CARTA HIDROGEOLÓGICA
FOLHA SA.21 SANTARÉM
ESCALA 1:1.000.000 - CPRM, 2016

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

FOLHA SA.21 SANTARÉM

PROJETO DE DISPONIBILIDADE HÍDRICA DO BRASIL
CARTA HIDROGEOLÓGICA - ESCALA 1:1.000.000

NOTA TÉCNICA

APRESENTAÇÃO DO PROJETO

O **"PROJETO DE DISPONIBILIDADE HÍDRICA DO BRASIL"** tem por objetivo desenvolver um sistema de informações geográficas na temática de recursos hídricos, a partir do conhecimento geológico e hidrológico existentes, em conformidade com a Missão Institucional da CPRM/SGB, de ***"gerar e difundir o conhecimento geológico e hidrológico básico para o desenvolvimento sustentável do Brasil"***.

No tocante às águas subterrâneas, vem sendo implementado um projeto de cartografia hidrogeológica sistemática, concebido para uniformizar e padronizar todos os produtos lançados pela instituição, que se iniciou com o Mapa de Domínios e Subdomínios Hidrogeológicos do Brasil, em 2006, sucedido, posteriormente pelo Mapa Hidrogeológico do Brasil, em 2014.

Na fase atual, a partir deste Mapa Hidrogeológico, está sendo elaborado o Atlas Hidrogeológico do Brasil, em escala 1:1.000.000, totalmente estruturado, dentro de um Sistema de Informações Geográficas (SIG), composto pelo conjunto das 46 folhas que compõem a Carta Internacional do Mundo ao Milionésimo – CIM, cobrindo todo o Brasil.

METODOLOGIA DE ELABORAÇÃO DAS FOLHAS

Visando a padronização e uniformização de todas as folhas, conforme meta perseguida pelo SGB adotam-se procedimentos metodológicos internacionalmente aceitos, sistematizando os trabalhos a partir das propostas apresentadas na publicação *"Hydrogeological Maps, A Guide and a Standard Legend"*, de Wilhelm Struckmeier e Jean Margat (1995) e o documento da UNESCO, intitulado *"UNESCO, International Legend for Hydrogeological Maps"*, versão revisada, em 1983.

Considerando-se a premissa básica de uniformidade e padronização dos produtos e as dimensões continentais envolvidas, as folhas são constituídas por cinco bases temáticas principais: planimetria, geologia, poços, piezometria e hidrologia.

Cada uma dessas bases passou por processos de ajustes e simplificações para se adaptarem à metodologia aplicada e a escala dos trabalhos. Na base geológica, por exemplo, algumas unidades inexpressivas do ponto de vista hidrogeológico, como coberturas recentes eminentemente pelíticas e/ou de pequenas expressões areais foram eliminadas, visando ressaltar aquíferos mais importantes que se encontravam ocultos sob essas unidades. Esta base, oriunda do GIS BRASIL (CPRM, 2003), contém originalmente 2.333 unidades litológicas mapeadas, impossíveis de serem representadas em um mapa que pretende ressaltar aspectos hidrogeológicos, ao invés de feições meramente estratigráficas ou litológicas. Desta forma, a mesma precisou ser simplificada, pela conversão das unidades geológicas em outros entes que ressaltassem suas características de transmissão e armazenamento de águas subterrâneas, da seguinte forma (Struckmeir & Margat, op.cit):

- Individualizando corpos contínuos ou descontínuos, conforme suas características geométricas e formas de ocorrência das águas subterrâneas;
- Classificando os diferentes tipos litológicos de acordo com as características de fluxo dominantes;

Assim, foram definidas quatro classes taxonômicas, para agrupamento das unidades, classificadas hierarquicamente da mais ampla (a mais abrangente) à menor (a fundamental): ***Unidades Hidrolitológicas*** (porosas, cársticas, fraturadas e não aquíferas), onde se considera apenas a forma de acúmulo e condução de águas subterrâneas, os ***Sistemas Aquíferos*** (união de dois ou mais aquíferos para criar um novo domínio), ***Aquíferos*** (correspondentes a unidades geológicas, sofrendo variações espaciais em suas características hidrogeológicas) e **Unidades Hidroestratigráficas**, agregando formações geológicas ou parte delas que armazenam e transmitem águas subterrâneas de forma semelhante e com produtividades da mesma ordem de grandeza. Estas Unidades Hidroestratigráficas constituem os elementos básicos de mapeamento.

Para a hierarquização dessas unidades em termos de produtividades hídricas, foi elaborada uma tabela (Diniz et al, 2012) de "Caracterização Hidráulica das Classes dos Aquíferos", baseada no trabalho de Struckmeir e Margat (1995, Op. cit.). Na sua elaboração, os tempos de bombeamento foram estipulados em 12 horas contínuas e os rebaixamentos fixados em 25 metros, para a comparação das produtividades de cada poço analisado.

