Arenoso	0,70	Livre	1,00	Alta	Alta	Moderada	Moderada	Moderada
		Livre com Cobertura	0,60	Moderada	Moderada	Baixa	Baixa	Baixa
		Confinado	0,20	Baixa	Baixa	Baixa	Neglig.	Neglig.
Siltoso Argilo-Arenoso	0,50	Livre	1,00	Moderada	Moderada	Moderada	Moderada	Baixa
		Livre com Cobertura	0,60	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa
		Confinado	0,20	Neglig.	Neglig.	Neglig.	Neglig.	Neglig.
Argiloso	0,30	Livre	1,00	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa
		Livre com Cobertura	0,60	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa	Neglig.
		Confinado	0,20	Neglig.	Neglig.	Neglig.	Neglig.	Neglig.

Fonte: Tancredi (1996)

A distribuição espacial dos graus de vulnerabilidade dos sistemas aquíferos na região de Santarém é apresentada na figura 11, tendo em conta os graus de vulnerabilidade obtidos na Tabela 4 para o aquífero livre situado na parte superior da Formação Alter do Chão.

favoráveis à sua exploração constituem um potencial importante para o desenvolvimento da região.

Os aquíferos confinados devido às suas maiores reservas, à maior produtividade da água subterrânea e ao baixo grau de vulnerabilidade, que os torna naturalmente bem protegidos, constituem os mais importantes mananciais para a exploração da água subterrânea na região. A parte superior do sistema hidrogeológico, que constitui o aquífero livre, deve ser isolada, quando da construção das captações, com cimentação do espaço anular até a profundidade do confinamento, para sua completa proteção (TANCREDI, 1996).

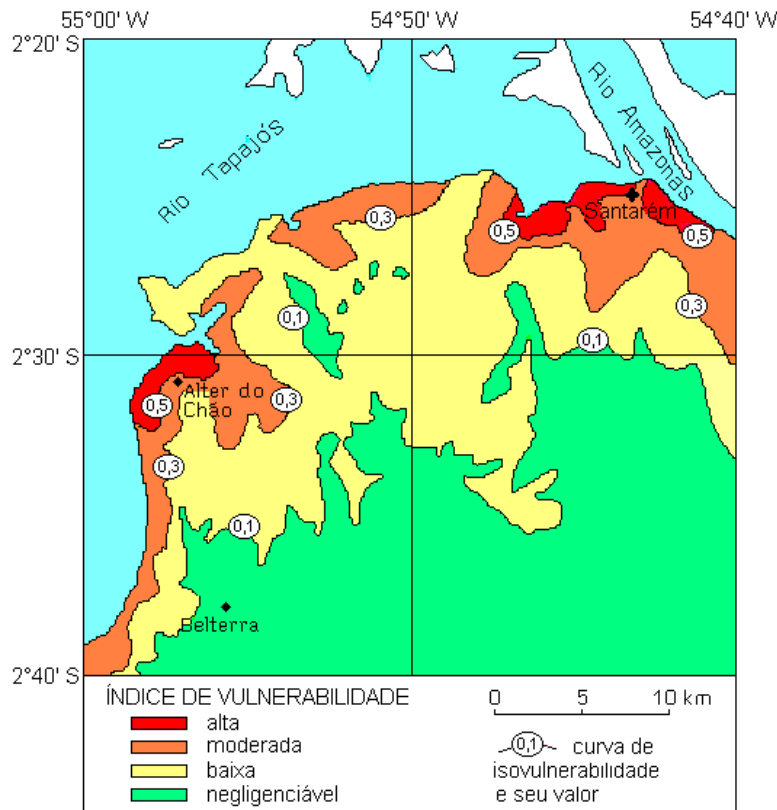


Figura 11. Mapa de vulnerabilidade das águas subterrâneas na região de Santarém
Fonte: Tancredi (1996)

De acordo com o mapa da figura 11, foram identificados índices de vulnerabilidade baixa na parte sul da área, ou seja, nos platôs, devido principalmente à cobertura argilosa e à maior profundidade da água subterrânea. A parte norte da área, cujos graus de vulnerabilidade são mais elevados, constitui zona de descarga da água subterrânea e apresenta a possibilidade de diluição dos contaminantes, o que pode contribuir para diminuição do risco de contaminação (TANCREDI, 1996).

A maior parte da região apresentou índices de vulnerabilidade negligenciável, baixo e moderado, cujos valores revelaram-se inferiores a 0,5. Apenas uma pequena parte dessa área mostra índice compreendido entre 0,63 e 0,50, considerado de grau alto nessa escala de vulnerabilidade que apresenta o valor máximo de 1,00. Essas áreas situam-se próximo à margem do rio Tapajós, na zona urbana de Santarém e de Alter do Chão (TANCREDI, 1996).

2.5. O Uso da Água Subterrânea

O principal uso para as águas do sistema aquífero Alter do Chão é o abastecimento público. Os grandes volumes de água armazenada e características hidrogeológicas

2.6. Potenciometria

O sistema principal de fluxo da água subterrânea na região de Santarém é transmitido dos platôs, que representam zonas de recarga, para as drenagens da água superficial. Na elaboração do mapa potenciométrico, Tancredi (1996) utilizou o modelo de simulação de aquífero Flowpath, desenvolvido pela *Waterloo Hydrogeologic Software* do Canadá.

O modelo adota como parâmetros de entrada as propriedades físicas do aquífero: condutividade hidráulica, porosidade, cotas do topo e da base, fluxos subterrâneos, taxa de recarga e de evapotranspiração, vazão dos poços (ou taxa de bombeamento), cotas de carga constante a montante, cotas da lâmina d'água e do fundo de corpos de água superficial, fator de drenagem (taxa de recessão) e pontos de aferimento.

Na aplicação do modelo, promovidas as devidas simplificações e aproximações, foi considerado apenas o aquífero livre situado na parte superior da Formação Alter do Chão em Santarém. A pequena quantidade de dados disponíveis dos aquíferos confinados não viabilizou a elaboração de um mapa potenciométrico, que permitisse visualizar o comportamento da água subterrânea nesses aquíferos.