UNIDADES HIDROESTRATIGRÁFICAS

Unidades Granulares

Depósito Aluvionar - Qa

Localização – Ocorrem em uma área de 46.800 km², ocupando as calhas e planícies aluvionares dos rios Amazonas, Tapajós, Trombetas, Uatumã, Paracatu, Nhamundá e Jatupu dentre outros. Estes depósitos podem atingir até 60 km de extensão lateral, e suas espessuras, bastante variáveis, podem atingir aproximadamente 40 metros.
Características Litológicas – São sedimentos arenosos, inconsolidados, de granulometria fina a média, mas, também grosseiros, com contribuição de silte e argila, depositados ao longo dos canais ativos das drenagens e em áreas sujeitas a inundações.
Características Hidrogeológicas – Constituem um aquífero livre descontínuo, com extensão e espessuras limitadas. As vazões variam de 10 a 25 m³/h. As aluviões de pequena extensão e espessura, não consideradas nessa escala de trabalho, são utilizadas, através de poços rasos, visando atender pequenas demandas, com vazões entre 1 e 5 m³/h.
Produtividade – De acordo com a classificação adotada, apresenta produtividade *Geralmente Baixa, Porém Localmente Moderada (Classe 4)*.
Qualidade – Não existem informações sobre a qualidade físico-química das águas desse aquífero.

Içá – N3i

Localização – Abrange a denominada Cobertura Sedimentar de Içá, localizada no estado do Amazonas, perfazendo uma área de 5.581 km².
Características Litológicas – É constituído por arenitos finos a médios, siltitos e argilitos, localmente contendo conglomerados e turfas. Na porção basal ocorrem níveis ferríferos e matéria orgânica. Posiciona-se discordantemente sobre a Formação Alter do Chão. Sistemas flúvio-lacustres e fluvial deltaicos, datados do Cenozóico (Terciário-Quaternário), foram responsáveis pela deposição destes sedimentos.
Características Hidrogeológicas – Constitui um aquífero livre, contínuo, de extensão regional. Em geral possue boa porosidade e permeabilidade. Este aquífero pode atingir até 120 metros de profundidade
Produtividade – De acordo com a classificação adotada apresenta produtividade *Moderada (Classe 3)*.
Qualidade – Em geral são águas de boa qualidade para consumo humano, com condutividade elétrica que varia de 20 µS/cma 100 µS/cm.

Alter do Chão – K2ac

Localização – Aflora em uma extensa área, distribuída nos estados do Amazonas e Pará, na região correspondente a Bacia Sedimentar do Amazonas, e também, sotoposta às coberturas sedimentares cenozoicas da Formação Içá. Ocupa uma área total de 116.803 km².
Características Litológicas – Composto de arenitos médios a grosseiros, friáveis, de cores variadas intercalados com argilitos. Por vezes, ocorrem bandas ferruginosas e lentes de arenitos silicificados associados. Depositados no Cretáceo, em ambiente fluvial de alta energia e em clima úmido, apresentam espessuras superiores a 1.250 metros.
Características Hidrogeológicas – A unidade Alter do Chão representa o principal aquífero da folha Santarém, ocorrendo como livre, de extensão regional, na Bacia do Amazonas, ou como confinado, quando recoberto pelos sedimentos da Formação Içá. Apresenta vazões entre 100 e 500 m³/h.
Produtividade – Apresenta produtividade *Muito Alta (Classe 1)*.
Qualidade – De modo geral, suas águas são boas para consumo humano e apropriadas para a agricultura, apresentando normalmente valores de Sólidos Totais Dissolvidos menores que 100 mg/l. Em alguns casos podem apresentar teores elevados de ferro, o que é natural na região, devido as suas características litológicas.

Monte Alegre – C2ma

Localização – Ocorre aflorando em pequena área (1.618 km²), localizada próxima da borda norte da Bacia do Amazonas e numa estreita faixa localizada no canto sudeste desta Bacia.
Características Litológicas – Constituído predominantemente por arenitos de granulometria média, conglomerados, calcários e siltitos.
Características Hidrogeológicas – Podem constituir aquíferos livres ou confinados. Na folha Santarém ocorre como livre. As vazões captadas neste aquífero se situam entre 10 a 25 m³/h.
Produtividade – Apresenta produtividade *Geralmente Baixa, porém localmente Moderada (Classe 4)*.
Qualidade – Não existem informações sobre a qualidade físico-química das águas desse aquífero na área da folha.

Grupo Urupadi – D2u

Localização – Ocupa uma área aflorante de 6.609 km², margeando a borda norte da Bacia Sedimentar do Amazonas.
Características Litológicas – Suas litologias englobam arenitos finos a conglomeráticos, com intercalações de siltitos e folhelhos depositados em ambiente marinho nerítico e flúvio-deltáico.
Características Hidrogeológicas – Comporta-se como aquífero livre, contínuo, de extensão regional. Apresenta vazões entre 25 a 50 m³/h.
Produtividade - Apresenta produtividade *Moderada (Classe 3)*.
Qualidade - Não existem informações sobre a qualidade físico-química de suas águas.

Curuá – D3C1c

Localização – Ocupa uma área aflorante de 5.913 km², localizada no extremo norte da folha, margeando o limite norte da Bacia Sedimentar do Amazonas.
Características Litológicas - Predominam, folhelhos negros enriquecidos em pirita, siltitos e arenitos pertencentes respectivamente às Formações Barreirinhas, Curiri, Oriximiná e Faro.
Características Hidrogeológicas – Constitui aquífero livre, possuindo espessura média de 200 m e vazões em geral menores que 1 m³/h.
Produtividade - Unidade classificada como *Pouco Produtiva ou Não Aquífera (Classe 6)*.
Qualidade - Não existem informações sobre a qualidade físico-química de suas águas. Contudo, os aquíferos situados na Formação Barreirinhas devem apresentar águas sulfurosas.

Trombetas – O3D1t

Localização – Ocupa uma área aflorante de 8.778 km², localizada no extremo norte da folha, margeando o limite norte da Bacia Sedimentar do Amazonas.
Características Litológicas – Constituída essencialmente de arenitos finos a médios, além de diamictitos, folhelhos e siltitos.
Características Hidrogeológicas – Comporta-se como aquífero livre a confinado, de extensão regional, com espessuras que podem atingir até 1.000 metros.
Produtividade – Classificada como *Geralmente Baixa, porém localmente Moderada (Classe 4)*.
Qualidade – Não existem informações sobre a qualidade físico-química de suas águas.

Prosperança – ЄOpr

Localização – Ocupa uma pequena área aflorante de 283 km², localizada no extremo norte da folha.
Características Litológicas – Constituída essencialmente de arenitos finos a médios, além de diamictitos, folhelhos e siltitos.
Características Hidrogeológicas – Comporta-se como aquífero livre a confinado, de extensão regional, com espessuras que podem atingir até 1.000 metros.
Produtividade – Apesar de não existirem dados de poços tubulares captando esta unidade na área, a produtividade esperada para a mesma é de *Geralmente Baixa, porém Localmente Moderada (Classe 4)*.
Qualidade – Não existem informações sobre a qualidade físico-química de suas águas.

Unidades Cársticas

Nova Olinda – C2no

Localização – Aflora em faixas estreitas e alongadas localizadas próximo as bordas norte e sul da Bacia Sedimentar do Amazonas, perfazendo uma área de 8.772 km².
Características Litológicas – Constitui uma sequência cíclica composta de arenitos, evaporitos, folhelhos e siltitos.
Características Hidrogeológicas – Representam aquíferos cársticos regionais com vazões situadas entre 10 e 25 m³/h.
Produtividade – Classificada como *Geralmente Baixa, porém Localmente Moderada (Classe 4)*.
Qualidade – Não existem informações sobre a qualidade físico-química de suas águas, porém, em geral, devem atender aos padrões de potabilidade.