A figura 12 apresenta o mapa potenciométrico da água subterrânea na cidade de Santarém, com base nos dados dos poços e nas demais características hidrogeológicas. A distribuição do potencial hidráulico restringe-se situa-se à parte superior da Formação Alter do Chão, que se apresenta na condição livre. As curvas potenciométricas representam as condições de equilíbrio, e seu valor (em metros) indica a posição relativa do nível da água sobre a base do aquífero, tomada como datum. As setas assinalam o sentido de escoamento da água subterrânea. Percebe-se que o fluxo local e intermediário alimentam os igarapés e a descarga é feita nos rios Tapajós e Amazonas. Na parte central, que corresponde à área do antigo aeroporto, o efeito topográfico (elevado) reflete nas equipotenciais da água subterrânea, havendo uma mudança no padrão de seu traçado (TANCREDI, 1996).

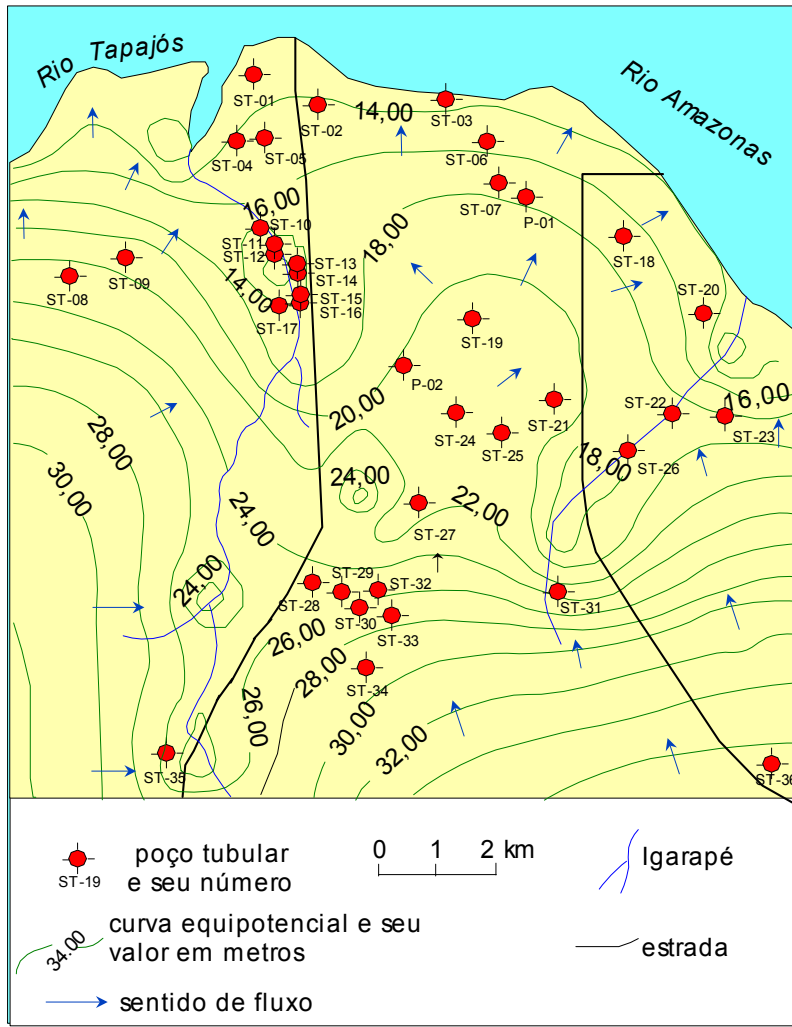


Figura 12. Mapa potiométrico do aquífero Alter do Chão, na condição livre, em Santarém
Fonte: Tancredi (1996)

A figura 13 apresenta a seção esquemática de fluxo dessa área, indicando que o fluxo local e intermediário alimentam fontes e igarapés, enquanto o sistema de

fluxo regional é basicamente descarregado no exutório natural dessa área, constituída pelos rios Tapajós e Amazonas.

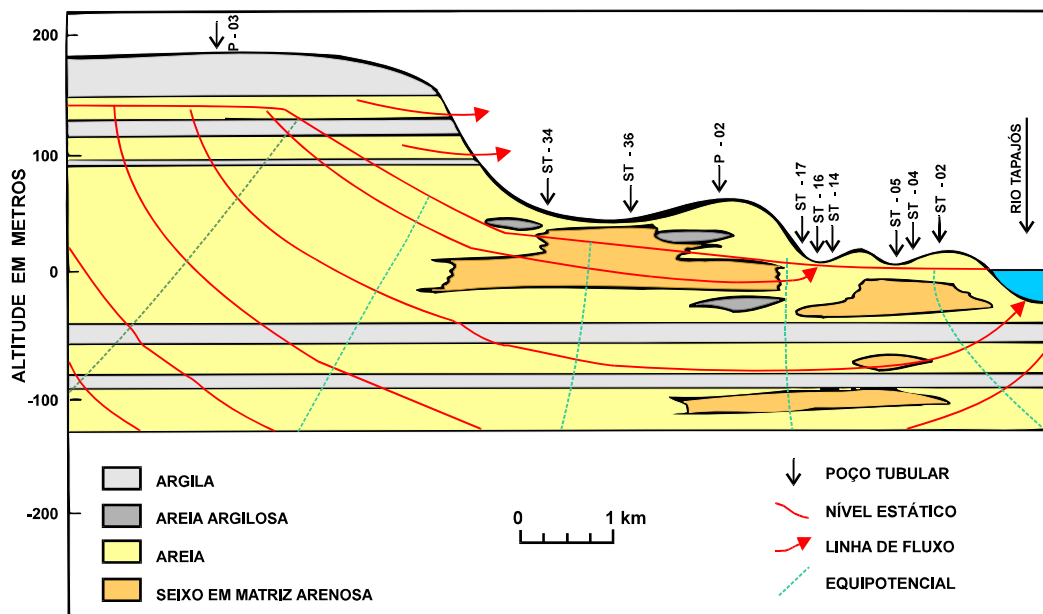


Figura 13. Esquema do sistema de fluxo do aquífero Alter do Chão na região de Santarém
Fonte: Tancredi (1996)

2.7. Reservas

A reserva da água subterrânea constitui a quantidade de água mobilizável existente nos aquíferos. O volume dos espaços porosos do espesso pacote de rochas sedimentares da Formação Alter do Chão permite o armazenamento de grande quantidade de água. Por intermédio dos cálculos da reserva reguladora e da reserva permanente, Tancredi (1996) estimou as reservas totais do aquífero Alter do Chão em $86,78 \times 10^9 \text{ m}^3$.