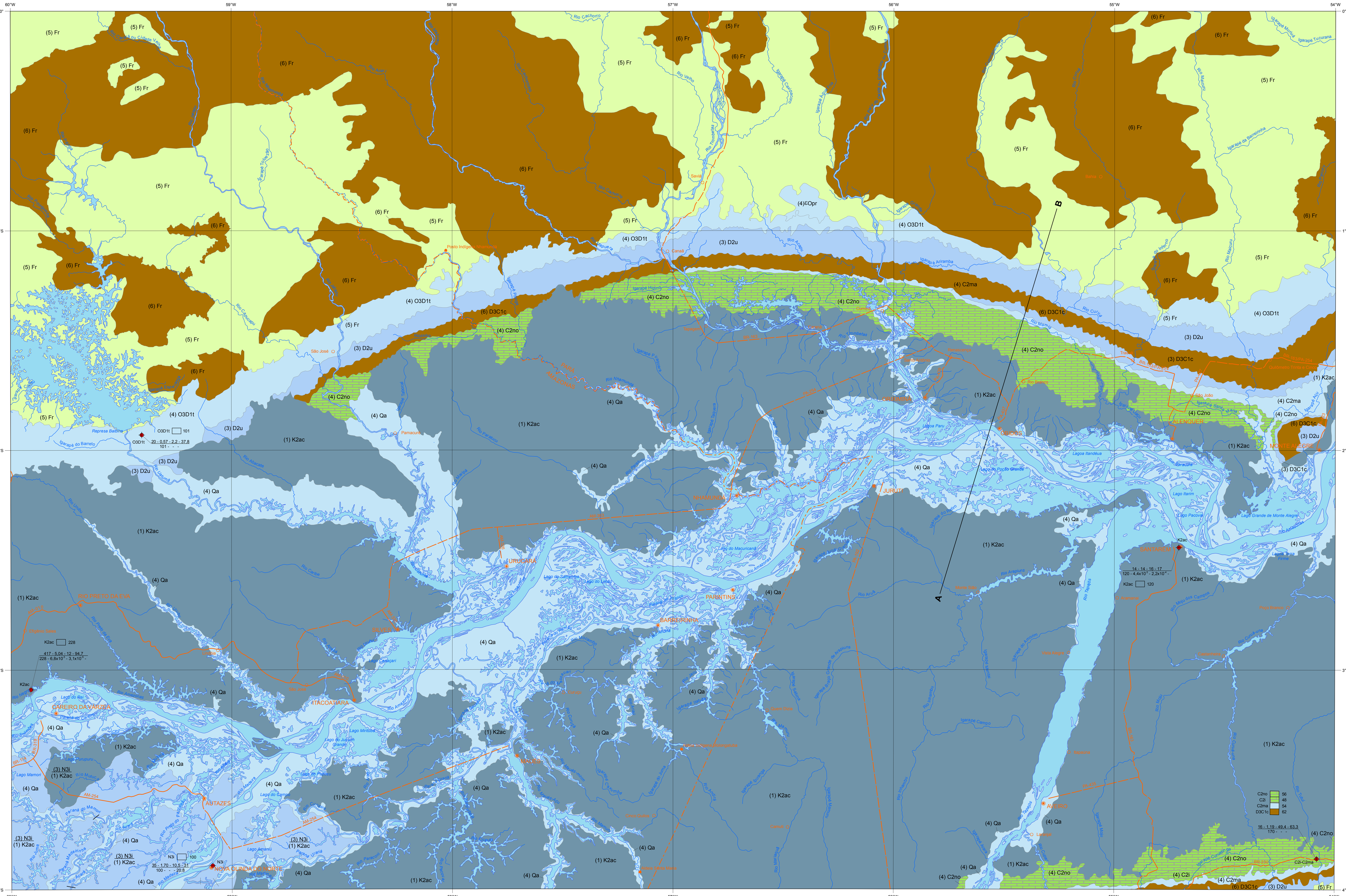
Itaituba – C2i

Localização – Ocupa pequena área (696 km²), estreita e alongada, localizada próxima à borda sul da Bacia Sedimentar do Amazonas.
Características Litológicas – Constitui uma sequência cíclica composta de vários litotipos como calcários bioclásticos marinhos, dolomitos, folhelhos, siltitos, arenitos e evaporitos.
Características Hidrogeológicas – Representam aquíferos cársticos regionais com vazões situadas entre 10 e 25 m³/h.
Produtividade – Classificada como *Geralmente Baixa, porém Localmente Moderada (Classe 4)*.
Qualidade – Não existem informações sobre a qualidade físico-química de suas águas, porém, em geral, devem atender aos padrões de potabilidade.

Unidades Fraturadas

Embasamento Fraturado Indiferenciado – Fr

Localização – Aflora em uma área total de 93.803 km².
Características Litológicas - Engloba uma série de tipos litológicos como granitóides, vulcânicas, metavulcanicas, metassedimentos, gnaisses, migmatitos, granulitos, xistos e quartzitos.
Características Hidrogeológicas – Configura um meio descontínuo, caracterizado pela ocorrência de reservatórios aleatórios que no conjunto formam uma unidade hidrogeológica. Apresenta baixas vazões, geralmente menores que 1 m³/h, ou entre 1 a 10 m³/h.
Produtividade - Apresenta produtividades enquadradas como *Baixa, porém localmente Muito Baixa (Classe 5) ou Pouco Produtiva ou não Aquífera (Classe 6)*.
Qualidade – Não existem informações sobre a qualidade físico-química de suas águas.



1 Poços
2 - 3 - 4 - 5 / 6 - 7 - 8 - 9

1 - Aquífero captado
2 - Vazão de teste para 12:00 hs (m³/h)
3 - Capacidade específica para 12:00 hs (m³/h/m)
4 - Nível estático (m)
5 - Nível Dinâmico (m)
6 - Profundidade (m)
7 - Transmissividade (m²/s)
8 - Condutividade hidráulica (m/s)
9 - Condutividade elétrica (µS/cm)

Perfil Esquemático do Poço

Sigla da Unidade — Espessura Captada da Unidade (m)

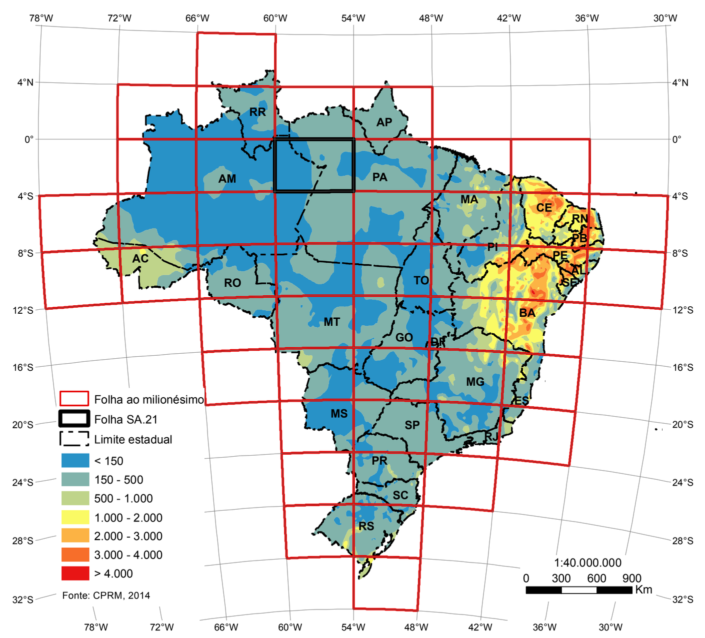
Representação em Mapa das Classes dos Aquíferos

(3) N3i / (1) K2ac = (Classe) Unidade hidrogeológica aflorante / (Classe) Principal aquífero subjacente

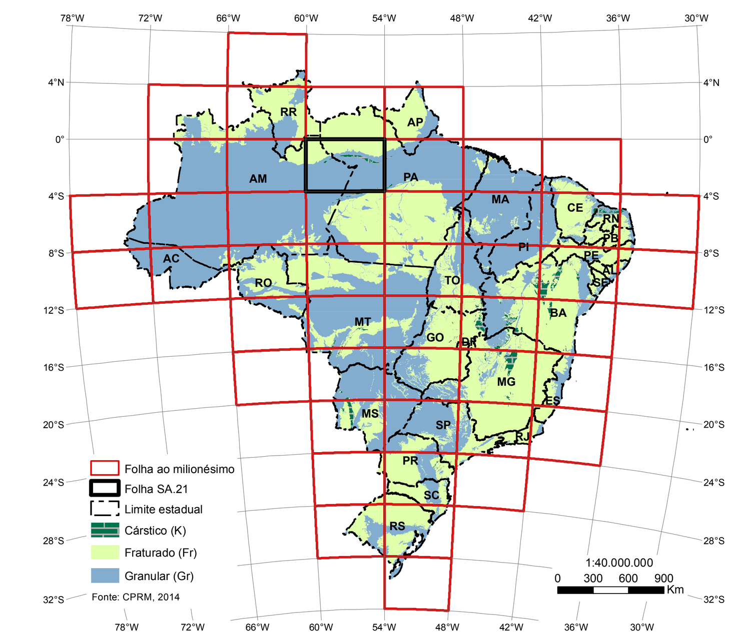
Obs.: 1) A classe do aquífero + a unidade estratigráfica, seja aflorante ou subjacente, define a unidade hidroestratigráfica.
2) a unidade hidroestratigráfica subjacente, representa o aquífero mais produtivo, com boa qualidade de água e em menor profundidade.

- Cidade, localidade, aldeia indígena
- Limite estadual
- Estrada pavimentada
- Estrada não pavimentada
- Curso de água perene
- Açude, lagoa e barragem
- Rio de margem dupla
- Traçado da seção hidrogeológica
- Contato de unidade hidroestratigráfica aflorante
- Limite inferido de unidade hidroestratigráfica subjacente

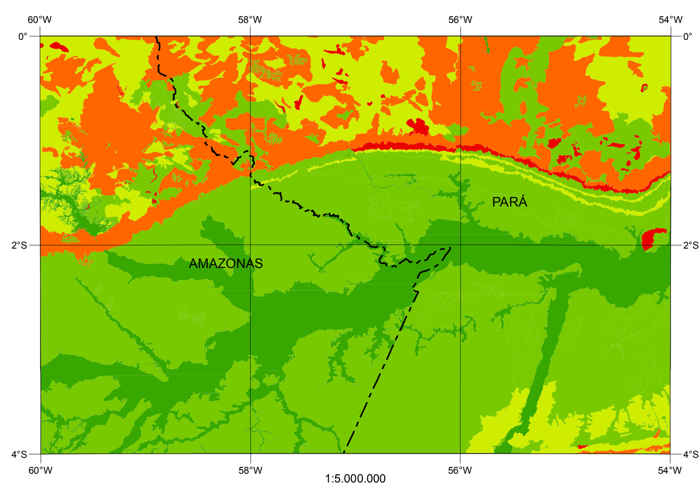
CONDUTIVIDADE ELÉTRICA (µS/cm)



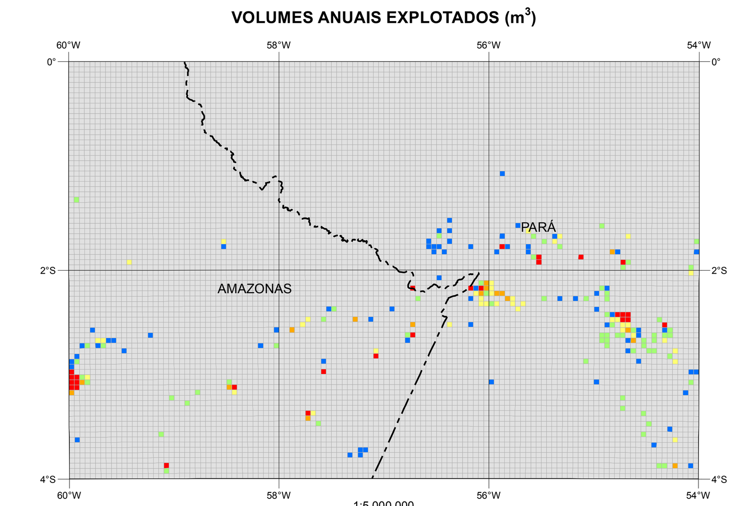
DOMÍNIOS HIDROLITOLÓGICOS



CLASSES DE RELEVO



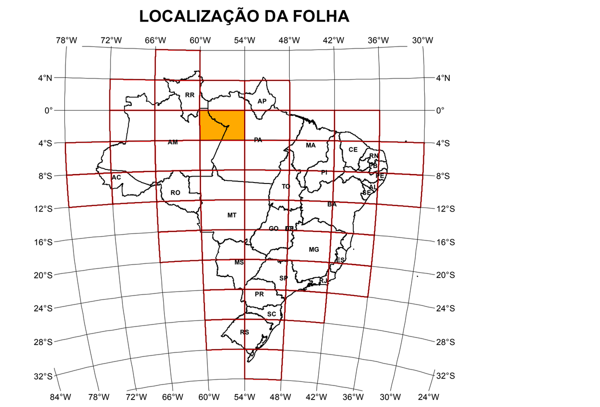
VOLUMES ANUAIS EXPLOTADOS (m³)