2.8. Recursos Renováveis

A quantidade de água subterrânea que é realimentada (e descarregada) anualmente corresponde à reserva

reguladora, ou seja, o volume de água que é renovado anualmente no aquífero. Os recursos renováveis são função das características físicas do aquífero livre, principalmente das características hidrodinâmicas e das condições de recarga e descarga. Na avaliação da reserva reguladora Tancredi (1996) determinou o fluxo de base do igarapé São Brás, no ano de 1993, com volume de $37,0 \times 10^6 \text{ m}^3$ o qual drena grande parte da área. De acordo com os cálculos do autor, o volume de água renovável no aquífero livre Alter do Chão corresponde a $0,226 \times 10^9 \text{ m}^3/\text{ano}$.

3. CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS

3.1. Síntese do Balanço Hídrico na Região de Santarém

A região de Santarém está localizada no domínio de clima equatorial úmido do tipo Am, segundo a classificação de Köppen (SUDAM, 1984, *apud* TANCREDI, 1996).

Conforme os dados apresentados na Tabela 5 e na Figura 14, referentes à estação meteorológica de Belterra, no período de 1967 a 1990 (DNMET, 1992) a precipitação pluviométrica anual média foi de 1911,2 mm e a temperatura anual média de 24,8 °C. O período chuvoso mais intenso concentra-se nos meses de fevereiro a maio e o período mais seco de agosto a novembro.

Os parâmetros climáticos da Tabela 5 correspondem a valores médios mensais e a média anual para a temperatura e umidade relativa. Para a precipitação pluviométrica, a evaporação e a insolação, os valores referem-se ao total anual médio.

O volume de água restituído pelo aquífero livre Alter do Chão para o igarapé São Brás em uma área que abrange 147,78 km² corresponde à reserva reguladora para essa área, sendo 12,0% da precipitação pluviométrica.

O coeficiente de realimentação de apenas 0,33% e a elevada precipitação pluviométrica da região evidenciam a pequena fração do volume da reserva reguladora em relação à reserva permanente. Estas condições caracterizam, portanto, um grande reservatório de água subterrânea.

Tabela 5. Parâmetros climáticos médios mensais e anual da estação meteorológica de Belterra, no período de 1967 a 1990

	TEMPERATURA MÉDIA (°C)	PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA TOTAL (mm)	EVAPORAÇÃO TOTAL (mm)	UMIDADE RELATIVA (%)	INSOLAÇÃO TOTAL (H)
Janeiro	24,7	183,5	77,9	90,0	158,2
Fevereiro	24,5	258,3	57,2	92,0	122,4
Março	24,5	302,8	60,3	92,0	128,7
Abril	24,7	283,4	53,2	92,0	128,7
Mai	24,5	264,5	52,7	93,0	198,6
Junho	24,4	125,7	59,6	92,0	188,2
Julho	24,2	93,5	72,8	90,0	228,8
Agosto	27,7	52,4	88,6	88,0	251,2
Setembro	25,3	41,8	100,0	87,0	240,4
Outubro	25,8	47,6	118,1	86,0	232,0
Novembro	25,7	77,3	118,5	85,0	203,4
Dezembro	25,3	180,4	100,6	87,0	179,3
Média Anual	24,8			90,0	
Total Anual		1911,2	959,5		2219,0

Fonte: DNMET (1992).

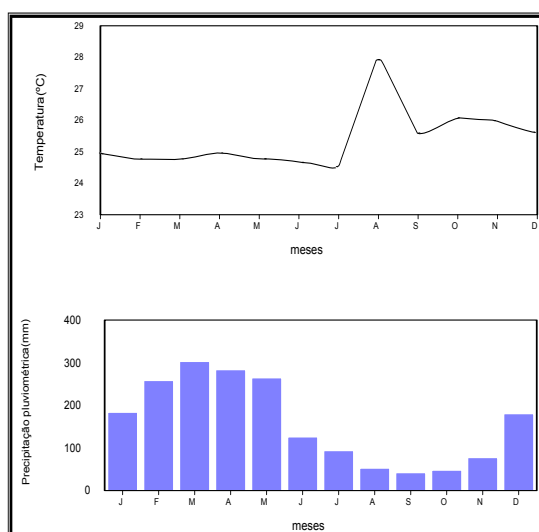


Figura 14. Distribuição mensal média da temperatura e da precipitação pluviométrica, no período de 1967 a 1990, da estação meteorológica de Belterra

Fonte: DNMET (1992)

4. POÇOS CADASTRADOS NO SISTEMA AQUÍFERO ALTER DO CHÃO (SAAC)

Atualmente, constam no banco de dados do Sistema de Informações de Água Subterrânea – SIAGAS, da CPRM, aproximadamente 160 poços tubulares profundos (Tabela 6) que captam água do Sistema Aquífero Alter do Chão. As profundidades encontram-se entre 10 e 271 metros e as vazões de estabilização variam de 12 a 340 m³/h, com valores médios de 48 m³/h. A capacidade específica

apresenta valor mínimo de 0,265 m³/h/m e máximo de 55,94, com média de 5,19 m³/h/m.

O perfil construtivo e geológico do poço de maior vazão (340 m³/h), SIAGAS 15003759, encontra-se ilustrado na figura 15. As figuras 16 e 17 ilustram perfis de poços perfurados pela Petrobras na bacia do Amazonas que interceptam principalmente o SAAC.

Tabela 6 – Poços cadastrados no SIAGAS que exploram o aquífero Alter do Chão no estado do Pará

PONTO	LATITUDE	LONGITUDE	LOCAL
1500000136	-2.438611	-54.737222	SANTARÉM
1500000145	-2.4475	-54.753333	SANTARÉM
1500000152	-2.461111	-54.750555	SANTARÉM
1500000160	-2.444166	-54.741666	SANTARÉM
1500000188	-2.43	-54.719444	SANTARÉM
1500000189	-2.453888	-54.7125	SANTARÉM
1500000222	-2.438611	-54.740277	SANTARÉM
1500000223	-2.439722	-54.736388	SANTARÉM
1500000224	-2.438333	-54.733333	SANTARÉM
1500000225	-2.440277	-54.731944	SANTARÉM
1500000226	-2.441666	-54.731111	SANTARÉM
1500000227	-2.4425	-54.730277	SANTARÉM
1500000228	-2.4275	-54.738611	SANTARÉM
1500000232	-2.454166	-54.71	SANTARÉM
1500000234	-2.461666	-54.715277	SANTARÉM
1500000237	-2.469722	-54.7275	SANTARÉM
1500000238	-2.453055	-54.697222	SANTARÉM
1500000239	-2.470277	-54.724166	SANTARÉM
1500000269	-2.4675	-54.684722	SANTARÉM
1500000270	-2.467222	-54.685	SANTARÉM
1500000272	-2.42	-54.743055	SANTARÉM
1500000365	-2.494166	-54.672222	SANTARÉM
1500000372	-2.418888	-54.7225	SANTARÉM
1500000373	-2.4275	-54.741944	SANTARÉM
1500000374	-2.438055	-54.693055	SANTARÉM
1500000377	-2.484722	-54.701388	SANTARÉM
1500001217	-2.503888	-54.719166	CAMBUQUIRA
1500001356	-2.454166	-54.710277	SANTARÉM