BIBLIOTECA DE UNIDADES

Domínio Hidrolitológico	Sigla da Unidade Estratigráfica	Nome da Unidade Estratigráfica	Litologia da Unidade Estratigráfica
Granular (Gr)	Qa	Depósito Aluvionar	areia, silte e argila
	E3i	Formação Içá	areia, argila, turfa e cascalho
	K2ac	Formação Alter do Chão	arenito médio a grosso e argilito
	C2ma	Formação Monte Alegre	arenito, calcário e siltito
	D2u	Grupo Urupadi	arenito e siltito
	D3C1c	Grupo Curuá	siltito, folhelho e arenito
	O3D1t	Grupo Trombetas	arenito, diamictito, folhelho e siltito
	ЄOpr	Formação Prosperança	arcóseo, arenito, argilito arenoso e conglomerado
Carstico (K)	C2i	Formação Itaituba	arenito, calcilutito e evaporito
	C2no	Formação Nova Olinda	arenito, evaporito, folhelho e siltito
Fraturado (Fr)	Fr	Embasamento Fraturado Indiferenciado	granitóide, vulcânica, meta-vulcânica, metassedimento, gnaisse, migmatito, granulito, xisto e quartzito

LOCALIZAÇÃO DA FOLHA



CARACTERIZAÇÃO HIDRÁULICA DAS CLASSES DE AQUÍFEROS

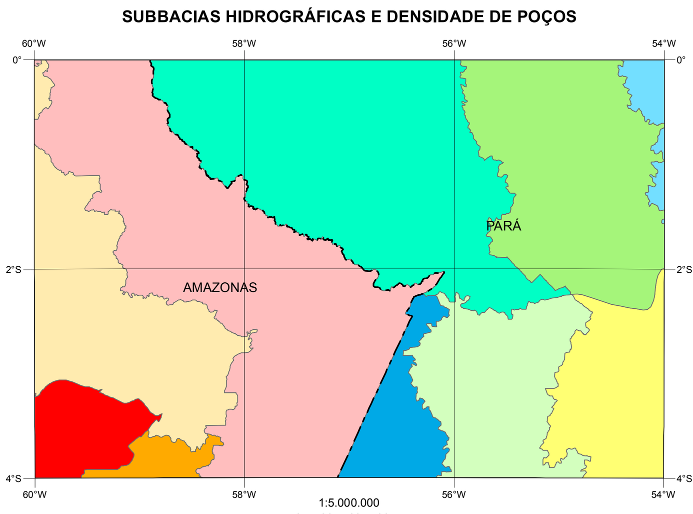
Classe	Granulares	Fraturadas	Cársticos	Q/s (m³/h/m)*	T (m²/s)	K (m/s)	Vazão(m³/h)	Produtividade **
(1)				≥ 4,0	≥ 10⁻²	≥ 10⁻⁴	≥ 100	Muito Alta: Fornecimentos de água de importância regional (abastecimento de cidades e grandes irrigações). Aquíferos que se destaquem em âmbito nacional.
(2)				2,0 ≤ Q/s < 4,0	10⁻³≤T<10⁻²	10⁻⁵ ≤K< 10⁻⁴	50 ≤ Q < 100	Alta: Características semelhantes à classe anterior, contudo situando-se dentro da média nacional de bons aquíferos.
(3)				1,0 ≤ Q/s < 2,0	10⁻⁴≤T<10⁻³	10⁻⁶≤K<10⁻⁵	25 ≤ Q < 50	Moderada: Fornecimento de água para abastecimentos locais em pequenas comunidades, irrigação em áreas restritas.
(4)				0,4 ≤ Q/s < 1,0	10⁻⁵≤T< 10⁻⁴	10⁻⁷≤K< 10⁻⁶	10 ≤ Q < 25	Geralmente baixa, porém localmente moderada: Fornecimentos de água para suprir abastecimentos locais ou consumo privado.
(5)				0,04 ≤ Q/s < 0,4	10⁻⁶≤T< 10⁻⁵	10⁻⁸≤K< 10⁻⁷	1 ≤ Q < 10	Geralmente muito baixa, porém localmente baixa: Fornecimentos contínuos dificilmente são garantidos.
(6)				< 0,04	< 10⁻⁶	< 10⁻⁸	< 1	Pouco Produtiva ou Não Aquífera: Fornecimentos insignificantes de água. Abastecimentos restritos ao uso de bombas manuais.

Modificada de Struckmeir & Margat, 1995
* Valores válidos para teste de bombeamento de 12 horas e rebaixamentos máximos de 25 metros
** Na definição de classe de produtividade para os aquíferos cársticos e fraturados, utilizou-se apenas dados de vazão

ARTICULAÇÃO DAS FOLHAS

NA.20 BOA VISTA	NA.21 TUMUCUMAQUE	NA.22 MACAPÁ
SA.20 MANAUS	SA.21 SANTARÉM	SA.22 BELÉM
SB.20 PURUS	SB.21 TAPAJÓS	SB.22 ARAGUAIA

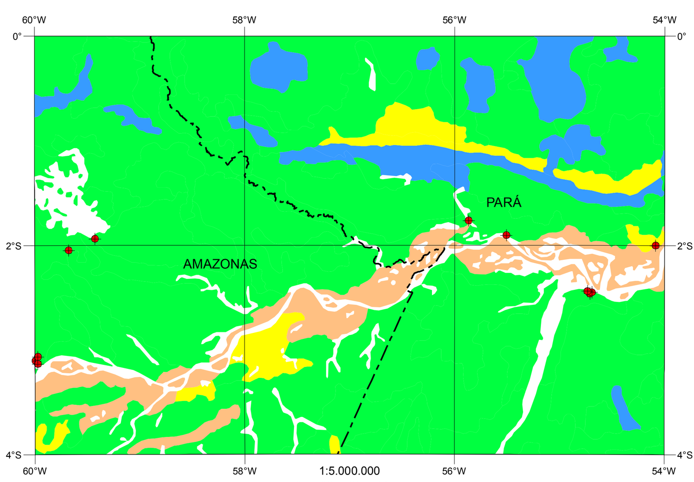
SUBBACIAS HIDROGRÁFICAS E DENSIDADE DE POÇOS



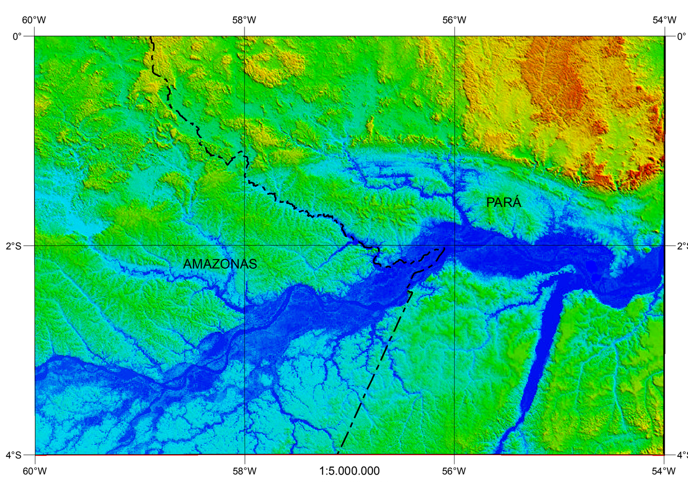
Regiões Hidrográficas	Subbacias Hidrográficas	Área (km²)	Nº de Poços/1.000 km²
Amazônica	Baixo Amazonas - AM	75.256	5
	Baixo Solimões	9.838	9
	Rio Madeira	3.866	11
	Região de Manaus	36.691	57
	Baixo Amazonas - PA	19.883	8
	Baixo Tapajós	26.103	12
	Rio Cuminapanema-Maecurú	42.585	2
	Rio Nhamundá-Trombetas	66.983	2
	Rio Paru-Jari	3.393	0
	Rio Tapajós-Amazonas - PA	10.623	1

Fonte: ANA - Agência Nacional de Águas
SEMA/PA - Secretaria de Estado de Meio Ambiente do Pará
SEMGRH/AM - Secretaria de Estado de Mineração, Geodiversidade e Recursos Hídricos do Amazonas