Área Recursos Hídricos Subterrâneos

PONTO	LATITUDE	LONGITUDE	LOCAL
1500001357	-2.456388	-54.714444	SANTARÉM
1500002148	-1.515833	-52.5125	ALMEIRIM
1500002149	-1.516111	-52.512222	ALMEIRIM
1500002150	-1.514444	-52.5125	ALMEIRIM
1500002151	-1.513888	-52.5125	ALMEIRIM
1500002152	-1.515277	-52.515277	ALMEIRIM
1500002157	-1.766111	-55.8625	ORIXIMINA
1500002158	-2.442777	-54.731388	BAIRRO DOIRURÁ
1500002159	-2.437222	-54.74	BAIRRO DO
1500002160	-2.438888	-54.733611	BAIRRO BACABAL-IRURÁ
1500002161	-2.438333	-54.740555	SANTARÉM
1500002162	-2.462777	-54.713611	SANTARÉM
1500002163	-2.4475	-54.753333	SANTARÉM
1500002164	-2.449444	-54.693611	SANTARÉM
1500002166	-2.005555	-54.070277	MONTE ALEGRE
1500002229	-1.8925	-48.774722	Moju
1500002230	-1.894166	-48.773333	Moju
1500002378	-1.709444	-48.875	Abaetetuba
1500002379	-1.709722	-48.876388	Abaetetuba
1500002380	-1.708333	-48.875833	Abaetetuba
1500002381	-1.708611	-48.874444	Abaetetuba
1500002382	-1.709722	-48.873611	Abaetetuba
1500002383	-1.708055	-48.872777	Abaetetuba
1500002624	-1.772777	-55.867222	Rua Cazuza Guerreiro
1500002625	-1.770277	-55.863333	Bairro Penta
1500002626	-1.781388	-55.855833	São Pedro
1500002627	-1.768055	-55.865833	Bairro Pastoral
1500002961	-1.781944	-47.672222	Comunidade Sebastião- PA 127, Km 18
1500002962	-1.776111	-47.6725	Bom Jardim-PA 127, Km 17
1500002975	-1.688333	-47.764444	FUNABEM
1500002976	-1.688055	-47.764444	FUNABEM
1500003309	-2.587222	-51.9525	Esc Mun E F Rosa Rebelo
1500003310	-2.546388	-51.957777	Viveiro de Produção de Mudás
1500003311	-2.586111	-51.953611	Centro
1500003329	-2.636388	-54.904444	Estabelecimento Assistencial de Saúde
1500003330	-2.680555		BELTERRA
1500003331	-2.9125	-54.925	Comunidade Boa Esperança
1500003336	-2.675	-54.926388	Abastecimento de Agua do Bairro Santa Luzia
1500003337	-2.703333	-54.899722	Fazenda Bela Terra
1500003341	-2.647777	-54.900555	Comunidade Estrada - 08
1500003342	-2.661388	-54.874722	Sistema de Abastecimento de Agua Estrada - 10
1500003403	-2.8125	-54.2975	Barragem Curuá - Una
1500003684	-2.692222	-54.6425	MOJUÍ DOS CAMPOS
1500003689	-2.568333	-54.604444	COMUNIDADE BOM JARDIM

PONTO	LATITUDE	LONGITUDE	LOCAL
1500003690	-2.571388	-54.639444	COMUNIDADE JACAMIN
1500003692	-3.339722	-54.702222	COMUNIDADE SANTO ANTÔNIO
1500003695	-2.470277	-54.728611	SANTA-SANTARÉM REFRIGERANTES S/A
1500003698	-2.719722	-54.505833	COMUNIDADE BOA ESPERANÇA
1500003699	-2.7975	-54.639444	COMUNIDADE TERRA DE AREIA
1500003703	-2.613611	-54.727222	COMUNIDADE TABOCAL
1500003704	-2.736666	-54.963888	COMUNIDADE REVOLTA
1500003706	-2.476666	-54.728888	MÔNACO DIESEL
1500003709	-2.589166	-54.72	POSTO EQUADOR
1500003710	-2.543611	-54.722222	CEREALISTA MATO GROSSO
1500003714	-2.470833	-54.778611	COMUNIDADE CUCURUNÃ
1500003715	-2.425	-54.863333	SÍTIO JUQUIRI
1500003716	-2.549722	-54.670555	COMUNIDADE ESTRADA NOVA
1500003717	-2.634444	-54.268333	NOVO PARAÍSO DO ITUQUI
1500003718	-2.489166	-54.683611	COMUNIDADE MARARÚ
1500003719	-2.883888	-54.588888	COMUNIDADE ÁGUA BRANCA
1500003720	-2.703611	-54.517777	FAZENDA DIAMANTINO
1500003721	-3.476388	-54.464444	COMUNIDADE SOMBRA SANTA/POÇO-01
1500003722	-2.533333	-54.663333	COMUNIDADE ESTRADA NOVA
1500003723	-2.178333	-54.904444	COMUNIDADE ANINDUBA
1500003725	-2.661666	-54.347777	COMUNIDADE POÇO NOVO
1500003726	-2.571666	-54.281666	COMUNIDADE NOVA ESPERANÇA
1500003727	-2.5925	-54.256111	COMUNIDADE LIMÃO GRANDE
1500003728	-2.649166	-54.3075	COMUNIDADE DE NOVA ALIANÇA
1500003729	-3.591388	-54.54	COMUNIDADE ACTAIA-ANTA/POÇO-01
1500003731	-2.6975	-54.530833	COAGRO
1500003732	-2.628333	-54.6	COMUNIDADE SÃO JORGE
1500003733	-2.61	-54.613055	COMUNIDADE TIPIZAL
1500003734	-2.606666	-54.615833	POSTO SANTO ANTÔNIO
1500003739	-2.585	-54.719722	COMUNIDADE SÃO JOSÉ
1500003741	-2.6625	-54.634444	MOJÚÍ DOS CAMPOS
1500003742	-1.795555	-53.483888	COSANPA
1500003743	-1.796388	-53.484166	COSANPA PRAINHA
1500003747	-1.773055	-55.864166	PRAÇA JOSÉ OPERÁRIO
1500003748	-1.769722	-55.858611	PRAÇA CENTENÁRIO
1500003749	-1.751111	-55.853333	BAIRRO SÃO PEDRO
1500003750	-1.758888	-55.850555	BAIRRO SÃO PEDRO
1500003752	-3.6725	-54.411666	PALMAS DE ITUQUI
1500003754	-1.808333	-54.813055	ÁREA DE CAPTAÇÃO DA COSANPA
1500003759	-2.481666	-54.795833	COSANPA/UNIDADE ELCIONE BARBALHO
1500003760	-1.336388	-48.454166	RESIDENCIAL CORDEIRO DE FARIAS
1500003809	-2.419444	-54.723333	PRAÇA TIRADENTES
1500003810	-2.428055	-54.7425	ESCOLA DRA. MARIA AMÁLIA
1500003811	-2.440833	-54.7325	ÁREA DE CAPTAÇÃO DO IRURÁ

PONTO	LATITUDE	LONGITUDE	LOCAL
1500003815	-2.448333	-54.753055	AV. SÃO PAULO
1500003816	-2.461944	-54.715555	AV. SÃO FRANCISCO
1500003817	-2.476111	-54.726944	RUA SANTA INES COM TRAV.30
1500003844	-1.985555	-54.0675	BAIRRO DO PAJUÇARA, MONTE ALEGRE
1500003845	-1.998888	-54.08	BAIRRO DA TERRA AMARELA, MONTE ALEGRE
1500003846	-2.004166	-54.084444	BAIRRO DO SURUBEJÚ, MONTE ALEGRE
1500003915	-2.421111	-54.703333	COSANPA IRURÁ/BACABAL
1500003917	-2.0025	-54.075555	PAJUÇARA
1500003918	-2.015277	-54.072222	TERRA AMARELA
1500003919	-2.003611	-54.084166	SURUBEJÚ
1500003997	-3.051944	-53.959722	FZ- PARANÁ
1500004005	-3.713055	-53.731944	AUTO POSTO ARCO IRIS
1500004090	-1.551111	-53.681667	COMUNIDADE JATUARANA
1500004091	-1.621667	-53.956667	COMUNIDADE LIMÃO
1500004093	-1.938611	-54.739167	COMUNIDADE SANTA RITA
1500004094	-1.940833	-54.721944	COMUNIDADE NOVA ESPERANÇA
1500004098	-1.911389	-55.518333	ÁREA DE CAPTAÇÃO DO POÇO 01
1500004099	-1.903889	-55.525278	ÁREA DE CAPTAÇÃO 02
1500004100	-1.896944	-55.508611	CAPTAÇÃO CIDADE NOVA
1500004101	-1.9025	-55.508333	CAPTAÇÃO SANTA TEREZINHA-04
1500004102	-1.900278	-55.509167	MICROSISTEMA SUBMERSO
1500004103	-1.899167	-55.508889	CAPTAÇÃO S.FRANCISCO
1500004105	-1.905556	-55.516944	ASSOCIAÇÃO FONTE AMIZADE
1500004106	-1.9025	-55.503611	ASSOCIAÇÃO COMUNITÁRIA BELA VISTA
1500004107	-1.907778	-55.510556	ASSOCIAÇÃO FONTE DE ÁGUA VIRGEM
1500004108	-1.901944	-55.513611	BAIRRO CIDADE NOVA
1500004109	-1.898333	-55.513333	BAIRRO S.FRANCISCO
1500004110	-1.896667	-55.516111	CAPTAÇÃO S.FRANCISCO
1500004115	-1.915278	-55.513333	COMUNIDADE CORAÇÃO DE JESUS
1500004116	-1.683889	-55.345278	COMUNIDADE PAIOL
1500004118	-1.718056	-55.393333	COMUNIDADE AREIA
1500004121	-1.894167	-55.112222	SISTEMA DE CAPTAÇÃO FÁBRICA DE GELO
1500004122	-1.878889	-55.119444	MICROSISTEMA DO 30
1500004123	-1.795278	-53.483889	ÁREA DA CAPTAÇÃO PONTEIRA
1500004125	-1.941111	-54.733889	SECRETARIA DE AGRICULTURA
1500004126	-1.94	-54.7275	ALENQUER
1500004127	-1.9425	-54.691389	RODOVIA PA-254/Km-20(entrada Murucupu)
1500004128	-1.549444	-55.154167	COMUNIDADE MAMIÁ
1500004129	-1.643611	-55.608333	VILA REPARTIMENTO
1500004130	-1.906111	-55.511111	OBIDOS
1500004386	-2.511666	-74.175833	JURITI
1500004387	-2.178333	-56.096666	JURITI
1500004394	-2.176666	-56.105277	JURITI
1500004461	-2.707222	-54.888888	Belterra
1500004474	-2.422222	-54.701388	Santarém
1500004475	-2.421944	-54.701111	Santarém

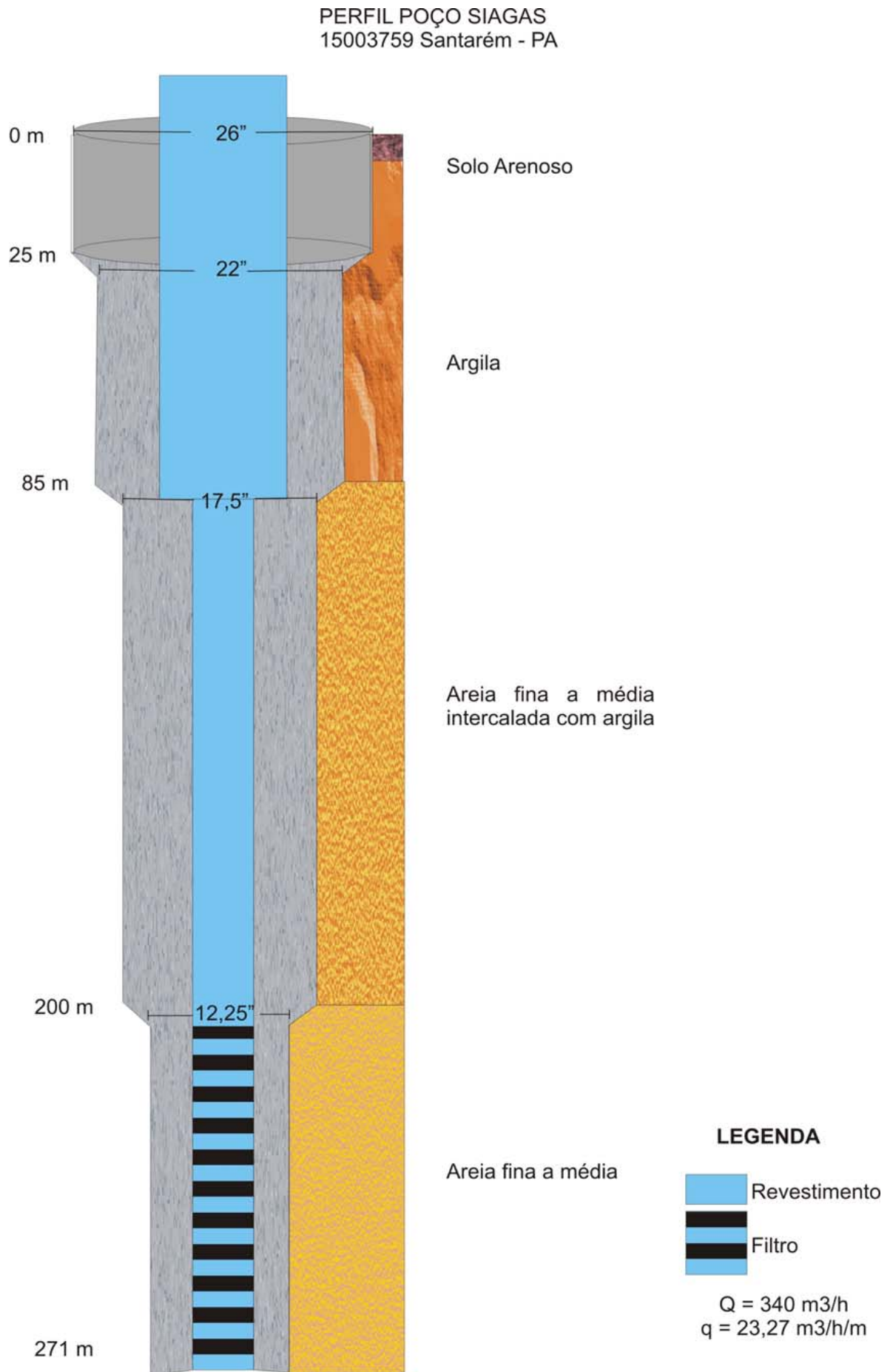


Figura 15. Perfil geológico e construtivo do poço 15003759, localizado no município de Santarém (PA)

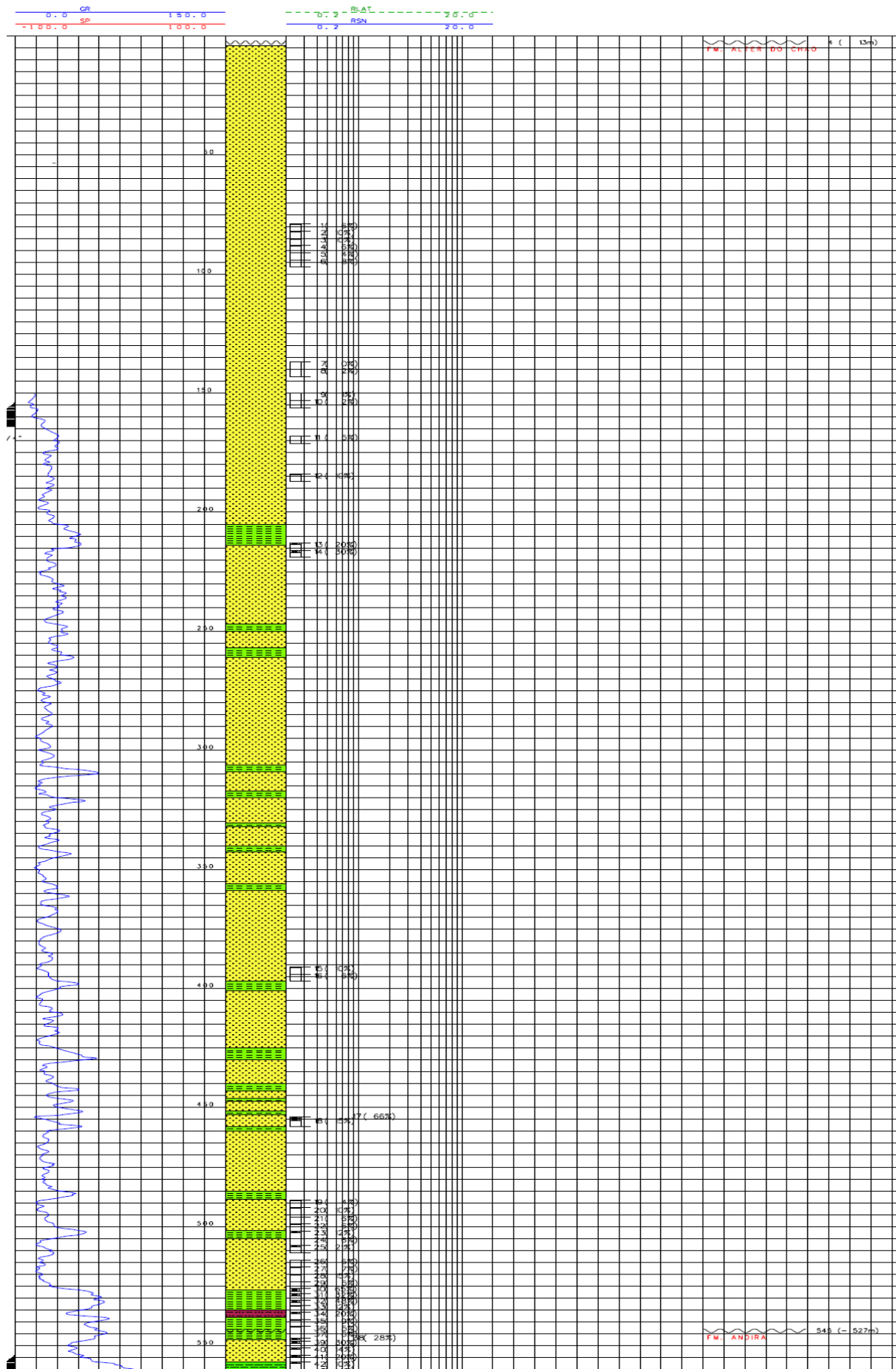


Figura 16. Porção superior do perfil geológico do Poço 1AC-1-PA, perfurado pela Petrobras em Santarém (PA), ilustrando os sedimentos arenosos intercalados com lentes de argila da Formação Alter do Chão nos 545 metros iniciais

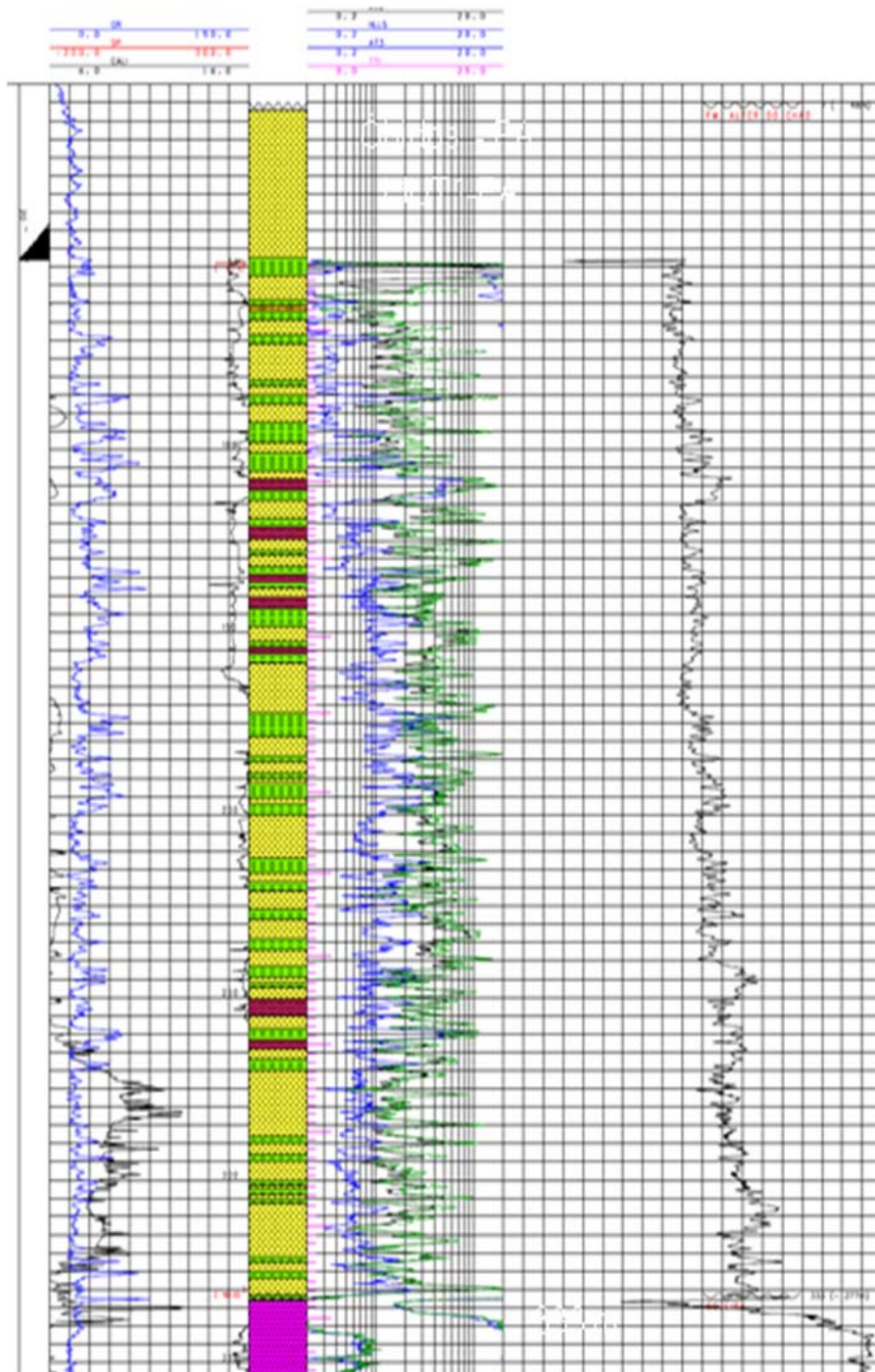


Figura 17. Porção superior do perfil geológico do Poço 1JUT-1-PA, perfurado pela Petrobras em Óbidos (PA), ilustrando os sedimentos arenosos intercalados com lentes de argila da Formação Alter do Chão nos 333 metros iniciais

5. A REDE DE MONITORAMENTO PROJETADA PARA O SISTEMA AQUÍFERO ALTER DO CHÃO

Para o “Projeto de Rede Básica Nacional de Monitoramento Integrado das Águas Subterrâneas” (RIMAS), está previsto tanto o aproveitamento de poços já existentes e que se encontram desativados em Santarém, de propriedade da Companhia de Saneamento do Pará (COSANPA), bem como a construção de piezômetros, visando o melhor entendimento das características hidráulicas e químicas deste manancial nas cidades de Santarém, Óbidos, Almeirim, Belterra e Monte Alegre. Os poços que serão construídos deverão estar posicionados, preferencialmente, próximo ou dentro de uma Estação da Rede Hidrometeorológica Nacional da ANA, operadas pela CPRM, devido aos fatores de segurança e pela importância na interpretação dos dados de níveis de água subterrânea obtidos com os valores de precipitação. A tabela 7 apresenta as estações da ANA em operação nas imediações de Santarém. Os poços existentes cedidos se encontram dentro nas imediações da COSANPA, estando,

portanto, em locais seguros. Além disso, outras instituições como a Universidade Federal do Pará (UFPA), Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA) e Universidade Estadual do Pará (UEPA) poderão atuar como parceiras no projeto, através da utilização de suas instalações para a construção de poços de monitoramento.

De posse das futuras informações obtidas através da RIMAS, espera-se, dentre outros benefícios, contribuir para a avaliação da exploração de água subterrânea no Sistema Aquífero Alter do Chão, para estimativa das reservas e de parâmetros hidráulicos, bem como para avaliação da qualidade da água.

Ressalta-se que todo o planejamento da rede foi idealizado após discussões técnicas com representantes do órgão gestor de recursos hídricos no estado do Pará (SEMA) e da Companhia de Saneamento do Pará (COSANPA) para assimilação das demandas.

Tabela 7. Estações pluviométricas existentes na região de Santarém, extraídas do sistema HidroWeb – ANA

ESTAÇÃO	BACIA DNAEE	MUNICÍPIO	CORPO D'ÁGUA	LATITUDE	LONGITUDE
254000	Rio Amazonas	Santarém		-2°26'35.00	-54°42'27.00
254004	Rio Amazonas	Santarém	Rio Tapajós	-2°25'01.2	-54°46'59.99
254006	Rio Amazonas	Santarém	Rio Curuá-Una	-2°43'59.99	-54°46'01.2
254007	Rio Amazonas	Santarém	Rio Curuá-Una	-2°49'01.2	-54°18'00.00
254010	Rio Amazonas	Santarém	Rio Solimões	-2°15'46.00"	-54°31'27.99
255000	Rio Amazonas	Santarém		-2°16'05.99	-55°28'50.00
255001	Rio Amazonas	Santarém	Rio Arapiuns	-2°39'02.99	-55°43'14.00
255002	Rio Amazonas	Santarém	Rio Arapiuns	-2°33'51.99	-55°22'27.00
354000	Rio Amazonas	Santarém	Rio Curuá-Una	-3°53'20.00	-54°18'54.000
354001	Rio Amazonas	Santarém	Rio Curuá-Una	-3°22'59.99	-54°28'59.99
354003	Rio Amazonas	Santarém	Rio Moju	-3°07'59.99	-54°46'59.99
355001	Rio Amazonas	Santarém	Rio Tapajós	-3°21'00.00	-55°07'01.2

6. POÇOS DE MONITORAMENTO IMPLANTADOS

Até o momento (agosto/2012) foram perfurados e instalados 5 piezômetros. Além disso, foi incorporado à rede um poço existente cedido, por meio de termo de cooperação técnica, pela COSANPA – Companhia de Saneamento do Pará. As principais características dos poços de monitoramento encontram-se apresentadas na tabela 8.

Tabela 8. Principais características dos poços de monitoramento no aquífero Alter do Chão no estado do Pará

MUNICÍPIO	LOCALIDADE	LATITUDE	LONGITUDE	ESTADO	NE (m)	PROF (m)	PROPRIETÁRIO
Almerim (PMA)	17 de Março/Rabelo Mendes (B. Nova Vida)	-01° 31' 53"	-52° 35' 00"	PA	1,67	102	CPRM
Óbidos	COSANPA Engenho	-01° 54' 12"	-55° 30' 31"	PA	13,79	105	CPRM
Oriximiná	COSANPA Defensoria Pública	-01° 45' 47"	-55° 51' 54"	PA	45,6	130	CPRM
Prainha	COSANPA (Bairro)	-01° 47' 45"	-53° 29' 02"	PA	6	108	CPRM
Santarém (Amparo)	COSANPA Amparo	-02° 27' 14"	-54° 44' 44"	PA		250	COSANPA
Santarém (Caranazal)	COSANPA Caranazal	-02° 26' 20"	-54° 44' 01"	PA	21,81	208	CPRM

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

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

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

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

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA. *Disponibilidade e Demandas de Recursos Hídricos no Brasil*. Brasília: ANA – Agência Nacional de Águas. 2005a. Cadernos de Recursos Hídricos. Disponível em: <http://www.ana.gov.br/pnrh_novo/documentos/01%20Disponibilidade%20e%20Demandas/VF%20Disponibilidade%20Demanda.pdf>. Acesso em 20 ago. 2010.

ANA. *HIDROWEB. Sistema de Informações Hidrológicas*. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br/>>.

CORDANI, U.G., BRITO NEVES, B.B. de B., FUCK, R.A., THOMAZ FILHO, A., CUNHA, F.M. B. Estudo preliminar de integração do Pré-Cambriano com os eventos tectônicos das Bacias Sedimentares Brasileiras. *Revista Ciência-Técnica-Petróleo*. Seção Exploração de Petróleo. Rio de Janeiro: Petrobrás/Cenpes/Sintep, Publicação n. 15, pp. 70. 1984.

CPRM. *Projeto COSANPA - Relatório Final de Sondagem*. Belém:CPRM/SUREG-BE. 1978. 21 p., (mimeo.).

CPRM. Sistema de Informações de Águas Subterrâneas – SIAGAS. Disponível em: <<http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/>>.

CUNHA, P. R. C.; GONZAGA, F. G.; COUTINHO, L. F. C. Bacia do Amazonas. *Boletim de Geociências da Petrobras*, Rio de Janeiro, v. 8, n. 1, p. 47-55, jan./mar. 1994.

CUNHA, P. R.C., MELO, J. H. G., SILVA, O. B. Bacia do Amazonas. *Boletim de geociências da Petrobras*, Rio de Janeiro, v. 15, n. 2, maio/nov. 2007.

DNMET - DEPARTAMENTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. *Normais climatológicas (1961-1990)*. Brasília: DNMET, 1992. 84p.

EIRAS, J. F.; BECKER, C. R.; SOUZA, E. M.; GONZAGA, F. G.; SILVA, J. G. F.; DANIEL, L. M. F.; MATSUDA, N. S.; FEIJÓ, F. J. Bacia do Solimões. *Boletim de Geociências da Petrobrás*. Rio de Janeiro, v. 8, n. 1, p. 17-45. jan./mar. 1994.

FOSTER, S., HIRATA, R. Groundwater pollution risk evaluation: the methodology using available data. Lima:CEPIS-OPIS-OMM. 1988..81 p.

PETROBRAS. *Boletim de Geociências*. Rio de Janeiro, v. 15, n. 2, maio/nov. 2007

ROSSETTI, D. F.; NETTO, R. G. First evidence of marine influence in the Cretaceous of the Amazonas Basin, Brazil. *Cretaceous Research*. London, v. 27, n. 4, p. 513-528, Aug. 2006.

TANCREDI, A. C. F. N. S. *Recursos hídricos subterrâneos de Santarém: Fundamentos para uso e proteção*. 1996. 153f. Tese (Doutorado) - Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 1996.

www.cprm.gov.br

PAC PROGRAMA DE
ACELERAÇÃO DO
CRESCIMENTO

 **CPRM**
Serviço Geológico do Brasil

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

Ministério de
Minas e Energia

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
PAÍS RICO É PAÍS SEM POBREZA