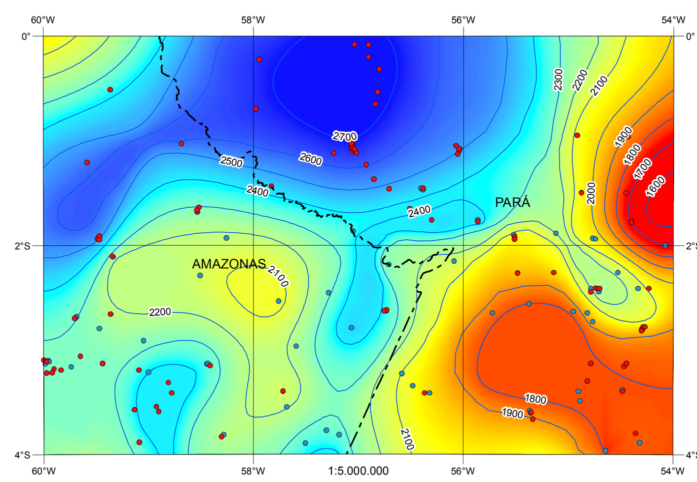
CAPACIDADE DE INFILTRAÇÃO DO SOLO E ESTAÇÕES DA RIMAS



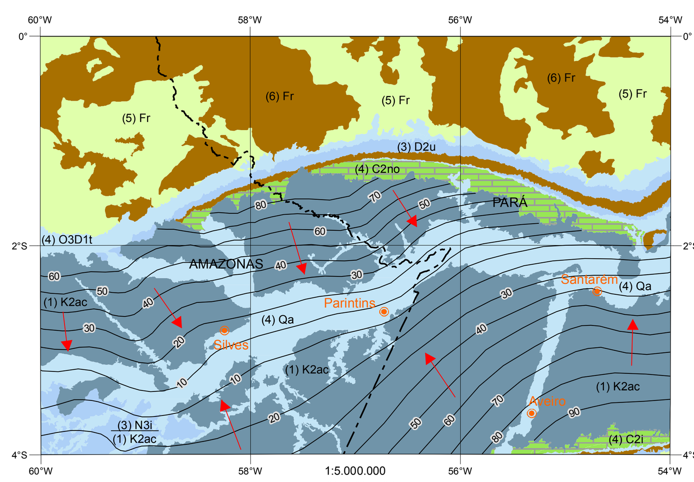
HIPSOMETRIA



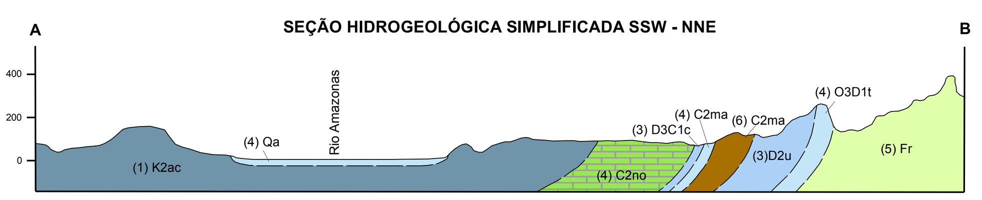
PLUVIOMETRIA, ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS E FLUVIOMÉTRICAS



POTENCIOMETRIA - AQUÍFERO ALTER DO CHÃO



SEÇÃO HIDROGEOLÓGICA SIMPLIFICADA SSW - NNE



ESCALA HORIZONTAL: 1:1.000.000

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
Ministro de Estado: Fernando Coelho Filho

SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL
Secretário: Vicente Humberto Lôbo Cruz

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL
Diretor-Presidente: Eduardo Jorge Ledsham
Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial: Stênio Petrovich Pereira
Diretor de Geologia e Recursos Minerais: José Leonardo Silva Andriotti
Diretor de Relações Institucionais e Desenvolvimento: Antônio Carlos Bacelar Nunes
Diretor de Administração e Finanças: Nelson Victor Le Cocq D'Oliveira
Chefe do Departamento de Hidrologia: Frederico Cláudio Peixinho
Chefe da Divisão de Hidrogeologia e Exploração: José Carlos da Silva

Chefe do Departamento de Relações Institucionais e Divulgação: José Márcio Henriques Soares
Chefe da Divisão de Marketing e Divulgação: José Márcio Henriques Soares
Chefe da Divisão de Cartografia: Marília Santos Salinas do Rosário

PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL - CARTOGRAFIA HIDROGEOLÓGICA
Coordenação: João Alberto Oliveira Diniz

CARTA HIDROGEOLÓGICA DO BRASIL AO MILIONÉSIMO
Coordenação Geral: João Alberto Oliveira Diniz
Coordenação de Geoprocessamento: Robson de Carlo da Silva
Coordenação de Hidrogeologia e SIG: Adson Brito Monteiro
Thiago Luiz Feijó de Paula

Execução Técnica:
Paulo Pontes Araújo - SUREG-BE
Thiago Luiz Feijó de Paula - SUREG-RE
Manoel Julio da Trindade Gomes Galvão - SUREG-RE

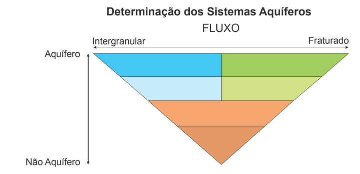
Cartografia Digital
Robson de Carlo da Silva - SUREG-RE

Estagiárias
Maria Eduarda Ferreira da Silva Carvalho
Rayssa Costa Pedrosa

Fonte da Base Geológica Utilizada: CPRM, 2004. Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo. Projeto GIS BRASIL: FOLHA SA.21 - SANTARÉM

Crédito da Base Cartográfica: IBGE/DGC. Base Cartográfica Contínua, ao milionésimo – BCIM: versão 3.0. Rio de Janeiro, 2010. Simplificada pela equipe de Geoprocessamento da SUREG-RE\GERIDE, para adequação à carta temática impressa.

Determinação dos Sistemas Aquíferos



IAH - International Association of Hydrogeology

CARTA HIDROGEOLÓGICA

Escala 1:1.000.000

Sistema Geodésico de Referência: SIRGAS-2000-Brasil - Policônico
Datum: D-SIRGAS-2000
Latitude de Origem: 0° (Equador)
Meridiano Central: 57° W de Greenwich
Esferóide: GRS_1980

2016

CPRM Serviço Geológico do Brasil
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL
MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA